A SEGURANÇA DE BARRAGENS E A GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL

Rogério de Abreu Menescal
Organizador

2ª edição

Brasília, janeiro de 2005

Ministério da Integração Nacional – Brasília, 2005 - 2ª edição

As opiniões, interpretações e conclusões aqui apresentadas são dos autores e não devem ser atribuídas, de modo algum, ao Ministério da Integração Nacional nem às suas instituições afiliadas. O Ministério da Integração não garante a precisão das informações incluídas nesta publicação e não aceita responsabilidade alguma por qualquer conseqüência de seu uso.

É permitida a reprodução total ou parcial do texto deste documento, desde que citada a fonte.

Ministério da Integração Nacional

A Segurança de Barragens e a Gestão de Recursos Hídricos no Brasil / [Organizador, Rogério de Abreu Menescal]. _ Brasília : Proágua, 2005.

316 p.

I. Proágua II. Menescal, Rogério de Abreu, coord. Inclui Bibliografia. 1. Segurança de Barragens, 2. Gestão de Recursos Hídricos, 3. Controle de Cheias, 4. Recuperação e Manutenção de Obras Hídricas, 5. Análise de Risco, 6. Acidentes em Obras Hídricas, 7. Operação de Reservatórios, 8. Levantamentos Batimétricos.

Ministro de Estado da Integração Nacional
Ciro Ferreira Gomes

Secretário-Executivo
Marcio Araujo de Lacerda

Secretário de Infra-Estrutura Hídrica
Hypérides Pereira de Macedo

Diretor do Departamento de Desenvolvimento Hidroagrícola
Ramon Flávio Gomes Rodrigues

Organizador
Rogério de Abreu Menescal

Ministério da Integração Nacional
Esplanada dos Ministérios – Bloco E
6º, 7º, 8º e 9º andares
CEP: 70062-900
Brasília – DF
www.integracao.gov.br

Contato
ugpo@proagua.gov.br

Impressão ***Estação Gráfica*** www.estagraf.com.br

APRESENTAÇÃO

Os acidentes com barragens no Brasil têm se agravado nos últimos anos. Em 2001 destacou-se o acidente da mineração Rio Verde. Em 2002 registramos diversas ocorrências de pequeno porte. Em 2003 o destaque foi o acidente com a barragem de rejeitos industriais de Cataguases, que, além de diversos impactos ambientais, causou o desabastecimento de aproximadamente 600 mil habitantes por quase 1 mês. Já em 2004, os eventos metereológicos adversos, combinados com a falta de manutenção de infra-estrutura hídrica, resultaram na ruptura de mais de 200 barragens de diversos tamanhos e tipos, causando diversas mortes e os mais variados danos materiais, ambientais e sociais. Nesse ano merece destaque o caso da Barragem de Camará.

Esse quadro de desmazelo não pode continuar. Para tentar encontrar uma forma sustentável do ponto de vista legal, econômico, social e institucional existem propostas, como o PL 1181/2003, de autoria do Deputado Federal Leonardo Monteiro e respectivo substitutivo, do Deputado Federal Fernando Ferro, que tenta estabelecer uma Política Nacional para Segurança de Barragens, cuja versão mais atual anexamos a este volume.

Também consciente desse problema o Ministério da Integração Nacional, em parceria com a Agência Nacional de Águas, tem envidado esforços no sentido de elaborar um diagnóstico da situação da segurança das barragens existentes e em construção em todo o território nacional, com ênfase para as obras que representem ameaça à vida, à saúde ou à propriedade.

Concomitantemente, existem tentativas de alocar recursos específicos do OGU para manutenção e recuperação de infra-estrutura hídrica, garantindo assim meios de viabilizar a melhoria da segurança das obras mais prioritárias.

É no sentido de aprimorar o entendimento do problema, sua relação com a gestão dos Recursos Hídricos, e suas possíveis soluções, que apresentamos essa coletânea dos trabalhos publicados em parceria com diversos autores.

MARCIO ARAUJO DE LACERDA
Secretário-Executivo

NOTA SOBRE OS AUTORES

Rogério de Abreu Menescal, Engenheiro Civil, formado na Universidade Federal do Ceará-UFC em 1989, Mestre em Geotecnia, pela Universidade de Brasília em 1992, Doutorando em Recursos Hídricos (tese em andamento), pela UFC. Chefe do Setor de Barragens da Aguasolos Consultoria, Chefe da Divisão de Produção de Recursos Hídricos da Secretaria de Recursos Hídricos do Ceará-SRH-CE, Técnico em Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos da Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará-COGERH-CE, Chefe do Departamento de Monitoramento da COGERH-CE, Chefe da Gerência Eletromecânica da COGERH-CE, Professor de Barragens e Fundações e Obras de Terra da UFC, Diretor de Operações e Monitoramento da COGERH-CE, Assessor da Presidência da Agência Nacional de Águas. Atualmente é Coordenador do Proágua Semi-Árido (Componente Obras), um programa no valor de US$ 330 milhões, desenvolvido em parceria com o Banco Mundial, JBIC e UNESCO.

Alexandre de Sousa Fontenelle, Engenheiro Geotécnico formado na Universidade Federal do Ceará-UFC em 1983, Mestre em Mecânica dos Solos, pela COPPE/UFRJ em 1987, Doutorando em Recursos Hídricos (tese em andamento), pela UFC. Engenheiro Geotécnico do Depto. de Geologia e Geotecnica da Enge-Rio Engenharia e Consultoria-RJ, Engenheiro Geotécnico da Magna Engenharia-RS, Engenheiro da VBA Consultores, Professor de Mecânica dos Solos e Fundações da UNIFOR, Técnico em Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos da Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará-COGERH-CE, Chefe do Departamento de Engenharia de Segurança de Obras Hídricas da COGERH-CE, Superintendente das Bacias Metropolitanas da COGERH-CE. Atualmente é Gerente de Segurança e Infra-estrutura da COGERH-CE.

Antonio Nunes de Miranda, Engenheiro Civil, formado na Universidade Federal do Ceará - UFC , Brasil em 1969, Mestre em Geotecnia pela Pontificia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Brasil em 1972, Doutor em Engenharia Civil pela Colorado State University, Colorado, Estados Unidos em 1988. Foi Engenheiro da Geotécnica SA, Diretor da Geonorte – Engenharia de Solos e Fundações Ltda, Professor Titular Mecânica dos Solos da UFC, Sub-Secretário de Recursos Hídricos do Estado do Ceará, Diretor do Centro de Tecnologia da UFC e Diretor de Tecnologia e Desenvolvimento da Companhia de Água e Esgoto do Ceará, atualmente é Consultor Independente.

Daniel Sosti Perini, Engenheiro Civil, formado na Universidade de Brasília, em 1999. Membro do corpo de Engenheiros da TSG engenharia e projetos, responsável pela elaboração de projetos de barragens para atender PCHs. Técnico em cálculo estrutural, tendo participado do projeto das Eclusas 1 e 2 de Tucuruí e da Barragem de Campos Novos, pela TSG engenharia. Atualmente, técnico em barragens e sistemas hídricos do Ministério da Integração Nacional, trabalhando no Programa Proágua-Semi-Árido.

Ernesto da Silva Pitombeira, Engenheiro Civil, formado pela antiga Escola de Engenharia da Universidade Federal do Ceará-EEUFC, no ano de 1968, Mestre em Recursos Hídricos pelo Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental do Centro de Tecnologia da UFC, em 1985, e PhD em Engenharia pelo College of Engineering and Physical Sciences da University of New Hampshire- USA, 1993. Engenheiro do DNOCS, onde exerceu cargo de Chefe do Serviço de Estudos Integrados e do Serviço de Hidrologia da 2a.DR. Exerceu várias atividades de Campo, como execução de Projetos de Abastecimento Dágua, de Irrigação, de Estradas, de Pontes, de Barragens. Na iniciativa privada, exerceu o cargo de Diretor de Projetos da Aguasolos-Consultora de Engenharia Ltda. Na Universidade Fedral do Ceará, onde é professor, foi Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil - Recursos Hídricos por dois mandatos, onde coordenou a implantação do Doutorado em Recuros Hídricos. Exerceu a Função de Diretor do Centro de Tecnologia da UFC por dois mandatos, tendo implantado cursos de grduação e pós-graduação.
As áreas de interesse do prof. Ernesto são a Hidrologia, Água Subterranea, com enfoque no escoamento em meio fraturado e Modelagem Matemática em Recursos Hídricos.
É professor de várias disciplinas nos cursos de graduação em engenharia e Cursos de Pós Graduação da UFC. Participou da elaboração do primeiro esboço do Plano Estadual de Recurso Hídricos do Ceará, tendo sido representante da UFC no Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Ceará. Atualmente exerce as funções de Chefe do Deprtamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - CT-UFC.

Francisco Lopes Viana, Engenheiro Civil, formado na Universidade Federal do Ceará – UFC em 1974, Mestre em Engenharia de Recursos Hídricos (Hidrologia), pela Universidade Federal do Ceará – UFC, em 1976. Professor Adjunto da Universidade de Fortaleza – UNIFOR, Pesquisador Especialista em Hidrologia da ASTEF/UFC; Coordenador do NATI – Núcleo de Atividades Tecnológicas Integradas da Universidade de Fortaleza – UNIFOR; Coordenador do Programa NUTEC; Secretário-Executivo do CEDTC/CE – Conselho Estadual de Desenvolvimento Científico; Presidente da FUNCEME – Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos; Conselheiro da FUNCAP – Fundação Cearense de Amparo à Pesquisa; Diretor-Presidente da COGERH – Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Ceará. Atualmente é Superintendente de Outorga e Cobrança da Agência Nacional de Águas.

Joaquim Gondim, Engenheiro Civil, formado na Universidade Federal de Pernambuco em 1979, Mestre em Recursos Hídricos, pela Universidade Federal do Ceará em 1983, Mestre em Economia Rural, pela Universidade Federal do Ceará em 1992. Foi Diretor de Operações e Diretor de Planejamento da COGERH, entre 1995 e 2000. É atualmente Superintendente de Usos Múltiplos da ANA.

Manuel Pereira da Costa, Físico, formado na Universidade Federal do Ceará - UFC em 1981, especialização em Meteorologia Física (UFAL 1982). Assistente Técnico da Fundação Cearense de Meteorologia - FUCEME, Operador de Nucleação da FUNCEME, Físico da

FUNCEME, Superintendente Técnico da FUNCEME, Diretor Técnico da FUNCEME, Presidente interino da FUNCEME, Assessor Técnico da Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos - COGERH, Consultor da firma DPM Engenharia LTDA, Atualmente é Diretor Técnico da Firma GRYPHO Engenharia.

Marisete Dantas de Aquino. Engenheira de Pesca, formada na Universidade Federal do Ceará em 1978. Mestre em Engenharia Civil, pela Universidade Federal do Ceará em 1986.Mestre em "Sciences et Techniques de l"Environnement" , pela École National des Ponts et Chaussées, em Paris - França em 1992.Doutor em Meio Ambiente pela École des Hautes Études de Paris- França em 1996.Consultor (Especialista IV) de Meio Ambiente do Instituto Interamericano de Cooperação para à Agricultura - IICA - de 1996 a 1998. Professor Adjunto do Curso de Mestrado e Doutorado em Engenharia Sanitária e Ambiental e Recursos Hídricos da Universidade Federal do Ceará desde 1998. Autor de vários trabalhos apresentados em Congressos, Simpósios e Seminários. Coordenador de vários Projetos de Pesquisas junto ao Curso de Engenharia Civil da UFC. Professora no Curso de Mestrado em Engenharia de Transporte e Curso de Mestrado em Geologia da UFC. Tutor do "Programa Duplo Diploma" do Curso de Engenharia Civil - (Brasil - França).

Nelson Neiva de Figueiredo, Engenheiro. Civil, pela Escola de Engenharia da Universidade Mackenzie. Mestre em Recursos Hídricos - UFC. Doutorando em Recursos Hídricos – UFC. Especialista em Operação de Usinas Hidroelétricas e Subestações – FURNAS. Engenheiro do Departamento de Estruturas da THEMAG Engenharia. Engenheiro do Departamento de Hidráulica e Hidrologia da THEMAG Engenharia. Assessor do Chefe do Escritório de São Paulo de FURNAS. Técnico em Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos da Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará – COGERH.

Paulo Teixeira da Cruz, Engenheiro Civil, formado na Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, Brasil em 1957, Mestre em Engenharia Civil pela Massachusetts Institute Of Technology, MIT, Estados Unidos em 1960, Doutor em Engenharia Civil pela Universidade de São Paulo, USP em 1964, Pós-Doutorado pela University of California, U.C., Berkeley, Estados Unidos em 1972, Pós-Doutorado pela University of London, UL, London, Inglaterra em 1972, Pós-Doutorado pela Laboratório Nacional de Engenharia Civil, LNEC, Portugal.1991. Prof. Dr. da Universidade de São Paulo, dedicação exclusiva desde 1961. Atua na área de Obras de Terra e Enrocamento. Tem 4 livros publicados e 57 Trabalhos publicados em anais e eventos. Orientador de 18 dissertações de mestrado e 7 Teses de doutorado.

Roneí Vieira de Carvalho, Engenheiro Civil, com especialização em Obras Hidráulicas e Sanitárias, Pela Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1970. Professor de Hidrologia e Mecânica dos Fluidos, em curso de Extensão em Engenharia Sanitária - fundação Instituto Oswaldo Cruz / Ministério da Saúde, Rio de Janeiro, RJ de 1972 a 1974. Consultor nas áreas de Hidrologia, Hidráulica e Obras Sanitárias nas seguintes empresas: Noronha Engenharia S.A; Engehidro Consultoria, Estudos e Projetos S/C Ltda.; Hicon Engenharia Ltda.; Geoprojetos Engenharia Ltda.; CALTEC; Multiservice Engenharia

Ltda.; Tecnosolo S.A; Geotécnica S.A; Serpen Serviços e Projetos de engenharia; Engevix Engenharia S.A; Mek Engenharia; Montgomery Watson; Magna Engenharia; Sondotécnica Engenharia de Solos S.A Tem 9 trabalhos publicados em anais.

Sandra Keila Freitas de Oliveira, Engenheira Civil, Formada pela Universidade Federal do Ceará – UFC em 1994, Mestre em Geotecnia pela Universidade de São Paulo – USP-EESC em 1996, Doutoranda em Geotecnia (tese em andamento), pela Universidade de Brasília. Professora de Mecânica dos Solos da Universidade federal do Mato Grosso, Professora de Mecânica dos Solos do Centro de Ensino Tecnológico CENTEC Sobral-Ce, Pesquisadora do Departamento de Segurança de Obras Hídricas da COGERH-CE.

Silvia Rodrigues Franco, Engenheira Civil, formada na Universidade Federal do Ceara-UFC em 1997, Mestre em Recursos Hidricos, pela Universidade do Ceara em 2000.

Suetônio Mota, Engenheiro Civil e Sanitarista. Doutor em Saúde Ambiental. Professor do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará. Autor dos livros: Introdução à Engenharia Ambiental (2003); Urbanização e Meio Ambiente (2003); reservação e Conservação de Recursos Hídricos (1995). Organizador do livro: Reuso de Águas - A Experiência da Universidade Federal do Ceará.

Vicente de Paulo Pereira Barbosa Vieira, Engenheiro Civil e Bacharel em Ciências Econômicas – UFC Mestre em Hidrologia Aplicada - UFRGS Ph. D. em Gestão de Recursos Hídricos - CSU/USA Ex- Presidente da ABRH Ex- Diretor do Centro de Tecnologia da UFC Ex-Diretor Geral Adjunto de Operações do DNOCS Prof. Titular do Departamento de Eng. Hidráulica e Ambiental - UFC Membro da Academia Cearense de Ciências Membro do Conselho Estadual de Recursos Hídricos - Ceará Editor da RBRH Consultor da SRH/CE.

Yuri Castro de Oliveira, Engenheiro Agrônomo, formado na Universidade Federal do Ceará-UFC em 1990, Mestre em Agronomia, Área de Concentração em Irrigação e Drenagem, pela UFC em 1993. Técnico em Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos da Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará - COGERH-CE, Chefe do Departamento de Mananciais da COGERH-CE, Superintendente das Bacias Metropolitanas da COGERH-CE, Atualmente é Diretor de Operações da COGERH-CE.

SUMÁRIO

1 - INCERTEZAS, AMEAÇAS E MEDIDAS PREVENTIVAS NAS FASES DE VIDA DE UMA BARRAGEM ---------- 11

2 - TERMINOLOGIA PARA ANÁLISE DE RISCO E SEGURANÇA DE BARRAGENS ---------- 31

3 - ACIDENTES E INCIDENTES EM BARRAGENS NO ESTADO DO CEARÁ ---------- 55

4 - MANUTENÇÃO DE SANGRADOURO DE AÇUDE E RISCO DE INEFICIÊNCIA HIDRÁULICA ---------- 77

5 - A RECUPERAÇÃO DE AÇUDES NO ÂMBITO DA GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO CEARÁ ---------- 91

6 - AÇÕES DE SEGURANÇA DE BARRAGENS NO ESTADO DO CEARÁ ---------- 101

7 - AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE BARRAGENS NO ESTADO DO CEARÁ ---------- 119

8 - UMA METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE RISCO EM BARRAGENS DO SEMI-ÁRIDO ---------- 137

9 - PLANO DE AÇÕES EMERGENCIAIS PARA BARRAGENS ---------- 155

10 - QUANTIFICAÇÃO DOS RISCOS AMBIENTAIS E EFEITO DAS AÇÕES MITIGADORAS – ESTUDO DE CASO: AÇUDE RACOIABA ---------- 165

11 - MANUAL BÁSICO DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DE EQUIPAMENTOS HIDROMECÂNICOS DE AÇUDES ---------- 183

12 - A PROBLEMÁTICA DAS ENCHENTES NA REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA ---------- 235

13 - AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE ACUMULAÇÃO DE RESERVATÓRIOS POR BATIMETRIA DIGITAL ---------- 253

14 - GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS E A GARANTIA DO ABASTECIMENTO HUMANO DE GRANDES AGLOMERADOS URBANOS NO SEMI-ÁRIDO – O CASO DE FORTALEZA ---------- 259

15 - DIRETRIZES PARA VERIFICAÇÃO DA SEGURANÇA DE BARRAGENS DE CURSOS DE ÁGUA PARA QUAISQUER FINS E PARA ATERROS DE CONTENÇÃO DE REÍDUOS LÍQUIDOS INDUSTRIAIS ---------- 301

16 - COMISSÃO DE MINAS E ENERGIA – PROJETO DE LEI Nº 1.181 DE 2003 ---------- 305

2001 - Artigo apresentado no XXIV Seminário Nacional de Grandes Barragens, Fortaleza – CE.

INCERTEZAS, AMEAÇAS E MEDIDAS PREVENTIVAS NAS FASES DE VIDA DE UMA BARRAGEM

Rogério de Abreu Menescal [1]

Vicente de Paulo Pereira Barbosa Vieira [2]

Alexandre de Souza Fontenelle [3]

Sandra Keila Freitas de Oliveira [4]

RESUMO

Este trabalho apresenta um estudo das incertezas envolvidas nas diversas fases da vida de uma barragem. A estas incertezas, estão associadas ameaças. Algumas destas ameaças podem ser quantificadas e tratadas pela metodologia de análise de risco. As discrepâncias entre o modelo proposto para uma barragem e a realidade imposta durante a sua execução e operação e as formas de minimizá-las são discutidas. Uma relação de incertezas para as diversas fases da vida de uma barragem é apresentada, juntamente com as ameaças inerentes e as respectivas medidas preventivas propostas. A identificação das incertezas e correspondentes ameaças permitem que seja elaborada uma estratégia com as medidas preventivas cabíveis para minimizar ou até mesmo eliminar as ameaças identificadas.

1 – INTRODUÇÃO

Em ciência política, a aceitação da incerteza é considerada uma virtude democrática. A diferença básica entre democracias e regimes autoritários é que no primeiro a incerteza é uma característica fundamental já que o curso da ação política futura depende do resultado incerto de eleições. Assim, aceitar a incerteza faz parte do progresso humanitário (Hirschman, 1992).

[1] COGERH – Diretor de Operações e Monitoramento, e-mail: rogeriom@cogerh.com.br

[2] UFC – Professor Titular, e-mail: vpvieira@ufc.br

[3] COGERH – Gerente do DESOH, e-mail: alexandref@cogerh.com.br

[4] COGERH – Pesquisadora do DESOH, e-mail: skfoliveira@zipmail.com.br

Segundo Mello (2000), é hipócrisia não julgar os passos da migração da profissão com reconhecimento sincero que as principais causas de acidentes e desempenhos insatisfatórios não eram fortuitamente probabilísticas (como por "tipos nomeados" de barragens), mas dominantemente determinísticos, pelas decisões sim-não dos engenheiros apoiadas em insuficiente conhecimento, dados, capacidades etc.

Este trabalho apresenta um estudo das incertezas envolvidas nas diversas fases da vida de uma barragem. A estas incertezas, estão associadas ameaças. Algumas destas ameaças podem ser quantificadas e tratadas pela metodologia de análise de risco, enquanto outras, de caráter mais subjetivo, ainda não podem ser tratadas por esta metodologia de forma direta. Menescal et allii (1999) apresenta uma metodologia para quantificação de e priorização de ações para mitigação de riscos ambientais e sociais.

A Figura 1 apresenta um esquema que tenta ilustrar, ao longo das diversas fases de uma barragem, como a análise de risco pode ser útil para que a segurança estrutural e operacional, considerando aspectos econômicos, sociais e ambientais, seja alcançada. O gráfico na parte de baixo mostra a evolução do risco ao longo do tempo, onde pode-se observar a redução do risco nas fases iniciais de planejamento, projeto e construção e o posterior controle do risco através de reavaliações periódicas e intervenções necessárias para manter o risco abaixo do nível aceitável pela sociedade (NRA).

Inicialmente são discutidas as discrepâncias entre o modelo proposto para uma barragem e a realidade imposta durante a sua execução e gestão e as formas de minimizá-las.

A seguir é feita uma apresentação dos principais tipos de incertezas envolvidas em barragens, com a relação de comentários de alguns autores sobre este assunto. Uma relação de incertezas para as diversas fases da vida de uma barragem é apresentada, juntamente com as ameaças inerentes e as respectivas medidas preventivas propostas para sua minimização.

2 – MODELOS "VERSUS" REALIDADE

A partir da abstração proposta em Miranda (1990), que apresenta uma formulação algébrica para discutir as discrepâncias entre os modelos e a realidade, podemos inserir a parcela de Gestão representando todas as atividades de

planejamento e administrativas para a obra já concluída. Nesta parcela de gestão podem ser considerados os aspectos econômicos, sociais e ambientais.

Assim, seja a simbologia a seguir definida (Figura 2):

R_i - Realidade inicial

R_P - Realidade de projeto (conforme a obra executada).

R_G - Gestão realizada

R_F - Realidade final

M_i - Modelo Inicial

M_P - Modelo do Projeto

M_G - Modelo de Gestão Idealizado

M_F - Modelo Final Desejado

A partir da qual podemos abstrair:

$$R_i + R_P + R_G = R_F \qquad (1a)$$

$$M_i + M_P + M_G = M_F \qquad (1b)$$

A diferença (E_i), entre o modelo inicial adotado para representar o sítio e a realidade inicial, decorrente de erros e imprecisões dos estudos e levantamentos pode ser expressa por:

$$E_i = M_i - R_i \qquad (2a)$$

Da mesma forma podem ser definidas as diferenças (E_P, E_G e E_F) entre modelo do projeto e realidade de projeto, entre modelo de gestão idealizado e a gestão realizada e entre modelo final desejado e a realidade final.

$$E_P = M_P - R_P \qquad (2b)$$

$$E_G = M_G - R_G \qquad (2c)$$

$$E_F = M_F - R_F \qquad (2d)$$

Subtraindo (1b) de (1a), obtemos:

$(M_i - R_i) + (M_P - R_P) + (M_G - R_G) = (M_F - R_F)$ ou $E_R + E_P + E_G = E_F$ (3)

Considerando a seqüência cronológica de realidade inicial, obra, gestão realizada até a realidade final, podemos concluir que a situação desejada somente será alcançada ($M_F = R_F \setminus E_F = O$) em uma das três circunstâncias ideais descritas a seguir.

a) quando $E_R = E_P = E_G = O$ (= $E_F = O$), ou seja, quando as diferenças entre M_i e R_i; M_P e R_P ;M_G e R_G forem nulas indicando que o modelado conseguiu representar perfeitamente a realidade. Quanto mais os estudos e projetos forem detalhados, a construção for bem acompanhada e executada e a gestão for efetuada de forma descentralizada e participativa considerando os aspectos econômicos, ambientais e sociais; maior será a proximidade do nosso modelo com a realidade. É importante observar que a forma de visualizar a realidade já é um modelo e assume um caráter dinâmico com a evolução cultural. Logicamente este nível de detalhamento tem um custo que deverá ser considerado até um limite ótimo.

b) quando $E_i = - E_P$ e $E_G = O$ (= $E_F = O$), ou seja, quando a diferença entre M_i e R_i for totalmente corrigida durante a fase de construção, podendo a gestão ser realizada conforme a idealizada. Caso seja preferido não detalhar tanto os estudos e projetos, as discrepâncias poderão ser corrigidas durante a construção. Seria o equivalente à elaboração do projeto executivo à medida que a obra avança. Se todas as diferenças entre o modelo e o real forem anuladas então a gestão poderá se dar conforme idealizado.

c) quando $E_i + E_P = - E_G$ (= $E_F = O$), ou seja, quando as diferenças entre M e R não forem totalmente corrigidas durante a fase de construção, mas podem ser corrigidas com ajustes na gestão. Este é o caso mais comum em que na verdade já temos uma obra com um residual da diferença entre o modelo e a realidade das fases de projeto e execução e que temos que anular ou pelo menos reduzir este residual através de modificação nas regras operacionais e no sistema de gestão das obras.

3 - INCERTEZAS E AMEAÇAS

Segundo Peck (1984), provavelmente 9 entre 10 rupturas recentes ocorrem não por deficiências do "estado da arte", mas por causa de negligências que poderiam

ter sido evitadas, ou por falta de comunicação entre pessoal envolvido no projeto e na construção ou por causa de interpretações excessivamente otimistas das condições geológicas.

Segundo Viotti (1999), a integração dos esforços individuais deve ser contínua ao longo de toda a evolução de um projeto, ao invés de se colar/juntar produtos finais individuais. Isto significa que o projeto deve começar com uma perspectiva geral e em seguida focalizar as partes individuais e não ao contrário.

Na maioria dos casos, as causas de ruptura podem ser atribuídas não apenas a falhas de projeto, mas devido à falta de fiscalização durante a construção. No primeiro caso, pode-se afirmar que o projeto não foi executado por profissional experiente e, no segundo, que a construção não foi executada por empresa devidamente habilitada. Erros podem ser atribuídos à falha humana durante as fases preliminares das investigações para o projeto (e.g. investigação geológico-geotécnica simplificada); dados e critérios de projeto deficientes, fiscalização deficiente e fase pós-construtiva, devido à negligência durante o primeiro enchimento/ vertimento, operação inadequada, monitoramento inadequado e erros de interpretação de dados do monitoramento e devido à operação indevida das estruturas hidráulicas, negligência com manutenção das estruturas e/ou equipamentos hidráulicos etc. Tais erros poderiam ter sido evitados se alguns desses pontos fossem devidamente observados. Os acidentes com barragens, normalmente, têm suas origens em algum tipo de anormalidade em seu comportamento ou em algum tipo de falha, a qual, se devidamente detectada, poderia ser diagnosticada como um sintoma que poderia resultar em acidente ou, até mesmo, na ruptura da barragem (Medeiros, 1999).

A Tabela 1 apresenta as principais fontes/tipos, exemplos de origem e forma de tratamento de incertezas.

Segundo Rowe (1997), incertezas estão presentes em todas as decisões que tomamos. Esta incerteza vem de quatro formas ou tipos:

1. Temporal – incerteza das condições futuras ou passadas;
2. Estrutural – incerteza devida à complexidade;
3. Métrica – incerteza nas medidas;
4. Interpretação – incerteza nos resultados explicados.

A Tabela 2 apresenta os parâmetros dos tipos de incertezas acima elencados, relacionando classe, fonte, discriminação e avaliação do parâmetro e método usado para tratamento das incertezas.

Segundo Buras (1992), as incertezas enfrentadas por gerenciadores de recursos hídricos em relação aos riscos relacionados com a mudança climática caem nas categorias principais: a) incertezas relacionadas ao perigo, i.e., a mudança climática propriamente dita, e b) incertezas relacionadas às proteções, especificamente o comportamento dos dispositivos de armazenamento – reservatórios de superfície e aqüíferos – e sua operação.

Considerando os aspectos citados, foi elaborada a Tabela 3, que apresenta uma relação das incertezas presentes nas diversas fases da vida de uma barragem. Esta tabela foi elaborada considerando a experiência adquirida pelos autores no acompanhamento de projetos de barragens envolvendo as fases de planejamento, estudos e projetos, execução das obras e implementação das medidas mitigadoras, até a fase de operação e manutenção. A estas incertezas estão associadas ameaças que deverão ser estudadas e mantidas sob controle, na medida do possível, através de medidas preventivas. Alguns aspectos complementares a este tema encontram-se citados em Menescal et allii (2001a, 2001b, 2001c e 2001d).

4 - MEDIDAS PREVENTIVAS

Segundo Kreuser (2000), as incertezas são contempladas, basicamente, de cinco maneiras:

1. ignore-as.
2. use margens de segurança para prover contingências.
3. use meios contratuais para limitar incerteza e risco.
4. compre seguro para estender os riscos.
5. entenda e administre diretamente as incertezas.

Ferreira (1999), apresenta um estudo realizado por Mello em 1981 sobre barragens de rejeito nos Estados Unidos, comparando os custos em caso de acidentes com os custos para garantir a segurança das barragens, onde se observa que os custos de estudos preliminares, auscultação e manutenção são bem inferiores aos custos de um eventual acidente. Se considerarmos que as grandezas dos custos apresentadas se aplicam as barragens de terra, fica evidente a importância e a viabilidade de se investir em planos preventivos de manutenção e segurança. Vale destacar que os prejuízos com a imagem da empresa não foram considerados.

Menescal *et. allii* (1996) observa que os recursos limitados dificultam o planejamento de uma manutenção preventiva que passa a se restringir a uma do tipo corretiva, para não dizer emergencial em alguns casos. O esforço para demonstrar que os custos de uma manutenção preventivos são geralmente inferiores às soluções caras e muitas vezes paliativas de uma medida emergencial é constante na tentativa de reverter este quadro. O acesso da equipe operacional durante as fases de elaboração e implementação de novos projetos, tem permitido que a experiência adquirida na operação dos açudes influencie de forma positiva, evitando a repetição dos mesmos erros nos novos projetos. No Ceará, a cobrança pelo uso da água é entendida como fundamental para a racionalização do seu uso e conservação e instrumento de viabilização de recursos para o seu gerenciamento, através do estabelecimento de uma tarifa pelo uso da água que cubra, pelo menos, os custos de manutenção, operação e recuperação da infra-estrutura hídrica existente.

Segundo Mellios & Cardia (1992), "Prevenir é melhor do que remediar", diz o ditado popular; nada se aplica melhor ao caso das barragens onde, na falta de prevenção, o remédio se distancia rapidamente do nosso alcance e nos resta a alternativa, também muito de uso popular, de "o que não tem remédio, remediado está; mas a que custo? É a "medicina preventiva", indivíduo a indivíduo, com registro, em fichas apropriadas, de todos os seus sintomas, doenças do passado, alergias, etc.

Carvalho & Hachich (1997) apresentam um trabalho em que o problema do estabelecimento de um programa racional para gerenciamento de riscos geotécnicos urbanos é tratado no âmbito da Análise de Decisão. Considera-se que o programa, ao estabelecer estratégias de implantação de intervenções para redução de risco, deve considerar não só os benefícios potenciais, mas também os custos envolvidos, de maneira a possibilitar a adequação do desenvolvimento do programa às disponibilidades orçamentárias do órgão encarregado de sua execução. Dessa forma, pode-se concluir que, nas situações em que os setores de risco são numerosos e os recursos financeiros disponíveis insuficientes para a imediata intervenção em todos eles, o método de análise proposto revela-se um instrumento importante de auxílio ao administrador municipal que, através da alocação racional dos recursos orçamentários, tem condições de estabelecer estratégias mais eficientes para elevação gradual dos níveis de segurança nas diversas áreas da cidade. Além disso, o método proposto possibilita evidenciar as situações que exigem análises mais detalhadas para a tomada de decisão, evitando a dispersão de recursos com estudos aprofundados para todas as alternativas concebidas para o conjunto de setores de risco. Finalmente, ele permite a incorporação, quando necessário, de critério de decisão complementar que leve em conta os níveis de risco admissíveis pela sociedade.

Segundo O'Connor (1992), a comunicação do risco pode ser perigosa à saúde pública, em outras palavras, mais pessoas sofrerão efeitos de saúde negativos por causa de ansiedade. A informação sobre riscos é usada em certas ocasiões para assustar as pessoas. É necessário, portanto, ter cuidado, clareza e sensibilidade na comunicação de riscos.

Segundo Andreasen & Norton (1997) a avaliação de risco ecológica "estima a tendência de que efeitos ecológicos adversos podem acontecer ou estão acontecendo como resultado de exposição a um ou mais fatores". É um processo para organizar e analisar dados, informações, suposições e incertezas para avaliar a probabilidade de tais efeitos adversos. A avaliação de risco ecológico surgiu da necessidade de avaliar quantitativamente os efeitos de atividades humanas em componentes não humanos do ambiente. Provê um elemento crítico para a tomada de decisão ambiental dando para os gerentes do risco, um processo para considerar a informação científica disponível junto com outros fatores (e.g. social, legal, político, econômico etc.) para a seleção de um curso de ação.

Segundo Kreuzer (2000), engenheiros tendem a medir incertezas. Porém, a análise de risco nos fala que hoje em dia julgamentos mais refinados em preferência a modelos matemáticos mais refinados servem melhor ao propósito para restringir incertezas. Então, vários autores alertam para a necessidade de pesquisa para aumentar confiança em probabilidades de eventos numéricos, para fins de predizer melhor as conseqüências e quantificar impactos sociais e ambientais.

Segundo Lockhart & Roberts (1996), o processo de construção está repleto de incertezas, mas métodos integrados e proativos de avaliação de risco podem ajudar aos proprietários, engenheiros e contratantes a fazer melhor, decisões informadas. Menescal et allii (2001d) apresenta uma metodologia para avaliação do potencial de risco em barragens no semi-árido.

A Tabela 3 apresenta uma série de ações preventivas para cada uma das ameaças identificadas para diferentes fases da vida de uma barragem. Entre estas medidas preventivas estão relacionadas algumas que prevêem algum tipo de análise de risco.

5 - COMENTÁRIOS

A identificação das incertezas e ameaças correspondentes nas diferentes fases da vida de uma barragem permite que seja elaborada uma estratégia com as medidas preventivas cabíveis para minimizar ou até mesmo eliminar as ameaças identificadas. A análise de risco pode ser aplicada para algumas destas medidas.

6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDREASEN, J.K.; NORTON, S.B.; 1997. Ecological Risk Assessment. Risk-Based Decision Making in Water Resources VII, Proceedings of The Eighth Conference, ASCE.

BURAS, N.; 1992. Climatic Change and Ensuing Risks Facing Water Resources Managers. Risk-Based Decision Making in Water Resources V, ASCE.

CARVALHO, S. C.; HACHICH W. Gerenciamento de Riscos Geotécnicos em Encostas Urbanas. Revista Solos e Rochas, vol 20, n 3, dezembro/97.

FERREIRA, W.V.F; 1999. Avaliação de Desempenho de Barragens de Terra. Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica / USP, São Paulo 1999.

HIRSCHMAN, A. O.; 1992. Notes on Consolidating Democracy in Latin America in Rival Views of Market society and Other Recent Essays. Havard University Press, Cambridge, Massachusetts, USA.

KREUZER, H.; 2000. General Report. Twentieth Congress on Large Dams, Vol. 1, Question 76, Beijing, China.

LOCKHART C.W.; ROBERTS W.J.; 1996. Worth the Risk ?. Civil Engineering.

MEDEIROS, C.H.A.C.; 1999. Utilização da Técnica de Análise de Probabilidade de Risco na Avaliação de Segurança de Barragens. XXIII Seminário Nacional de Grandes Barragens, Volume II – pág. 77 a 81, Belo Horizonte – MG.

MELLIOS, G.A.; CARDIA R.J.R; 1992. Critérios de Segurança Operacional: "Manutenção Preventiva". Revista Brasileira de Engenharia, Caderno de Grandes Barragens, 4(2):71-72.

MELLO, V.F.B.; 2000. Some iIusions, pitfalls and inconsequential initiatives in risk assessment qualifications. XX Congress on Large Dams, Beijing, China.

MENESCAL R.A.; GONDIM FILHO, J.G.C.; OLIVEIRA, Y.C.; 1996. A Recuperação de Açudes no Âmbito da Gestão de Recursos Hídricos. Fortaleza-Ce.

MENESCAL, R.A.; VIEIRA, V.P.P.B; MOTA, F.S.B. & AQUINO, M.D.; 1999. Quantificação de Riscos ambientais e Efeitos de Ações Mitigadoras – Estudo de Caso: Açude Aracoiaba. XIII Seminário Nacional de Recursos Hídricos, Belo Horizonte - MG.

MENESCAL, R.A.; OLIVEIRA, S.K.F.;FONTENELLE, A.S. & VIEIRA, V.P.P.B.; 2001a. Acidentes e Incidentes em Barragens no Estado do Ceará. XXIV Seminário Nacional de Grandes Barragens, Fortaleza – CE.

MENESCAL, R.A.; FONTENELLE, A. S.; OLIVEIRA, S.K.F.; VIEIRA, V.P.P.B.; 2001b. Ações de Segurança de Barragens no Estado do Ceará. XXIV Seminário Nacional de Grandes Barragens, Fortaleza – CE.

MENESCAL, R.A.; FONTENELLE, A.S.; OLIVEIRA, S.K.F. & VIEIRA, V.P.P.B.; 2001c. Avaliação do Desempenho de Barragens no Estado do Ceará. XXIV Seminário Nacional de Grandes Barragens, Fortaleza – CE.

MENESCAL, R.A.; FONTENELLE, A.S.; OLIVEIRA, S.K.F.; VIEIRA, V.P.P.B.; 2001d. Uma metodologia para avaliação do Potencial de Risco em Barragens do Semi-árido. XXIV Seminário Nacional de Grandes Barragens, Fortaleza – CE.

MIRANDA, A. N.; 1990. Modelo "versus" Realidade na Engenharia de Barragens. Revista Engenharia, ano VI, no. 8, Centro de Tecnologia, UFC.

PECK, R.B.; 1984. Judgment in Geotechnical Engineering – The professional legacy of Ralph B. Peck. John Willey & Sons 332p.

O'CONNOR, R.; 1992. Session Summary – Risk Communication and Perception. Risk-Based Decision Making in Water Resources V, ASCE.

ROWE, W.D.; 1997. Managing Uncertainty. Risk-Based Decision Making in Water Resources VII, Proceedings of The Eighth Conference, ASCE.

VIOTTI C.B.; 1999. Segurança de Barragens. Auscultação, Desempenho e Reparação – Relato Tema 2. XXIII Seminário Nacional de Grandes Barragens. Belo Horizonte – MG, Volume III.

FIGURA 1 – Evolução do risco nas diversas fases da vida de uma barragem

FIGURA 2 – Representação esquemática das equações do modelo e da realidade.

TABELA 1: Incerteza e erro humano (Kreuzer, 2000).

Fonte/Tipo	Exemplo de Origem	Tratamento Analítico
Física	Conhecimento limitado da geologia, hidrologia, comportamento estrutural.	Simulação Monte Carlo
Estatística	Amostragem	Desvio padrão, erro médio, limites de confiança.
Epistêmica	Simplificação de modelos matemáticos	Simulação Monte Carlo, Teorema de Bayes, Árvore de eventos
Decisão	Visão humana subjetiva de um estado oculto	Árvore de eventos, Teorema de Bayes
Predição	Eventos futuros incertos	Árvore de eventos, Teorema de Bayes
Reação Pública	Falta de confiança ou impossibilidade de transferência	Comunicação
Erro Humano	Ignorância, negligência, subestimação da influência, falta de experiência e treinamento, falta de autoridade para decidir, falta de habilidade para comunicar, falta de confiança etc.	Teoria do erro grosseiro

TABELA 2: Parâmetros dos tipos de incerteza (Rowe 1994).

Classe de Incerteza	**Fonte de Incerteza**	**Discriminação do Parâmetro**	**Avaliação do Parâmetro**	**Métodos Usados**
Temporal	Futuro	Probabilidade	Sorte	Previsão
Temporal	Passado	Dados históricos	Exatidão	Retrospectiva
Estrutural	Complexidade	Utilidade/ Tendência	Confiança	Modelos
Métrica	Medida	Precisão	Acurácia	Estatística
Interpretação	Perspectiva	Metas/ valores	Entendimento	Comunicação

TABELA 3: Incertezas, ameaças e medidas preventivas a serem adotadas em barragens desde a fase de planejamento até a de operação.

ATIVIDADES	INCERTEZAS	AMEAÇAS	MEDIDAS PREVENTIVAS
1. PLANEJAMENTO			
LEVANTAMENTO DE DADOS	Sobre a qualidade das informações existentes	Utilização de informações incorretas ou desatualizadas	Atualização de dados de maneira contínua e controlada
HIERARQUIZAÇÃO	Na identificação e definição da forma de consideração de parâmetros técnicos, econômicos, sociais e ambientais para hierarquização	Obtenção de resultados da hierarquização que não condizem com a realidade	Definir parâmetros após intensa discussão com técnicos das diversas áreas envolvidas.
TOMADA DE DECISÃO	Na forma a ser adotada na tomada de decisão	Tomada de decisão direcionada, sem observar o conjunto de aspectos (e.g. escolha política, interesses econômicos etc.)	Efetuar avaliação multiobjetivo entre as alternativas aventadas para indicar a discrepância (trade-offs) entre elas. Quantificar risco associado a prejuízos econômicos sociais e ambientais devido à escolha de uma determinada alternativa.
2. ESTUDOS E PROJETOS (E.G. EIA, CADASTRO FUNDIÁRIO, BARRAGEM ETC.)			
LICITAÇÃO	Sobre o processo licitatório.	Elaboração imperfeita dos editais e dos termos de referência.	Elaborar normas sobre procedimentos licitatórios. Indicar equipe multidisciplinar com experiência prática para elaborar os termos de referência. Capacitação e treinamento. Contratar consultores com experiência prática em aspectos técnicos e legais para evitar ao máximo as falhas na fase de elaboração dos editais e termos de referência e na fase de avaliação e julgamento das propostas técnicas e de preço.
		Demora do processo licitatório (desde a elaboração do Edital até a homologação do vencedor).	Elaborar um fluxo detalhado e indicar uma equipe responsável pelo acompanhamento sistemático do processo, evitando demoras excessivas e/ou desnecessárias.
		Vitória de uma empresa sem capacitação ou com preço muito baixo	Deixar bem definido no Edital as restrições de preços (irrisório e excessivo) e a capacitação técnica mínima da empresa. Indicar comissão de profissionais experientes não comprometidos com as empresas participantes e com autonomia para decidir.

TABELA 3: (continuação)

ATIVIDADES	INCERTEZAS	AMEAÇAS	MEDIDAS PREVENTIVAS
DESENVOLVIMENTO DOS ESTUDOS E ELABORAÇÃO DO PROJETO.	Sobre as metodologias e encaminhamentos para elaboração dos estudos e projetos.	Mau acompanhamento sistemático e/ou atendimento ao indicado pela comissão de fiscalização.	Definir logo no início a equipe de fiscalização e dar apoio para a cobrança do estabelecido nos TR e proposta técnica.
		Projeto deficiente por inexperiência da equipe	Exigir no mínimo a equipe com a qualificação indicada na proposta técnica.
		Projeto deficiente por existência de comprometimento irregular da Comissão de Fiscalização.	Indicar equipe com visão profissional e sem, ou com o mínimo possível comprometimento com as firmas a serem fiscalizadas.
		Perda de seqüência pela troca de equipe.	Coibir tentativas de alteração da equipe, tanto da fiscalização quanto da projetista.
		Atraso no cronograma físico e financeiro.	Acompanhar sistemáticamente a execução detectando os caminhos críticos e antecipando problemas que possam ocorrer, inclusive o desembolso financeiro.
		Falta de ligação entre as equipes responsáveis pela elaboração de diferentes componentes do projeto acarretando em discrepâncias no projeto final.	Estimular reuniões internas de exposição sobre o andamento dos projetos. Inclusive audiências públicas.
	Sobre a aceitação pública do projeto.	Mobilização pública inviabilizando a execução do projeto.	Estimular reuniões externas de exposição sobre o andamento dos projetos. Inclusive audiências públicas.
PROJETO FINAL	Sobre a qualidade e adequação do projeto final	Falhas de concepção, metodologias de cálculos, quantificações etc.	Indicar um Painel de Consultores especialistas nas áreas envolvidas para acompanhar o desenvolvimento do projeto (falhas de concepção) e metodologias de cálculo. Indicar equipe experiente para analisar detalhadamente todo o orçamento previsto (quantidades e preços) para evitar falhas grosseiras com graves conseqüências práticas. (caderno de encargos)
		Adoção de soluções inadequadas do ponto de vista de operação e manutenção	Permitir o acesso de equipes com experiência em O & M para sugerir alterações no projeto tendo em vista a operacionalidade dos dispositivos e sistemas.
		Alterações de projeto por pressão da empreiteira ou interesses econômicos excusos.	Criar normas para restringir alterações desnecessárias e controlar as ações da Comissão de Fiscalização. Dar apoio às decisões da comissão de fiscalização/ projetista.
		Falta de estabelecimento claro dos limites das hipóteses adotados no projeto.	Elaborar um manual de operação e manutenção destacando todos os aspectos a serem observados e seus respectivos limites.

TABELA 3: (continuação)

ATIVIDADES	INCERTEZAS	AMEAÇAS	MEDIDAS PREVENTIVAS
3. EXECUÇÃO DAS OBRAS E IMPLEMENTAÇÃO DAS MEDIDAS MITIGADORAS (E.G. DESMATAMENTO RACIONAL DA BACIA HIDRÁULICA, REASSENTAMENTO, MANEJO DE ANIMAIS ETC.)			
LICITAÇÃO	Sobre o processo licitatório das empresas de execução e supervisão (e.g. desmatamento racional, reassentamento, barragem, medidas mitigadoras etc.)	Má elaboração dos termos de referência.	Indicar equipe multidisciplinar com experiência prática para elaborar os termos de referência. Contratar consultores com experiência prática em aspectos técnicos e legais para evitar ao máximo as falhas na fase de elaboração dos editais e termos de referência e na fase de avaliação e julgamento das propostas técnicas e de preço.
		Demora do processo licitatório (desde a elaboração do Edital até a homologação do vencedor).	Elaborar um fluxo detalhado e indicar uma equipe responsável pelo acompanhamento sistemático do processo, evitando demoras excessivas e/ou desnecessárias.
		Vitória de uma empresa sem capacitação ou com preço muito baixo	Deixar bem definido no Edital as restrições de preços (irrisório e excessivo) e a capacitação técnica mínima da empresa.
EXECUÇÃO	Sobre a qualidade e adequação das obras e ações executadas	Má qualidade executiva.	Fiscalizar intensamente a empresa executora. Exigir as metodologias construtivas e especificações de materiais e serviços estabelecidas no edital e proposta de preço.
		Atraso no cronograma físico e financeiro.	Acompanhar sistemáticamente a execução detectando os caminhos críticos e antecipando problemas que possam ocorrer, inclusive o desembolso financeiro.
		Não conclusão das obras.	Efetuar negociações contínuas com o organismo financeiro para evitar o esgotamento dos recursos financeiros.
		Ocorrência de enchentes e acidentes durante a execução das obras.	Estimar o risco de enchentes e considerar alternativas emergenciais para minimizar impactos negativos. Elaborar um plano de contingência para os principais tipos de acidentes.
		Existência de falhas de projeto.	Evitar economia nos estudos em geral, permitindo a execução de uma quantidade mínima de sondagens e investigações para caracterização das fundações e materiais de construção, bem como a existência de condições naturais, que possam favorecer a deterioração dos materiais (e.g. qualidade da água, reação alcali-agregado etc.).

TABELA 3: (continuação)

ATIVIDADES	INCERTEZAS	AMEAÇAS	MEDIDAS PREVENTIVAS
		Geração de insatisfação social.	Indicar equipe para estabelecer contatos com o pessoal a ser remanejado esclarecendo e evitando mal estar e revolta social. Efetuar toda a indenização de propriedades antes do início do enchimento do reservatório. Criar grupo de discussão pública desde a fase de planejamento e projeto.
		Alterações conjunturais	Garantir a continuidade de uma equipe técnica mínima não sujeita a questionamentos de ordem política e mobilizar a sociedade sobre a necessidade das obras para que as mesmas não sofram solução de continuidade.
		Execução de sistemas e dispositivos complexos, de difícil operação e manutenção.	Permitir acesso das equipes futuramente responsáveis pela operação e manutenção durante a execução das obras para sugerir alterações de ordem prática tendo em vista a operacionalidade das obras e dispositivos.
		Falta de anotações e documentação de fatos relevantes ocorridos durante a execução (e.g. problemas nas fundações, alterações de projeto em partes soterradas e/ou inundadas etc.).	Esclarecer a importância desta memória construtiva na fase seguintes de operação e manutenção. Registrar alterações do projeto nos relatórios de construção e no "as built"
		Alterações de projeto por pressão da empreiteira.	Criar normas para restringir alterações desnecessárias e controlar as ações da Comissão de Fiscalização. Dar apoio às decisões da comissão de fiscalização.
		Discrepância entre o projeto e a obra	Reavaliar o valor dos parâmetros dos materiais e das hipóteses de projeto adotadas.
		Execução de obras e instalação de equipamentos fora de especificação e/ou com problemas operacionais	Indicar equipe multidisciplinar para recebimento das obras juntamente com todo o memorial técnico, incluindo manuais dos equipamentos instalados, projeto "as built" (como construído) etc.
		Não atendimento das medidas mitigadoras especificadas	Permitir acesso das equipes de meio ambiente para verificar a conformidade com o indicado no EIA

TABELA 3: (continuação)

ATIVIDADES	INCERTEZAS	AMEAÇAS	MEDIDAS PREVENTIVAS
4. OPERAÇÃO & MANUTENÇÃO			
OPERAÇÃO	Sobre o comportamento das estruturas	Falhas estruturais no 1° enchimento do reservatório ou 1° utilização do dispositivo.	Inspecionar e monitorar o comportamento antes, durante e após o primeiro enchimento ou 1° utilização do dispositivo. (e.g. sangradouro, tomada d'água, bacia de dissipação etc)
		Ocorrência de problemas estruturais no maciço e fundações.	Monitorar sistematicamente o comportamento do maciço e fundações através de instrumentação instalada, principalmente quando do primeiro enchimento do reservatório. Elaborar um plano de ações emergenciais com definição de medidas a serem adotadas no caso de anomalias.
		Inundação de áreas não previstas. (1° enchimento)	Acompanhamento pari passu da evolução da área inundada
		Falha na remoção de animais da área a ser inundada. (1° enchimento)	Coordenar ações mitigadoras com o cronograma executivo da obra.
		Falhas de dispositivos de controle.	Planejar sistemas alternativos e roteiros a serem seguidos na eventualidade da ocorrência destas falhas
		Erros de manobra dos equipamentos.	Efetuar treinamentos e elaborar manuais de operação de todos os equipamento hidro eletro mecânicos analisando todas as possíveis combinações de esforços em situações de operação.
	Sobre a variabilidade dos deflúvios	Ocorrência de eventos extremos (cheia ou seca).	Monitorar o comportamento hidrológico através de sistema de pluviógrafos e modelos de escoamento para avaliar o potencial de enchentes ou secas. Elaborar projetos de obras para atenuar efeitos das cheias (e.g. diques, desassorear rios etc) Elaborar um plano de ações emergenciais com sistema de alerta e definição de medidas a serem adotadas no caso enchentes para evitar ao máximo possível os prejuízos e perdas de vidas humanas.
	Sobre a definição de prioridades	Conflito entre os diferentes tipos de uso.	Estimular discussão através de seminários participativos dando oportunidade de exposição de opiniões e estabelecimento das regras de operação para o período considerando as perspectivas e disponibilidades atuais. Atualizar e monitorar o uso da água bruta. Estimular e apoiar a criação dos Comitês de Bacia para permitir o gerenciamento participativo dos recursos hídricos. Instituir a outorga pelo uso da água. Definir árbitros para julgar usos conflitantes. Definir prioridades de uso.

TABELA 3: (continuação)

ATIVIDADES	INCERTEZAS	AMEAÇAS	MEDIDAS PREVENTIVAS
	Sobre os impactos no meio ambiente	1. Erosão das margens 2. Pesca predatória 3. Desmatamento 4. Poluição	Elaborar estudos e estabelecer critérios juntamente com a comunidade para o melhor aproveitamento do açude sem causar danos ambientais. Monitorar o reservatório em aspectos de qualidade e meio-ambiente Implantar um sistema de gestão ambiental amplo para todo o empreendimento.
	Sobre a adequação do projeto	Falta de adequação do projeto às novas exigências técnicas, sociais e ambientais.	Verificar, periodicamente, a compatibilidade entre os critérios de segurança adotados no projeto original e os critérios atualizados que refletem a evolução tecnológica. Verificar periodicamente, a compatibilidade entre os métodos de análise incorporados no projeto original e os que decorrem dos critérios atualizados; Verificar a necessidade de se efetuarem novos estudos para a avaliação da segurança em face de novos critérios. Reavaliação periódica da obra considerando aspectos estruturais, sociais, ambientais e econômicos.
MANUTENÇÃO	Sobre a durabilidade das estruturas e equipamentos em geral	Ocorrência de problemas estruturais. Ocorrência de problemas operacionais nas comportas e dispositivos hidromecânicos.	Efetuar acompanhamento sistemático da instrumentação instalada e inspeção visual de todos os dispositivos existentes, principalmente os que já apresentaram algum tipo de problema. Elaborar e implementar um roteiro de manutenção preventiva e preditiva para evitar ao máximo possível as manutenções corretivas e recuperações.
	Sobre o sustentabilidade para garantia de recursos financeiros para O&M	Falta de recursos para efetuar uma manutenção sistemática	Estabelecer cobrança pelo uso da água. Avaliar o risco de ruína das obras devido à falta de manutenção e trabalhar estes conceitos com a comunidade. Estabelecer critérios claros baseados em níveis de importância estratégica e segurança.
	Sobre os materiais de construção		Verificar a eficiência da manutenção, de modo a evitar que a eventual deterioração dos materiais venha a afetar a segurança estrutural. Verificar os meios disponíveis para a identificação de deterioração imprevista.
5. DESATIVAÇÃO SUSTENTÁVEL			
	Sobre a estabilidade das estruturas remanescentes	- Perigo para população - Vazamento de materiais tóxicos	Elaborar projeto e efetuar medidas para demolir obras ou estabilizá-la, inclusive o material depositado no reservatório. Efetuar monitoramento sistemático no caso das barragens não demolidas.
	Sobre a existência de recursos para esta fase	Obra abandonada impondo riscos inaceitáveis à população	Exigir seguro, caução ou algum bem da empresa como garantia ainda no ato de autorização para a construção das obras. Os custos para desativação da barragem deverão ser reavaliados periodicamente para fins de atualização da garantia fornecida

2001 - Artigo apresentado no XXIV Seminário Nacional de Grandes Barragens, Fortaleza – CE.
Anais Pós-Congresso

TERMINOLOGIA PARA ANÁLISE DE RISCO E SEGURANÇA DE BARRAGENS

Rogério de Abreu Menescal [1]
Vicente de Paulo Pereira Barbosa Vieira [2]
Sandra Keila Freitas de Oliveira [3]

RESUMO

No estudo e prática do gerenciamento de risco, uma dificuldade comum é encontrada no nível de definições básicas. Neste contexto, este trabalho apresenta uma coletânea de termos e expressões relacionadas à segurança de barragens e ao estudo do risco associado, visando uniformizar a comunicação entre os profissionais interessados e atenuar a disparidade de termos através da definição de uma terminologia clara e com interpretações bem definidas que tenta reduzir ao máximo os desvios naturais de interpretação.

1 – INTRODUÇÃO

Segundo Oboni (1999), há realmente uma forte e crescente demanda do público em saber seu nível de exposição ao risco e os esforços que são empreendidos para mitigar esses riscos. Ao mesmo tempo, indústria e entidades públicas se empenham para reduzir recursos humanos e financeiros, enquanto tentam manter um nível das atividades condizente com as expectativas internas e externas (o público). Percepções públicas são freqüentemente o resultado de reações irracionais e emocionais a informações da mídia, uma situação que freqüentemente fica mais aparente no resultado de eventos de crise. Quando crises acontecem, organizações ficam sujeitas ao escrutínio do público e da mídia, que freqüentemente resultam em

[1] COGERH - Diretor de Operações e Monitoramento

[2] UFC – Professor Titular

[3] COGERH - Pesquisadora do DESOH

acusações, responsabilidades e perdas de oportunidades. Este processo pode ser claramente exemplificado com a situação de crise de energia por que passamos atualmente, quando os investimentos necessários foram reduzidos ao ponto de atingirmos níveis inaceitáveis de risco.

Risco deve ser reconhecido como sendo onipresente e considerado como um parâmetro do cotidiano em qualquer atividade humana. Avaliação de Risco, tomada de decisões baseadas em risco, avaliação de viabilidade de projetos baseada em risco, estudos do erro humano e o desenvolvimento de planos mitigadores de risco e planos de administração de crise, para riscos que podem ou não ser mitigados, estão se tornando armas essenciais no arsenal de gerentes modernos, geralmente agrupados na expressão de Gerenciamento de Risco.

Segundo Salmon (1995), uma avaliação de risco recorre a três perguntas fundamentais:

1. Que pode dar errado? (Ameaça)
2. Quanto isso é provável ? (Probabilidade de ruína)
3. Que danos isso causará ? (Conseqüência de ruína)

Os principais elementos da avaliação de risco de segurança de barragens são:

1. Listar todos os modos e seqüências de ruptura concebíveis (identificação de ameaças).
2. Elencar estes modos e selecionar aqueles que são possíveis de acontecer.
3. Exibir estes modos em uma árvore de eventos com a lógica que melhor representa a realidade física dos modos de ruptura potenciais.
4. Estimar as probabilidades em cada ramo da árvore de eventos; alguns ramos levam à ruptura, outros não.
5. Executar os processos de cálculo para conseguir a probabilidade (ou probabilidades) de vários tipos de ruptura.
6. Revisar os ramos críticos da árvore de eventos para ver qual das probabilidades atribuídas precisam de refinamento adicional.
7. Documentar o processo inteiro de uma maneira transparente, especialmente as razões para a indicação de probabilidades, de forma que todos os passos sejam fáceis para revisar.
8. Determinar as conseqüências dos vários modos de ruptura.
9. Determinar o risco associando probabilidades de ruptura e conseqüências.

Uma dificuldade óbvia com esta abordagem é a atribuição de probabilidades. As probabilidades que a resposta da barragem às cargas aplicadas ou condições levarão à ruptura também devem ser estimadas. Estas probabilidades devem ser estimadas por engenheiros experientes, peritos na área em questão e familiarizados com a barragem e com todas as investigações e estudos prévios à sua disposição.

Menescal e Vieira (1999) apresentam um exemplo de procedimento a ser adotado para o estudo do risco em sangradouro de barragens.

Os principais benefícios de uma avaliação de risco são:

- Um processo estruturado para o uso consistente e efetivo de juízo de engenharia (cenários de ruína, árvores de eventos, probabilidades estimadas etc.)
- A oportunidade para descrição e quantificação explícita do juízo de engenharia.
- Uma avaliação da importância relativa de perigos, para subsidiar decisões no requisito para estudos adicionais e melhoria da segurança.
- Uma consideração equilibrada de todos os fatores, proporcional com sua contribuição para a probabilidade de ruína, inclusive aquelas não agradáveis para análise, porque a avaliação segue a partir das condições, peculiaridades, vulnerabilidades e modos de ruína associados, únicos para cada barragem individualmente.
- Um método consistente por comparar a segurança (risco) relativa de barragens.
- Uma base mais formal para priorizar melhorias da segurança de barragens.
- A melhor resposta disponível para a pergunta, "quão segura é nossa barragem?".

Menescal et allii (2001a) apresenta uma metodologia para avaliação do potencial de risco em barragens do Semi-árido que permite a identificação e priorização de ações de forma mais eficiente com os recursos disponíveis. Através de informações estruturais, sociais, econômicas e ambientais uma matriz permite que seja estabelecido o nível mais apropriados de monitoramento hidrológico, inspeção, manutenção, operação, controle ambiental, sistema de alerta, organização dos usuários, instrumentação etc.

Segundo Silveira (1999), os métodos de análise de risco são de grande utilidade para os proprietários de um grande número de barragens, onde a necessidade de

execução de várias medidas corretivas e a limitação dos recursos disponíveis, exigem a otimização dos recursos sem prejudicar as condições de segurança das estruturas em jogo. Métodos de tomada de decisão e de análise de risco são muito úteis para se decidir sobre as medidas a serem tomadas, de modo mais racional possível. Uma barragem é considerada segura se satisfaz os critérios atuais de projeto, se estiver apresentando um desempenho satisfatório e se nenhuma deficiência for registrada nas inspeções "in situ", dispensando dessa forma a necessidade de uma análise de risco. De outro lado, se os padrões atuais não foram atendidos, se houver modificações nos critérios de projeto ou se deficiências em potencial foram detectadas deve-se proceder, então, a uma análise de risco. Um "workshop" é estabelecido para a identificação das deficiências em potencial, para a construção da árvore de eventos e a estimativa das probabilidades envolvidas nos vários eventos.

Segundo Henning et allii (1998), práticas de avaliação de risco também estão sendo integradas no Programa de Segurança de Barragens para ajudar a entender as muitas incertezas associadas ao desempenho seguro de barragens existentes e os seus impactos no risco. Pretende-se que a avaliação de risco seja uma ferramenta adicional que conduza a decisões melhores ajudando a alcançar os seguintes objetivos:

- Reconhecer que todas as barragens têm algum risco de ruptura;
- Considerar todos os fatores que contribuem para o risco;
- Identificar os fatores mais significantes que influenciam no risco e incerteza, que facilitam a identificação eficiente de dados adicionais e análises;
- Identificar uma gama ampla de alternativas para administrar o risco, incluindo monitoramento e outros métodos não estruturais;
- Direcionar fundos e recursos para ações de redução do risco que alcançam risco equilibrado entre barragens e entre modos de ruptura em barragens individuais;
- Estabelecer de credibilidade aos tomadores de decisão e devida diligência para ações de redução do risco.

Usar aproximações de avaliação de risco para avaliar segurança de barragens não é uma idéia nova. As Diretrizes Federais para Segurança de Barragens nos Estados Unidos encorajaram o desenvolvimento de aproximações baseadas em risco para segurança de barragens. Estas diretrizes foram implementadas para barragens reguladas pelo governo federal por um memorando presidencial datado de 4 de outubro de 1979. Práticas de avaliação de risco foram inicialmente focadas para avaliar economicamente as ações corretivas propostas. Porém, seu uso diminuiu a medida que a experiência mostrou que a maioria das decisões sobre segurança

de barragens eram dirigidas por preocupações pela segurança do público. Durante os últimos 10 a 15 anos a maioria das deficiências de segurança de barragens eram relativamente óbvias. Assuntos como "piping" ativo não requerem investigações extensas para avaliar a confiabilidade do desempenho seguro da barragem e a necessidade de modificações. Hoje, questões de segurança de barragens estão ficando tipicamente mais complexas. Práticas de avaliação de risco facilitam a consideração de fatores de risco complicados e as influências introduzidas por incertezas associadas.

As Figuras 1 e 2 tentam mostrar esquematicamente como o gerenciamento do risco deve ser conduzido pelas partes interessadas (Instituições Reguladoras, Público e Responsáveis pela Barragem) a fim de garantir um nível de risco aceitável pela sociedade como um todo.

Menescal et alli (2001b) apresenta um estudo de incertezas e ameaças envolvidas nas diversas fases da vida de uma barragem. Algumas dessas ameaças podem ser quantificadas e tratadas pela metodologia de análise de risco permitindo um controle de risco dentro da faixa aceitável.

2 – TERMINOLOGIA

A Tabela 1 apresenta uma coletânea de termos e expressões relacionadas com a segurança de barragens e o estudo do risco associado. Os termos foram mantidos, na medida do possível, na sua língua original para evitar os desvios naturais da interpretação permitindo um acesso às definições originais dos autores.

Na revisão bibliográfica também foram consideradas algumas das definições sobre risco e segurança contidos em Castro (1999) que apresenta a Política Nacional de Defesa Civil.

Kreuzer (2000) cita que encontra-se em fase de elaboração pelo Comitê Internacional de Grandes Barragens um Boletim denominado "Risk assessment as an aid to dam safety management" que conterá um glossário com a definição de termos de gerenciamento de risco.

A regulamentação canadense é uma das mais avançadas sobre análise de risco e um dos documentos de referência é o "Risk Analysis Requirement and Guidelines" produzido pela Canadian Standards Association, em 1991 (CSA, 1991).

3 – COMENTÁRIOS

No estudo e prática do gerenciamento de risco, uma dificuldade comum é encontrada no nível de definições básicas. Freqüentemente se experimentam confusões que surgem de interpretações variadas de termos. Clareza e concordância rígida com interpretações bem definidas são os únicos meios pelos quais pode ser mantida uma comunicação positiva e construtiva entre os interessados.

A expressão "risco" pode referir-se somente à probabilidade de ocorrência de um evento adverso como também considerar de alguma forma os seus efeitos. Alguns autores portugueses utilizam os adjetivos "efetivo" e "potencial" para tentar diferenciar estas duas abordagens.

A expressão "hazard" pode ser melhor entendida como "perigo" ou "ameaça" e não deve ser confundida com o risco, que tem caráter probabilistico. Os autores discordam da definição utilizada por Castro (1999) para o termo "ameaça", e a expressão "área de risco" deveria ser "área de perigo" ou "área ameaçada" para seguir os princípios das definições propostas.

Os termos "acidente" e "incidente", apesar de já serem de uso corriqueiro em Segurança de Barragens, podem ser diferenciados basicamente pela magnitude do problema, o que de certa forma tem caráter subjetivo e causa confusão. Os autores quando possível preferem o termo "anomalia" por englobar estes dois anteriores. O termo "deterioração" foi preterido por expressar somente aspectos estruturais.

As diferentes etapas de "risk management" (gerenciamento do risco) já bem definidas na lingua inglesa (Bercha, 1994; Oboni, 1999 e Kreuzer, 2000) encontram-se apresentados na Figura 3 que tenta estabelecer suas definições e interrelações.

Esta "Torre de Babel" dificulta a comunicação entre os profissionais que lidam com segurança de barragens e mais ainda com populações em perigo. Urge portanto que seja definida uma terminologia para evitar esta disparidade de termos.

4 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, B.A.; 2000. Gestão Integrada do Risco nos Vales a Jusante de Barragens – Um Projecto Nato Realizado em Portugal. 1º. Congresso sobre

Aproveitamentos e Gestão de Recursos Hídricos em Países de Idioma Português. Rio de Janeiro-RJ.

BERCHA F.G.; 1994. Risk Analysis Basis for Pipeline Life Cycle Safety. National Energy Board, Calgary, Alberta, June.

CASTRO, A.L.C.; 1999. Glossário de Defesa Civil. Ministério do Planejamento e Orçamento, Brasília – DF.

CBGB - NRSP; 1999. Guia Básico de Segurança de Barragens. São Paulo-SP.

CDSA; 1995. Diretrizes para a Segurança de Barragens. Tradução de Henry Dantas Strong, CESP / Divisão de Segurança e Tecnologia – ERS, São Paulo/SP.

FERREIRA, W.V.F; 1999. Avaliação de Desempenho de Barragens de Terra. Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica / USP, São Paulo.

FOSTER, J.L.; 1997. Risk-Based Decision Making for Dam Safety. Risk-Based Decision Making in Water Resources VII, Proceedings of The Eighth Conference, ASCE.

FUSARO, T.C.; 1999. Um Programa de Segurança de Barragens no Setor Elétrico Privatizado. XXIII Seminário Nacional de Grandes Barragens, Belo Horizonte – MG, Volume I – p. 45 – 56.

GEHRING, J.G.; 1987. Aspectos Atuais na Avaliação da Segurança de Barragens em Operação. Dissertação de mestrado, Escola Politécnica /USP, São Paulo.

HENNING, C.; DISE, K.; MULLER, B.; 1998. Achieving Public Protection with Dam Safety Risk Assessment Practices. Risk Based Decision Making in Water Resources VIII, Proceedings of the Eighth Conference, ASCE.

HOLANDA; A. B.; 2000. Novo Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa. Editora Nova Fronteira, 2ª edição, 33ª impressão.

ICOLD; 1983. Deterioration of dams and reservoirs.

KAPLAN, S. The General theory of Quantitative Risk Assessment. Risk-Based Decision Making in Water Resources V, ASCE, 1992.

KREUZER, H.; 2000. General Report. Twentieth Congress on Large Dams, Vol 1, Question 76, Beijing, China.

LIMA, V.M.S.; 1992. Critérios de segurança estrutural de barragens de concreto. Revista Brasileira de Engenharia, Caderno de Grandes Barragens, 4(2):15-39.

MEDEIROS, C.H.A.C.; 1999. Utilização da Técnica de Análise de Probabilidade de Risco na Avaliação de Segurança de Barragens. XXIII Seminário Nacional de Grandes Barragens, Anais Volume II – pág. 77 a 81, Belo Horizonte – MG.

MENESCAL, R.A. & VIEIRA, V.P.P.B.; 1999. Manutenção de sangradouro de açude e risco de ineficiência hidráulica. XXIII Seminário Nacional de Grandes Barragens, Anais Pós-Congresso, Belo Horizonte - MG.

MENESCAL, R.A.; CRUZ, P.T.; CARVALHO, R.V.; FONTENELLE, A.S. & OLIVEIRA, S.K.F.; 2001(a). Uma Metodologia para Avaliação do Potencial de Risco em Barragens do Semi-Arido. XIV Seminário Nacional de Grandes Barragens, Anais, Fortaleza – Ce.

MENESCAL, R.A.; CRUZ, P.T.; CARVALHO, R.V.; FONTENELLE, A.S. & OLIVEIRA, S.K.F.; 2001(b). Incertezas, Ameaças e Medidas Preventivas nas Fases de Vida de uma Barragem. XIV Seminário Nacional de Grandes Barragens, Anais, Fortaleza – Ce.

NPDP; 2000. National Performance of Dams Program. http://npdp.stanford.edu. Universidade de Stanford, CA, EUA.

OBONI, F.; 1999. Geo-Environmental Risk: Assessment, Analysis, Management and Planning. Simpósio Brasileiro de Geotecnia Ambiental.

PEDRO, J.O.; GOMES, A.S.; 2000. O Regulamento Português de Segurança de Barragens e suas Normas Complementares. 1° Congresso sobre Aproveitamento e Gestão de Recursos Hídricos em Países de Idioma Português, Rio de Janeiro.

PENMAN, A.D.N.; 2000. Risk Assessment and the Safety of Tailing Dams and Waste Impoundments. XX Congress on Large Dams, Beijing, China.

SALMON, G.M.; HARTFORD, D.N.D.; 1995. Risk analysis for dam safety. International Water Power & Dam Construction, March, p. 42 – 47.

SILVEIRA, A.E.; 1990. Some considerations on the durability of dams. ICT/INCB 6, LNEC, Lisboa, 30p.

SILVEIRA, J.F.A.; 1999. Análise de Risco Aplicada a Segurança de Barragens. Revista Brasileira de Engenharia, Edição Especial, p. 40-41.

VIEIRA V.P.P.B; 1994. Desenvolvimento Sustentável e Gestão de Recursos Hídricos no Nordeste Semi-Árido. II Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, Fortaleza-Ce.

VIEIRA; V.P.P.B.; 2000. Notas de Aula do Curso de Doutorado em Recursos Hídricos. UFC, Fortaleza-Ce.

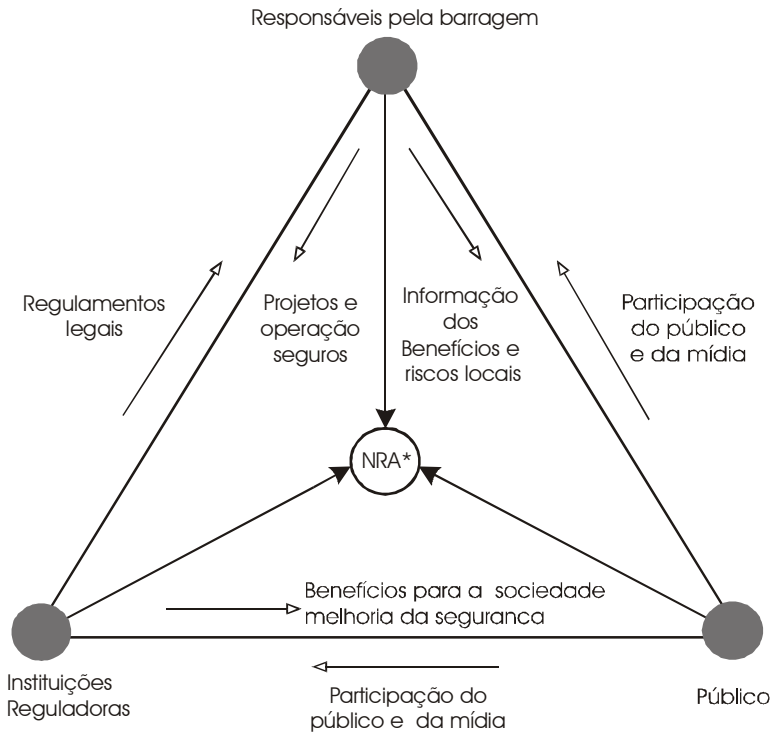


FIGURA 1: Relações entre o público, instituições reguladoras e responsáveis pela barragem (Modificada de Almeida, 2000).

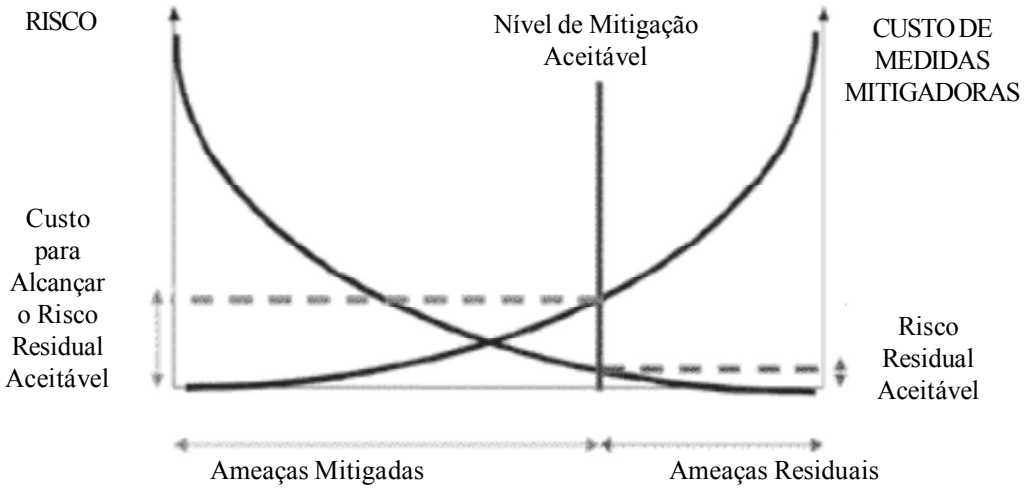


FIGURA 2: Interelação entre Riscos e Medidas Mitigadoras. (Modificado por Oboni, 1999)

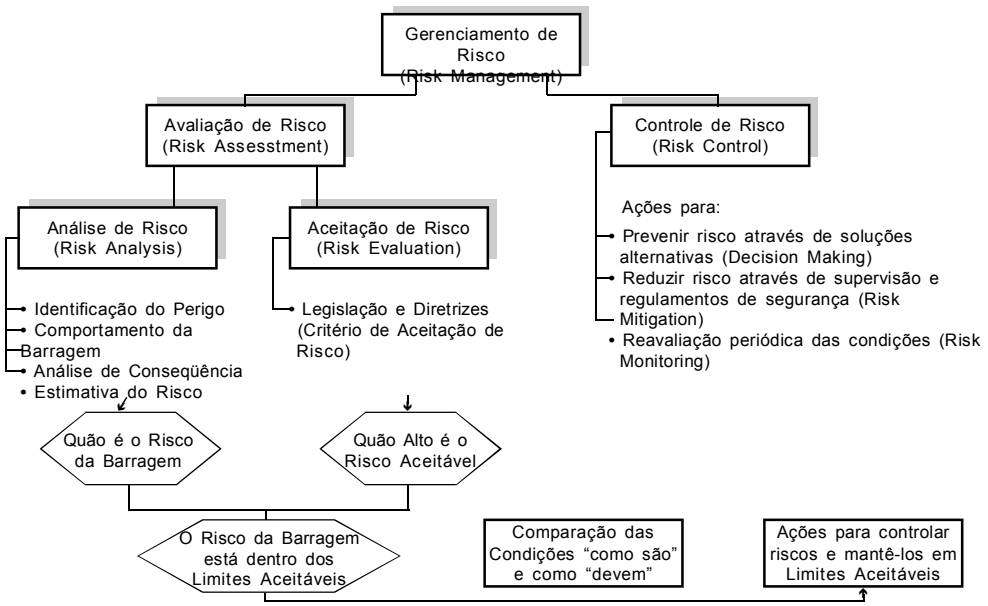


FIGURA 3 – Definições para termos de gerenciamento de riscos.

TABELA 1: Terminologia para Análise de Risco.

TERMO	DEFINIÇÃO	FONTE
ACCETABLE RISK	Risk which, for the purpose of life or work, everyone who might be impacted is prepared to accept assuming no changes in risk control mechanisms.	KREUZER (2000)
ACCIDENT	An accident means any exceptional occurrence, affecting the dam behavior, the development of which, if not controlled, could cause a failure.	SILVEIRA (1990)
ACCIDENT	An event that is without apparent cause or is unexpected. Generally an unfortunate event, possibly causing physical harm or damage brought about unintentionally.	OBONI (1999)
ACIDENTE	Desastre de pequena intensidade. Evento ou seqüência de eventos fortuitos e não planejados que dão origem a uma conseqüência específica e não desejada, em termos de danos humanos, materiais e ambientais.	CASTRO (1999)
ACIDENTE	[Do lat. Accidente]. Acontecimento casual, fortuito, imprevisto. Acontecimento infeliz, casual ou não, e de que resulta ferimento, dano, estrago, prejuízo, avaria, ruína, etc.; desastre.	HOLANDA (2000)
ACIDENTE	Consideram-se como acidentes as anomalias graves cujo desenvolvimento pode ocasionar a ruína da obra	LIMA (1992)
ACIDENTE	Evento de grande porte correspondente à ruptura parcial ou total de obra e/ou a sua completa desfuncionalidade, com graves conseqüências econômicas e sociais.	VIEIRA (2000)
ALARP (As low as reasonably practicable)	A societal risk criterion in the F/N chart. It maintains the view that risk should be regarded as tolerable only if risk reduction is impracticable or if the cost is grossly disproportionate to the improvement gained.	KREUZER (2000)
AMEAÇA	"Estimativa de ocorrência e magnitude de um evento adverso ou acidente determinado, expressa em termos de: - probabilidade estatística de concretização do evento; - provável magnitude de sua manifestação.	CASTRO (1999)
AMEAÇA	[De a + lat. vulg. minacia]. Prenúncio ou indício de coisa desagradável ou temível.	HOLANDA (2000)
ANÁLISE DE RISCO	Metodologia de estudo que permite a identificação e a avaliação das ameaças de eventos ou acontecimentos adversos, de maior prevalência, e dos corpos receptores e das comunidades vulneráveis a essas ameaças, dentro de um determinado sistema receptor, cenário de desastres ou região geográfica. A metodologia permite identificar os riscos mais importantes na região ou cenário estudado.	CASTRO (1999)
ARVORE DE EVENTOS	Técnica dedutiva de análise de riscos utilizada para avaliar as possíveis conseqüências de um desastre potencial, resultante de um evento inicial tomado como referência, o qual pode ser um fenômeno natural ou ocorrência externa ao sistema, um erro humano ou uma falha do equipamento. Método que tem por objetivo antecipar e descrever, de forma sequenciada, a partir de um evento inicial, as conseqüências lógicas de um possível desastre.	CASTRO (1999)
ÁREA DE RISCO	Área onde existe a possibilidade de ocorrência de eventos adversos.	CASTRO (1999)

TABELA 1 (continuação).

TERMO	DEFINIÇÃO	FONTE
BARRAGEM	Conjunto formado pelo corpo da barragem propriamente dita, sua fundação, zona vizinha a jusante, órgãos de exploração e albufeira.	PEDRO (2000)
BARRAGEM	Estrutura construída transversalmente a um rio com a finalidade de obter a elevação do seu nível 'd água e/ou de criar um reservatório de acumulação de água ou de regulação das vazões do rio ou de outro fluido.	CBDB – NRSP (1999)
BARRAGEM DE REJEITOS	Barragem construída para reter rejeitos ou materiais estéreis de mineração ou de outros processos industriais.	CBDB – NRSP (1999)
BAYES THEOREM	A formal framework in probability analysis to combine intuitive, subjective judgment with observed data to obtain a balanced estimation.	KREUZER (2000)
BOUNDED DISTRIBUTIONS	Pdf's with finite upper and/ or lower tails.	KREUZER (2000)
CATASTROPHE OR DISASTER	A great and usually sudden disruption of the human ecology which exceeds the capacity of the community to function normally, unless disaster preparedness and mitigative measures are in place.	OBONI (1999)
CAUSA	[Do lat. Causa]. Aquilo ou aquele que faz com que uma coisa exista. Aquilo ou aquele que determina um acontecimento. Razão , motivo, origem.	HOLANDA (2000)
CHECK-LIST	Método simples e empírico, geralmente utilizado para checar uma lista ou relação de procedimentos padronizados, conferindo a presença ou ausência de um determinado recurso ou sinal correspondente a uma operação (em um painel). O mesmo que relação de checagem.	CASTRO (1999)
COEFFICIENT OF VARIATION	The ratio between the std. Deviation and the mean value of a random variable.	KREUZER (2000)
CONDITIONAL PROBABILITY	A probability given a prior event had occured.	KREUZER (2000)
CONFIABILIDADE	Propriedade de desempenho satisfatório de um dado elemento do empreendimento.	CBDB – NRSP (1999)
CONSEQUENCE	The outcome or result of a risk being realized. Impact in the downstream and upstream areas of a dam resulting from failure or incident..	KREUZER (2000)
CONSEQÜÊNCIA	[Do lat. consequentia]. Resultado, efeito. Dedução, conclusão, iliação. Importância, alcance.	HOLANDA (2000)
CONSEQÜÊNCIA DE RUPTURA	Impactos a montante e a jusante resultantes da sua ruptura ou das estruturas associadas. Uma escala de conseqüências adversas que poderiam ser causadas pela ruptura de uma barragem pode ser utilizada para classificação.	CBDB – NRSP (1999)
CONSEQÜÊNCIAS INCREMENTAIS DA RUPTURA	Perdas incrementais ou danos que a ruptura da barragem pode infringir ás áreas a montante, a jusante ou á estrutura da barragem, adicionais a quaisquer perdas que poderiam ter ocorrido para o mesmo evento natural, ou condição, caso a barragem não tivesse rompido.	CBDB – NRSP (1999)

TABELA 1 (continuação).

TERMO	DEFINIÇÃO	FONTE
COST OF CONSEQUENCES	A monetary measure of the impact of a hazard on potential receptors, obtained as a sum of various components such as direct costs, replacement costs, indirect costs (loss of business etc.), social costs, political costs, public reaction costs etc.	OBONI (1999)
CONTROLE DA SEGURANÇA	Conjunto das atividades que se destinam a conhecer as características das obras e das ações que sobre elas atuam, a acompanhar a sua evolução, a detectar oportunamente as circunstâncias conducentes a anomalias e, no caso de sua ocorrência, a intervir eficazmente de modo a corrigir a situação ou, pelo menos a evitar as conseqüências de maior gravidade.	LIMA (1992)
CORRIGIR	[Do lat. corrigere]. Arranjar, arrumar, ordenar, endireitar, compor, concertar. Eliminar, suprimir (erro, defeito, deficiência etc.)	HOLANDA (2000)
CRISIS	A decisive moment, particularly in times of danger or difficulty.	OBONI (1999)
CRISIS MANAGEMENT (CM)	A set of techniques that manages the public relations and media relations implications of crisis situations that have the potential to damage or destroy the image and/or function of an organization. Crisis management is also an organizational discipline involving logistics experts, security managers and technical communications experts.	OBONI (1999)
CRISIS MANAGEMENT PLAN	A CM Plan is the compass in the middle of the fog, i.e. a crisis. A CM Plan encompasses several components.	OBONI (1999)
DANO	- "Medida que define a intensidade ou a severidade da lesão resultante de um evento adverso ou acidente". - "Perda humana, material ou ambiental, física ou funcional, que pode resultar, caso seja perdido o controle sobre o risco". - "Intensidade das perdas humanas, materiais e ambientais, induzidas às pessoas, comunidades, instituições, instalações e aos ecossistemas, como conseqüência de um evento adverso."	CASTRO (1999)
DEDUCTIVE	A conclusion that follows a proposed solution , e. g. problem solving by traditional mathematical models.	KREUZER (2000)
DESASTRE	Resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem, sobre um ecossistema vulnerável, causando danos humanos, materiais e ambientais e conseqüentes prejuízos econômicos e sociais.	CASTRO (1999)
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL	permanente processo de aperfeiçoamento e ampliação dos patrimônios econômico, social e ambiental de um país ou região, conduzido de forma harmônica e equanimente distribuído no espaço e no tempo.	VIEIRA (1994)
DETERMINISTIC APPROACH	Leading to reasonably clear-cut solutions based on descriptive rules, without considering uncertainties in the analytical process. A typical result of a deterministic safety approach is the factor of safety	KREUZER (2000)
DETERIORAÇÃO	Deterioração consiste em qualquer comportamento falho, do ponto de vista da segurança e desempenho, durante a construção ou operação, incluindo casos de ruptura.	ICOLD (1983)

TABELA 1 (continuação).

TERMO	DEFINIÇÃO	FONTE
DETERIORATION	Faulty behavior and exceptional occurrences which cause either incidents or accidents, are regarded as deterioration.	SILVEIRA (1990)
EFFECTIVE RISK	Effective risk is defined as the product of potential risk and the probability of occurrence of an accident related to this risk.	SILVEIRA (1990)
EMERGÊNCIA	Em Termos de operação de barragens, qualquer condição que coloque em risco, a integridade da barragem e de vidas ou propriedades a jusante, e que requeira uma intervenção imediata.	CBDB – NRSP (1999)
EMERGENCY ACTION PLAN	"É um plano formalmente escrito que identifica os procedimentos e processos que serão seguidos pelos operadores da barragem na eventualidade de uma situação de emergência".	CBDB – NRSP (1999)
EPISTEMIC UNCERTAINTLY	Uncertainty inherent in lacking knowledge, e.g. in the simplifying assumptions of mathematical models.	KREUZER (2000)
ESTRUTURAS ASSOCIADAS	Estruturas e equipamentos locais, que não façam parte da barragem propriamente dita. Incluem, estruturas tais como torres de tomada d'água, estruturas da casa de força, túneis, canais, condutos forçados, descargas de fundo, bacias de amortecimento, poços, galerias, mecanismos de amortecimento de comportas.	CBDB – NRSP (1999)
EVENT TREE ANALYSIS	A technique which describes the possible range and sequence of outcomes which may arise from an initialing event.	KREUZER (2000)
EVENTO EXTREMO	Um evento que possui uma probabilidade de excepcionalidade anual muito pequena.	CBDB – NRSP (1999)
EVENTO ADVERSO	"Em análise de risco, é a ocorrência que pode ser externa ao sistema, quando envolve fenômenos da natureza, ou interna, quando envolve erro humano ou falha do equipamento, e que causa distúrbio ao sistema considerado". "Ocorrência desfavorável, prejudicial ou imprópria". "Fenômeno causador de um desastre".	CASTRO (1999)
EXTREME VALUE STATISTICS	Statistical inference for estimating the min/max of data sets with extreme value distributions.	KREUZER (2000)
FATALITY RATE	Distinguish between total population downstream and the population that would likely be in a life-theratening situation given the extent of prefailure flooding, warning time available, evacuation opportunities, and other factors that might affect warning time available, evacuation opportunities, and other factors that might affect the occupancy of the incrementally inundated area at the time the failure occurs.	FOSTER (1997)
FATO	[Do lat. factu]. Coisa ou ação feita; caso, acontecimento, feito. Aquilo que realmente existe, que é real.	HOLANDA (2000)

TABELA 1 (continuação).

TERMO	DEFINIÇÃO	FONTE
FAULT TREE ANALYSIS	A graphic display of a system (scenario) providing a way to follow the logic flow as it relates to the occurrence of system failure. A fault tree commences with the failure event.	KREUZER (2000)
FREQUENCY	Frequency or relative frequency a proportion measuring how often or how frequently something occurs in a sequence of observations.	OBONI (1999)
FUZZY SET	A theory developed to deal with imprecision or vagueness in set boundaries to improve the decision making process of human judgement.	KREUZER (2000)
GRANDE BARRAGEM	É toda àquela que obedece pelo menos um dos seguintes critérios: - Altura máxima do maciço sobre fundações superior a 15m. - Altura máxima do maciço sobre fundações superior a 10m e mais: - comprimento da crista superior a 500m; ou - volume de reservação superior a 10^6 m^3; ou - máximo volume de descarga pelos vertedores superior a 2000m^3/s; ou - dificuldades especiais nas fundações ; ou ainda - emprego de técnica ou material de construção não convencional.	ICOLD (apud Gehring, 1987)
GRANDE BARRAGEM	Todas as barragens de altura superior a 15m, medida desde a parte mais baixa da superfície geral das fundações até o coroamento. As barragens de altura inferior a 15m cuja albufeira tenha uma capacidade superior a 100.000m^3.	LEGISLAÇÃO POTUGUESA (2000)
GROSS ERROR	Inconceivable errors that are beyond probabilistic treatment and beyond the imagination before they actually occur.	KREUZER (2000)
HAZARD	Definitions of hazard include: a) A source of danger. [Webster's, 19811] or A thing, condition, situation, characteristic etc. with the potential to cause: b) barm. [Allen, F.R., 1992, HSE, 1988, 1981] c) undesirable consequences. [CSA, 1991, MIACC, 1993] d) adverse effects. [MIACC, 1993] e) a loss. [Muhlbauer, W.K., 1992] f) an accident. [CCPS, 1985] g) damage to people, property or the environment. [CCPS, 1989, Alien, 1992]	BERCHA (1994)
HAZARD	A condition with the potential to cause undesirable consequences. The term hazard is often used to mean source of a given magnitude (for example, m3 of sliding mass).	OBONI (1999)
HAZARD	That which has the potential for creating adverse consequences.	KREUZER (2000)

TABELA 1 (continuação).

TERMO	DEFINIÇÃO	FONTE
HAZARD IDENTIFICATION	Recognition that a hazard exists. Definition of it's characteristics. Evaluation of the hazard scenario.	BERCHA (1994)
HAZARD IDENTIFICATION	Identifies the hazards and potential damages. Hazard identification answers the question, What can go wrong?	OBONI (1999)
HAZARD MANAGEMENT (HM)	The set of techniques used to define hazards and to rate them in terms of likelihood or magnitude.	OBONI (1999)
HAZARD SCENARIO	The sequence of events that converts a hazard into undesirable consequences.	BERCHA (1994)
HAZARD ZONES	The area where undesirable consequences can occur due to receptor exposure.	BERCHA (1994)
HIPÓTESE	[Do gr. hypóthesis, pelo lat. hypothese]. Suposição, conjectura. Acontecimento incerto; eventualidade, caso.	HOLANDA (2000)
INCERTEZA	[De in + certeza]. Falta de certeza; hesitação; indecisão, perplexidade, dúvida.	HOLANDA (2000)
INCIDENT	Dam incidents are defined as events which are of engineering interest due to insights they provide on the operational and structural performance of dams and public safety. This definition includes cases involving failure, as well as a broader scope of events.	NPDP (2000)
INCIDENT	An Incident is defined as any faulty behavior which can affect, in either the short or long term, the operation of the dam, and which requires some kind of maintenance work.	SILVEIRA (1990)
INCIDENT	An event or occurrence that attracts general attention or that is otherwise noteworthy in some way.	OBONI (1999)
INCIDENTE	[Do lat. incidente, part. pres. de incidere]. Circunstância acidental, episódio, aventura, peripércia.	HOLANDA (2000)
INCIDENTE	Por incidentes designam-se as anomalias que, embora comprometendo a funcionalidade da obra, não levam à sua ruína.	LIMA (1992)
INCIDENTE	Evento físico indesejável, de pequeno porte, que prejudica a funcionalidade e/ ou a inteireza da obra, podendo vir a gerar eventuais acidentes, se não corrigido a tempo.	VIEIRA (2000)
INDEX-BASED RA	Estimation of numerical values for weighting risk parameters to be incorporated into a comparative decision making process, e. g. estimating indices for the condition of the dam, for hydrologic.	KREUZER (2000)
INDUCTIVE	Reasoning from the part to the whole, e. g. gain of a hypothesis from the observation of an event by proof or disproof.	KREUZER (2000)
INSPEÇÃO	Inspeção da barragem, diques e estruturas associadas, e suas fundações com finalidade de se observar as suas condições e desempenho.	CBDB – NRSP (1999)
INSPEÇÃO DE SEGURANÇA	Atividade que busca identificar condições de planta ou de procedimentos de operações que podem causar acidentes. Identifica situações de maior risco e confirma se os processos de operação e de manutenção são os propostos nos projetos e normas padrão.	CASTRO (1999)

TABELA 1 (continuação).

TERMO	DEFINIÇÃO	FONTE
INSPEÇÕES ROTINEIRAS OU INFORMAIS	Estas inspeções são realizadas por equipes aptas para avaliação da segurança de barragens. A freqüência deve ser semanal ou mensal, definida de acordo com o planejamento dos itens a serem inspecionados e podendo ser reduzida em função de restrições sazonais. Este tipo de inspeção não gera relatório, apenas é informativo aos responsáveis sobre eventuais detectadas.	FERREIRA (1999)
INSPEÇÕES PERIÓDICAS	É executada por equipe técnica do proprietário ou por empresa contratada. A freqüência deve ser semestral ou anual. É necessário um estudo prévio do projeto, registros existentes e histórico de intervenções.	FERREIRA (1999)
INSPEÇÕES FORMAIS	Deve ser executada por equipe multidisciplinar, não pertencente aos quadros da empresa; na forma de auditoria externa, das áreas de hidráulica, geotecnia, geologia, estruturas, tecnologia do concreto, elétrica e mecânica. A freqüência deve ser de cinco a dez anos dependendo do potencial de risco.	FERREIRA (1999)
INVOLUNTARY RISKS	Which are beyond the control of the affected population, are those due to natural events or due to the actions of others. Examples include hurricanes, lightning, and nuclear accidents.	FOSTER (1997)
IRREVERSIBLE LOSSES	Include loss of life and environmental damage which cannot be mitigated. Irreversible losses cannot be based solely on economic considerations.	FOSTER (1997)
ISSUE MANAGEMENT (IM)	A relatively new discipline that identifies and manages issues related to an organization. The tools are research (issue identification phase) and a variety of techniques designed to develop effective communication channels between the organization and its stakeholders. Issue management manages issues that are potentially detrimental to an organizations reputation or operations in such a way that the issues do not lead to crises	OBONI (1999)
MEDIA TRAINING	The media are an important stakeholder in a crisis and are often a key link to the public and other stakeholders. The development of key messages that reflect the knowledge that is acquired in the RM process and other important factors in a crisis (for example, compassion) is an important step in media training.	OBONI (1999)
MITIGAR	[Do lat. mitigare]. Abrandar, amansar. Suavisar, aliviar. Diminuir, atenuar.	HOLANDA (2000)
MITIGATION	Measures and activities implemented with the goal of reducing or eliminating the impact of the events (cost of consequences) or reducing the hazard (probability of occurrence).	OBONI (1999)
MONTE CARLO SIMULATION	A procedure that seeks to simulate stochastic processes by random selection of values in proportion to know probability density functions.	KREUZER (2000)
ÓRGÃOS DE DESCARGA	Combinação de estruturas de tomada d'água, condutos, túneis, dispositivos de controle de fluxo e dissipação de energia, que permitem a liberação da água do reservatório de uma barragem.	CBDB – NRSP (1999)
PERIGO POTENCIAL	Ameaça ou condição em potencial que pode resultar de uma causa externa (p. ex. cheias), com possibilidade de criar conseqüências adversas.	CBDB – NRSP (1999)

TABELA 1 (continuação).

TERMO	DEFINIÇÃO	FONTE
PHYSICAL UNCERTAINTY	Uncertainty inherent in the limited understanding of the physical nature of a phenomenon or variable, e. g. of a phenomenon or variable, e. g. of a heterogeneous rock mass.	KREUZER (2000)
PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL (PAE)	Documento que contém os procedimentos para atuação em situações de emergência, bem como os meios de comunicação e os mapas de inundação que mostram os níveis d'água de montante e jusante e os tempos de chegada das ondas de cheia, que poderiam resultar da ruptura da barragem ou de suas estruturas associadas.	CBDB – NRSP (1999)
POPULATION AT RISK (PAR)	All those persons who would be directly exposed to floodwaters within the dam break affected zone if they took no action to evacuate.	KREUZER (2000)
PORTFOLIO RISK ANALYSIS	Assessment of risk for a group of dams within a defined responsibility.	KREUZER (2000)
POTENTIAL RISK	"Potential risk is defined as being the consequences of an accident (independent from the probability of its occurrence), the consequences being evaluated from the loss of lives and property ".	SILVEIRA (1990)
PREJUÍZO	"Medida de perda relacionada com o valor econômico, social e patrimonial, de um determinado bem, em circunstâncias de desastres".	CASTRO (1999)
PREPAREDNESS	Activities that take place before a catastrophe and which are geared towards ensuring that disaster managers have tools at hand to cope with crisis events when they occur.	OBONI (1999)
PREVENIR	[Do lat. praevenire, 'vir antes']. Dispor com antecipação; preparar. Dispor de maneira que evite (dano, mal), evitar. Avisar, informar com antecedência. Acaulelar-se, defender-se.	HOLANDA (2000)
PROBABILITY DENSITY FUNCTION (PDF)	Shows the values of intensity of probability of a continuous random variable. The pdf itself is not, the surface below the pdf is a probability.	KREUZER (2000)
PROBABILIDADE DE EXCEPCIONALIDADE ANUAL (PEA)	Probabilidade de que um evento de magnitude especifica seja igualado ou superado em qualquer ano.	CBDB – NRSP (1999)
PROBLEM	A doubtful or difficult matter requiring a solution; sudden deviation from an expected performance or the existence of a permanent deviation from an expected performance.	OBONI (1999)
PROBABILITIES	The set of mathematical rules used to evaluate the stochastic (uncertain, possible) character of an occurrence by evaluating the number of chances of the occurrence of the phenomenon over a total number of possible occurrences. In De Natura Deorum, Cicero wrote that probabilities direct the conduct of the wise man. Evaluating chances, studying their consequences and opting for various courses of conduct are indeed the basic steps of modern Risk Management and risk-based decision making. As such, statistics are a descriptive discipline whereas probabilities are an evaluative discipline. If the flu example given above is addressed in terms of probabilities, for example, it may be seen that probabilities can be used to evaluate the chances that an ill person will still be on leave in two days time.	OBONI (1999)

TABELA 1 (continuação).

TERMO	DEFINIÇÃO	FONTE
PROBABILITY	A measure of the likelihood of an event, expressed with numerical values ranging from 0 to 1, where 0 represents impossibility and 1 certainty. Probability is often interpreted as a subjective degree of belief (opinion, subjective interpretation).	OBONI (1999)
PUBLIC RELATIONS	A management function that helps to define organizational objectives and philosophies, and facilitates organizational change. Public relations practitioners communicate with all relevant internal and external publics in an effort to create consistency between organizational goals and societal expectations.	OBONI (1999)
RISK ASSESSMENT	The term refers to the technique of assessing the frequency of an unwanted event and its measurable consequences in terms such as number of fatalities or cost of damage.	PENMAN (2000)
RISK ASSESSMENT	Technique of assessing the probability of an unwanted event and its measurable consequences in terms of loss of life and socio-economic damage.	KREUZER (2000)
RELIABILITY ANALYSIS	Analytical process where loads and resistance are modeled as random variables in order to consider uncertainty in the outcome. The classical result is a reliability index.	KREUZER (2000)
REVERSIBLE LOSSES	Reversible losses are basically economic, such as property damage. Dam safety decisions involving reversible losses can be assessed based upon economic risk analyses.	FOSTER (2000)
RISCO	"Medida de danos e prejuízos potenciais, expressa em termos de: - probabilidade estatística de ocorrência; - intensidade ou grandeza das conseqüências possíveis. Relação existente entre: - a probabilidade estatística de concretização do evento; - provável magnitude de sua manifestação.	CASTRO (1999)
RISCO	Probabilidade e severidade de um efeito adverso para a saúde, para a propriedade ou para o meio ambiente. O risco é estimado por expectativas matemáticas das conseqüências de um efeito adverso.	CBDB – NRSP (1999)
RISCO	[Do b.-lat. risicu, poss. do lat. resecare]. Perigo ou possibilidade de perigo. Situação em que há probabilidades mais ou menos previsíveis de perda ou ganho.	HOLANDA (2000)
RISCO ACEITÁVEL	Risco tão pequeno, cujas conseqüências são tão limitadas e que são associadas a benefícios tão significativos, que os grupos sociais bem informados se predispõe a aceita-los	CASTRO (1999)
RISCO EFETIVO	O produto do risco produto do risco potencial pela probabilidade da sua ocorrência	PEDRO (2000)
RISCO POTENCIAL	É a quantificação das conseqüências de um acidente ou incidente, independentemente da probabilidade de ocorrência da anomalia. Ponderado por essa probabilidade, o risco passa de potencial para efetivo.	CASTRO (1999)

TABELA 1 (continuação).

TERMO	DEFINIÇÃO	FONTE
RISCO POTENCIAL	Associado a uma deterioração o custo das conseqüências dessa deterioração	PEDRO (2000)
RISK	Risk is a common word, however it is used to convey a wide range of concepts such as harm, disaster, fear, peril, probability, danger, hazard, damage, and loss, among others, all pertaining to some undesirable consequence occurring. More formal definitions used to describe risk for analytical purposes separate the concept of hazard from that of risk. Risk on the other hand is usually described in terms of hazard consequences and their likelihood of occurring. Definitions of risk include: - The chance of loss. [Webster's, 1981] - The likelihood of converting a hazard into an actual delivery of loss, injury, or damage. [Kaplan, S. et al, 1981] - A measure of the probability and severity of adverse effect to health, property, or the environment. [CSA, 1991, MIACC, 1993] - The likelihood of specified undesired events occurring within a specified period or in specified circumstances arising from the realization of a specified hazard...measured as a frequency or probability. [Allen, F.R., 1992, HSE, 1989] - The probability of an event that causes a loss and the magnitude of that loss. [Mahibauer, W.K., 1992] - A measure of economic loss or human injury in terms of both the incident likelihood and the magnitude of the loss or, injury. [CCPS, 1989] - A measure of both the probability and the consequences of all hazards of an activity or conditions. [ASSE, 1988]"	BERCHA (1994)
RISK	Mensuração da probabilidade e da severidade de um efeito adverso para a saúde, para a propriedade ou para o meio ambiente. O risco é estimado por expectativas matemáticas das conseqüências de um evento adverso que possa ocorrer, (isto é, o produto da probabilidade da ocorrência e suas conseqüências).	CDSA (1995)
RISK	We could express the relationship between hazard and risk in the following: RISK = HAZARD / SAFEGUARDS or RISK = DAMAGE x UNCERTAINTY	KAPLAN (1992)
RISK	Measure of the probability and severity of an adverse effect to life, health, property, or the environment. Risk is estimated by the mathematical expectation of the consequences of the adverse event occurring (i.e. the product of the probability of occurrence and the consequences) or, alternatively, by the triplet of scenario, probability of occurence and the consequences.	KREUZER (2000)
RISK	Risk is sometimes narrowly defined as the probability of a specified unwanted event or hazard occurring within a given period, but it can more generally be considered as a function of the probability of occurrence and the magnitude of the consequences.	PENMAN (2000)
RISK	The product (multiplication) of the probability of occurrence of a hazard by the cost of the undesirable consequences resulting from the occurrence of the hazard. In some cases, the product is not expressed, and probability of occurrence p and cost of consequences C may be plotted as points on a p-C graph .	OBONI (1999)

TABELA 1 (continuação).

TERMO	DEFINIÇÃO	FONTE
RISK (product notion)	(probability of a hazardous condition/load) x (probability of dam response given the haz. cond.) x (consequences given the response)	KREUZER (2000)
RISK ACCEPTABILITY	Risk may be considered acceptable only if it is insignificant (or possibly unknown).	BERCHA (1994)
RISK ANALYSIS	The process of estimating risk from pipeline system hazards.	BERCHA (1994)
RISK ASSESSMENT	The process of risk analysis and evaluation	BERCHA (1994)
RISK COMMUNICATION	Part of the RM/CM process and, in a way, risk mitigation at the non-technical level. Stakeholder analysis has to be performed to prepare a risk communication campaign (the public does not care about facts from the technical RM process but about values and emotions).	OBONI (1999)
RISK CONTROL	The process of decision-making for managing risk. The implementation, enforcement, and re-evaluation of its effectiveness based on risk assessment results among other inputs.	BERCHA (1994)
RISK CONTROL	The process of deciding on measures to control risk and monitor the results of implementation. Decision theory can be used as a tool here. Risk control can answer the question, What can be done to reduce the risk?	OBONI (1999)
RISK ESTIMATION	May be based on historical data, logical models (fault and event trees), or mathematical models. Probabilities can be assigned subjectively or objectively if an historical database is available. Risk estimation helps answer the questions, What is the likelihood of the hazard, what will happen, and what areas will be affected?	OBONI (1999)
RISK EVALUATION	The process of determining acceptable risk. There are upper and lower limits (or thresholds) to risk that need to be defined before risk control can take place. These thresholds are often influenced by society's level of accepted risk.	OBONI (1999)
RISK EVALUATION	The process of evaluating estimated risks in order to identify management alternatives.	BERCHA (1994)
RISK MANAGEMENT	The complete process of risk assessment and control.	BERCHA (1994)
RISK MANAGEMENT	A comprehensive dynamic strategy for the evaluation, treatment and administration of risks which threaten the well-being (of life, of the environment and) of business.	WATSON et al., apud KREUZER (2000)
RISK MANAGEMENT	The complete process of risk assessment and risk control, i.e. the result of a rational approach to risk analysis and evaluation, and the periodic monitoring of its effectiveness using the results of RA as one input.	OBONI (1999)
RISK MITIGATION	The process of eliminating or reducing the probability and/ or the consequences defining a risk.	BERCHA (1994)

TABELA 1 (continuação).

TERMO	DEFINIÇÃO	FONTE
RUPTURA DE BARRAGEM	Em termos de integridade estrutural, uma liberação incontrolável do conteúdo de um reservatório ocasionado pelo colapso da barragem de uma barragem ou alguma parte dela. Em termos de desempenho, é a incapacidade de uma barragem em desempenhar suas funções.	CBDB – NRSP (1999)
SAFETY	Within the International Commission on Large Dams (ICOLD), safety is defined the ability of the structure, the reservoir and the zone downstream of the dam to fulfill behavioral requirements during the expected life of the dam, as far as environmental, structural, hydraulic and operational aspects are concerned a safety control measure is applied to each one of these aspects.	SILVEIRA (1990)
SAFETY DAM	Barragem que não impõe um risco inaceitável à população ou à propriedade, e que reúne critérios de segurança que são aceitáveis para o governo, para os profissionais de engenharia e para a população.	CDSA (1995)
SEGURANÇA	Estado de confiança individual e coletivo, baseado no conhecimento e no emprego de normas e de procedimentos de proteção e na convicção de que os riscos de desastres foram reduzidos a limites aceitáveis, em virtude de terem sido adotadas medidas minimizadoras adequadas.	CASTRO (1999)
SEGURANÇA	Entende-se por segurança de uma obra a sua capacidade de satisfazer as exigências de comportamento que se lhe devem impor com a finalidade expressa de evitar a ocorrência de anomalias (acidentes e incidentes).	LIMA (1992)
SEGURANÇA	Segurança ambiental + segurança estrutural + segurança operacional + segurança social e econômica + segurança financeira.	MEDEIROS (1999)
SEGURANÇA	É entendida no regulamento num contexto geral, envolvendo a segurança e a funcionalidade.	PEDRO (2000)
SEGURANÇA AMBIENTAL	Capaz de introduzir modificações no ambiente dentro de limites de tolerância aceitáveis e preconizadas em legislações ambientais específicas.	MEDEIROS (1999)
SEGURANÇA AMBIENTAL	Não prejudicar o meio ambiente ou, através deste, a segurança de terceiros e, por outro lado, não ser afetada prejudicialmente por alterações do meio provocadas por atividade humana.	FUSARO (1999)
SEGURANÇA ESTRUTURAL	Suportar todos os esforços a elas aplicados durante a vida útil prevista.	FUSARO (1999)
SEGURANÇA ESTRUTURAL	Capaz de suportar as diversas solicitações previstas em projeto, sem oferecer risco de inquietação ou temor da comunidade;	MEDEIROS (1999)
SEGURANÇA FINANCEIRA	Capaz de garantir o retorno do investimento sob forma de desenvolvimento.	MEDEIROS (1999)
SEGURANÇA FUNCIONAL/ OPERACIONAL	Cumprir todas as suas funções e finalidades, acordo com o desejo daqueles que a utilizam.	FUSARO (1999)

TABELA 1 (continuação).

TERMO	DEFINIÇÃO	FONTE
SEGURANÇA HIDROLÓGICA	Permitir a passagem da cheia de projeto, sem que fique afetada sua estabilidade estrutural, levando em conta o efeito do amortecimento de cheias.	FUSARO (1999)
SEGURANÇA OPERACIONAL	Capaz de cumprir as diversas funções previstas em projeto.	MEDEIROS (1999)
SEGURANÇA SOCIAL E ECONÔMICA	Capaz de atender aos anseios e expectativas da população e propiciar o seu desenvolvimento de forma sustentável.	MEDEIROS (1999)
SOCIALLY ACCEPTABLE RISK	The socially acceptable level of risk in terms of events that impact on society at a community, regional or national level.	KREUZER (2000)
STATISTICS	The set of mathematical interpretative techniques to be applied to phenomena that can not be studied deterministically because of the number and complexity of their parameters. An example of such a phenomenon would be the duration of a flu-related sick-leave. There are dozens of driving parameters, including physical and mental fitness of the sick person, the environment and so on. There is certainly no deterministic magic formula to determine the duration of the required leave. As a result, it is possible to say only that a flu-related sick leave lasts from three to tem days, with an average of five and a standard deviation of one.	OBONI (1999)
STATISTICAL UNCERTAINTY	Uncertainty within the sample – to – sample variation of experimental observations and testing.	KREUZER (2000)
TORELABLE RISK	The maximum risk that society can live with	ICOLD (2000)
VÍTIMA	Pessoa que sofreu qualquer espécie de dano físico, psíquico, econômico ou social, em conseqüência de violência ou desastre.	CASTRO (1999)
VOLUNTARY RISKS	Are those due to events under personal control of the persons at risk, such as air travel, auto travel, and the use of machinery or firearms.	FOSTER (1997)
VULNERABILIDADE	"Condição intrínseca ao corpo ou sistema receptor que, em interação com a magnitude do evento ou acidente, define os efeitos adversos, medidos em termos de intensidade dos danos previstos". "Relação existente entre a intensidade do dano (ID) e a magnitude da ameaça (MA), caso ela se concretize como evento adverso".	CASTRO (1999)

2001 - Artigo apresentado no XXIV Seminário Nacional de Grandes Barragens, Fortaleza – CE.

ACIDENTES E INCIDENTES EM BARRAGENS NO ESTADO DO CEARÁ

Rogério de Abreu Menescal [1]
Sandra Keila Freitas de Oliveira [2]
Alexandre de Souza Fontenelle [3]
Vicente de Paulo Pereira Barbosa Vieira [4]

RESUMO

Este trabalho apresenta o resultado preliminar de um levantamento de acidentes e incidentes ocorridos no Estado do Ceará. Inicialmente são apresentadas generalidades e uma perspectiva histórica sobre açudes no Ceará onde chega-se a uma estimativa da existência de 30.000 açudes somente neste Estado. Posteriormente os resultados obtidos são analisados constatando-se principalmente a ocorrência de galgamentos, surgências, trincas, "piping", deslizamentos de taludes e erosão abrangendo o período de 1917 e 2001. Considerando um risco de ruptura médio de 10^{-4} para os 30.000 açudes estimados, pode-se esperar um número médio de três rupturas por ano. Os maiores problemas observados advêm dos pequenos barramentos que, num "efeito dominó", podem vir a comprometer obras maiores e até causar mortes e grandes prejuízos econômicos.

1 – GENERALIDADES SOBRE AÇUDES NO ESTADO DO CEARÁ

"Quando fora em 77, a velha Adriana chegara, moça feita, com o seu povo morrendo de fome, no Santa Fé, e D. Amélia já era casada, e era aquilo mesmo. Lembrava-se bem dos primeiros dias de sua chegada, com a lembrança ainda lhe doendo do Sertão na pior seca do mundo. O canário cantava na

[1] COGERH - Diretor de Operações e Monitoramento
[2] COGERH - Pesquisadora do DESOH
[3] COGERH - Gerente do DESOH
[4] UFC – Professor Titular

*biqueira, na mansa manhã de sol enublado. Um bando de rolinhas corricavam por cima da grama. O bode espichado por debaixo da pitombeira, quieto. Tudo quieto, tudo na paz, menos o coração do mestre José Amaro que batia com arrancos de açude arrombado. Quando a mulher apareceu com um copo d'água e lhe disse: ..." (*Rego, 1976)

A tradição na construção de açudes no Brasil vem desde a cultura indígena, conforme pode ser detectado pela existência de uma expressão em tupi-guarani, *parnambué*, que segundo Bueno (1998) significa: 1) represa, açude, tanque, 2) de *paranã*, paraná, rio; *mboé*, feito artificialmente. Segundo Holanda (2000) a palavra açude vem do árabe, *as-sudda*, que significa: 1) construção destinada a represar águas, em geral para fins de irrigação, 2) vazante onde o sertanejo faz a sua cultura, à medida que baixa o nível da água, 3) lago formado por represamento. Desta forma o termo açude pode ser utilizado para designar tanto a barragem quanto o lago formado por esta.

Molle (1991) apresenta uma revisão histórica sobre aspectos técnicos e sua evolução na construção de açudes no Nordeste. Entre diversas referências, cita uma em que o autor se deparou em 1836 com um açude construído há mais de 50 anos e que apresenta excelente estado de conservação, que - apesar dessa exceção - obras desta natureza eram geralmente mal executadas'. Destaca também Molle que não existiam, no século passado, técnicas de construção de barragens de terra, prevalecendo no mundo inteiro um inevitável empirismo.

A seguir são transcritos alguns trechos de Molle (1991) que descrevem a História da açudagem no semi-árido e que julgamos importante apresentar nesse trabalho.

Embora a maioria das obras estivesse construída de barro, há menção de pequenos açudes de pedra já no meio do século passado. Em 1860, o francês Francis Belmar fala de um dique de pedra e cal de 40 pés de altura e 500 pés de comprimento em construção no Ceará. Refere-se Antônio Bezerra, nas suas Notas de Viagem em 1884, à Região do Acaraú e de Ibiapaba, onde "encontram-se alguns pequenos açudes de pedra e cal, que fornecem água suficiente à plantação de cana". Menciona também, este autor, um açude cuja "parede construída de pedra e cal ali está para atestar a perícia com que sabiam os nossos maiores tirar proveito de sua larga experiência".

Entretanto, sabemos que o modo de construção mais difundido no Nordeste, relativo a barragem de terra, era bastante original (talvez único); assim o descreve Oswaldo Lamartine de Faria:

"A terra era conduzida no arrastão - o couro de uma rês graúda atrelado e arrastado com o lado do cabelo para cima e do carnal para o chão. Uma junta de bois mansos puxava o couro ajoujado ao cambão com relhos de couro cru. Para cada junta de bois, dois couros; enquanto um estava sendo enchido, o outro era arrastado para o local de despejo na parede. Duas juntas, três couros, era a regra. E para cada couro, um enchedor que trabalhava com a pá nas escavações de empréstimo de terra. Quando usavam duas boiadas (ou juntas), dois enchedores alimentavam o enchimento do arrastão (...) No coice do arrastão, um tangedor com uma vara de ferrão, tangia e falava aos bois. No fim de cada viagem que terminava no lugar da parede, esvaziava o couro, revirando-o. E assim faziam, fazendo a boiada voltar por cima do rastio. O chão se alisa pelo arrastar do vai-e-vem dos couros".

A parede era de terra, muitas vezes tirada do lado interno do açude, formando uma excavação - porão ou caixão - algumas vezes a parede era de pedra e cal.

O serviço era forçosamente demorado, acarretando despesas para o sustento dos bois e material (couros, arreios, ferragens ...).

'Não sendo possível terminá-lo em uma só estação, é necessário que fiquem em tal ponto, que as águas da estação invernosa não danifiquem as obras, que serão continuadas depois delas. Consegue-se isso fazendo primeiro as ombreiras, deixando livre o curso do riacho que será tomando opportunamente, ou deixando um sangradouro provisório.'

Muito empregado no sertão Norte, o couro de arraste pode ter sido mais específico dessa região e em particular do Rio Grande do Norte. Sobre isso não conseguimos informação.

"Alguns têm empregado carros apropriados, puxados a bois, para o serviço de remoção de terra; outros fazem arrastões de madeira. Já são empregados, raramente, carros de ferro sobre trilhos portáteis. os primeiros de, que temos notícia empregados neste Estado, em trabalhos de açudes, foram introduzidos, em 1898, pelo inteligente e laborioso proprietário Coronel Luiz Florêncio, no município de Triumpho (RN) e usados também no município de Caicó pelo Coronel Gorgônio Nóbrega ".

Esses recursos, sem dúvida, ficaram limitados a poucos açudes de maior porte. No princípio deste século, o couro de arraste caiu em desuso.

"Do prosear com os mais velhos de como era, de como se fazia e de como ou adonde começou, disseram eles - se o juizo não me engana - haver o

jumento tomado o lugar do arrastão quando principiaram as obras da Inspetoria[5] [1909]. A partir daí, pouco mais ou menos é que a cangalha do jegue fez as vezes da canga do arrastão".

"No princípio, usavam uma parelha de caixotes que era coculada no enchimento e esvaziada no despejo. Com o tempo, um mais astucioso imaginou ou copiou a caçamba de fundo falso, fazendo o despejo mais ligeiro e poupando muito muque e canseira".

"Essa técnica medrou pelo sertão a tal ponto que, em 1934 na construção do açude ltans, vizinho à cidade de Caicó, contava-se nada menos do que 2.000 jumentos a transportar terra".

Foi nessa época (1932/33) que se introduziu nova e moderna maquinaria para construção de estradas e açudes públicos; tratores de esteira, "bulldozers", e os rolos modernos, "sheep –foot" (pé de carneiro) rebocados a tratores, cada um dos quais substitui 400 operários, reduzindo à terça parte o custo do apiloamento.

Embora pareça constituir uma prática obviamente necessária, a compactação bem conduzida de terra do maciço, que se obtém molhando-se ligeiramente a terra, é coisa recente. Não encontramos notícia dessa preocupação no século passado. Apenas pode-se notar que o uso do couro de arraste e de uma junta de boi, pela passagem repetida dos animais e do couro, trazia, de fato, uma certa compactação. As primeiras memórias de projeto da IOCS mencionam, no entanto, o apiloamento e o acréscimo de 30% a ser previsto no que diz respeito aos volumes escavados.

Com relação à fundação (ou alicerce do açude), 'no sertão velho, nos açudes erguidos com arrastão de carro de boi, o uso era apenas raspar o espelho da terra onde ia se acamar a parede. Daí, a maior revência e a pouca duração da água de quase todos eles'.

Em 1907, refere-se F. Saturnino Rodrigues de Brito à necessidade de construção imitando o systema inglês para execução de barragens de terra, bastando abrir axialmente uma vala para receber o núcleo de material socado e apropriado a impedir as infiltrações pela base, este impedimento teria apenas por fim evitar que a água se escapasse por filetes prejudiciais, e não a humidade proveitosa às preciosas vazantes de açude. Esse depoimento tende a mostrar que a experiência inglesa teve influência anterior, no que tange à técnica, à dos americanos.

É interessante observar, nas primeiras plantas de projeto da IOCS (1907), a presença de um núcleo impermeável com alicerce e, até duas trincheiras

[1] IOCS – Inspetoria de Obras Contra as Secas. Transformada posteriormente em IFOCS e DNOCS.

suplementares de menor profundidade. As memórias de açudes de terra homogênea mostram uma trincheira de fundação com a largura igual à da base do açude. As plantas de 1934, já apresentam perfis com detalhes técnicos importantes: cortina impermeável, filtro, maciço drenante, proteção de talude e fundação central de menor largura.

Devemos lembrar que a seca de 1877 'não encontrou açude que tivesse sido feito por mão de engenheiro' e que somente no início deste século começou-se a aplicar algumas normas técnicas. Aliás, vimos que os açudes feitos por particulares entre 1877 e 1915, muitas vezes apresentavam qualidade superior à das obras do governo. Alguns técnicos ilustraram-se por alvitres descabidos e até ridículos que evidenciavam a defasagem entre a 'ciência das capitais e a realidade nordestina. Phelippe Guerra disso dá, não sem humor, um exemplo admirável, citando o caso de um 'ilustre engenheiro que indo a Londres onde observou e estudou systemas de açudes, voltou fazendo propaganda, pela imprensa official do Estado, aconselhando, como medida salvadora para impedir estragos de formigas e tatus nas paredes dos açudes de terra, revestilas de chapas de aço.

As deficiências técnicas (na construção e no dimensionamento da represa bem como do sangradouro) foram e são a causa de muitos arrombamentos, o que significa grande desperdício de capital. Já foi assinalado o grande número de açudes encontrados arrombados, por um levantamento de 1906, bem como a hecatombe observada no fim do Império. R. Crandall comenta suas próprias observações: 'Em todo o sertão, ou em outros districtos onde existem açudes particulares, notam-se um grande número de paredes arrombadas. A maior parte dellas são construídas por fazendeiros sem qualquer conhecimento das dimensões de uma represa, as quaes por economia são ordinariamente por demais reduzidas. Pelo que observei no Sertão, neste anno de 1910, julgo que as perdas causadas aos pequenos fazendeiros pelos diques arrombados elevam-se a mais do total dispendido pela Inspectoria das Obras Contra as Seccas, com a sua verba de 1000 contos; e enquanto o povo for deixado aos seus próprios recursos será sempre assim.

Na mesma época, refere o Dr. Antônio Olyntho dos Santos Pires, nos 'Estudos e Obras Contra os Effeitos das Sêccas' que dos 64 açudes mandados construir pelo Governo federal, a partir de 1887, já 18 estavam arrombados e 13 necessitavam de grandes reparos para continuarem a preencher seus fins'.

Quase 30 anos depois, Eloi de Souza, em um artigo intitulado 'Porque arrombam os açudes particulares', dá as seguintes precisões:

"Antigamente, e daí nos advieram males sem conta, o açude era

construído sem atenção à solidez da parede e à capacidade do sangradouro. Este era rasgado por um simples golpe de vista do "mestre de açude", e aquela estava apenas confiada ao recalque das patas dos bois mansos, que arrastavam um couro cheio de terra, derramada em direções retilineas por camadas superpostas, que pouco a pouco elevavam a parede ao nível desejado. Isso se fazia e ainda há quem faça hoje ao léo da sorte, muitas vezes até sem ser considerada a insuficiência ou o excesso da área de captação.

No primeiro caso o açude raramente enchia, enquanto que do segundo as mais das vezes arrombavam, ocasionando igual desastre a outro ou a outros que lhe ficavam a jusante.(...)

Ainda no ano passado, nada menos de cinco açudes construídos num só riacho de certo município do Seridó, foram por essa forma destruídos. Esses desastres representam, no dinheiro que se foi com a barragem, e nos prejuízos decorrentes dos lucros cessantes, alguns milhares de contos. Num decênio, e só naquela região, nada menos de cento e onze açudes foram destruídos, em conseqüência do arrombamento de outros".

Alguns trabalhos sobre a estimativa do número de açudes no Estado do Ceará (FUNCEME, 1988; Macedo, 1981; PERH 1992 etc.) indicam que existem em torno de 8.000 açudes. Menescal *et allii* (1997) apresenta um Cadastro Preliminar dos Açudes Existentes no Estado do Ceará. Este trabalho foi posteriormente objeto de complementação em COGERH (2000b), onde 300 açudes foram inspecionados no campo e efetuados estudos hidrológicos com metodologias mais atuais. Neste mesmo estudo foram feitos levantamentos topo-batimétricos de 86 reservatórios para uma reavaliação da sua capacidade hidráulica.

Entretanto, a metodologia utilizada nestes levantamentos pode ser questionável em relação a abrangência para todo o estado. Desta forma, a estimativa que acreditamos ser mais realista, é a de Molle (1991) que estima um número de 70.000 açudes de todos os tamanhos e tipos para o Nordeste como um todo. Mantendo a proporção com estudos anteriores, podemos estimar o número de açudes no Estado do Ceará como da ordem de 30.000, ou seja, 1 açude a cada 5 km^2, provavelmente o maior número de açudes por Estado de todo o Brasil. Em algumas regiões onde esta concentração é maior, como é o caso da Bacia do Jaguaribe, esta proporção pode chegar a 1 açude a cada 1,5 km^2. A Figura 1 apresenta a rede de açudagem da Região Metropolitana de Fortaleza que corrobora esta estimativa. Alguns destes pequenos barramentos são denominados de forma *sui generis* como: "Vai quem quer", "Veremos", "Vamos Ver", "Apertado da Hora", "Boi Morto", "Breguedof", "Sim", "Querido", "Parceleiros da Cococa" etc. Muitos destes barramentos, por deficiências de projeto, construção ou manutenção, são destruídos nos períodos de maior escoamento o que dificulta ainda mais este levantamento pelo caráter dinâmico

que passa a assumir de um ano para o outro.

De acordo com Miranda (1988), entre os reservatórios construídos na Zona Semi-Árida do Nordeste, existe um grande número de pequenas barragens de terra homogêneas construídas por fazendeiros ou mesmo pelo poder público através das frentes de serviço criadas durante as secas que periodicamente assolam a região. Devido à seca, estas barragens são normalmente construídas sem a água necessária para garantir o conveniente umedecimento do solo e com reduzida compactação. A escassez de recursos é o principal motivo da construção destas obras em desacordo com os mais elementares princípios de construção de barragens de terra.

Grandes deformações ocorrem rapidamente em barragens construídas muito abaixo da umidade ótima e sem a necessária compactação quando a umidade do solo é aumentada pelo fluxo de água que se processa através do maciço após o enchimento do reservatório. Estas deformações (ou colapso) produzem rachaduras através das quais a água flui dando início ao processo de "piping" (erosão interna), que quase sempre resulta na destruição da barragem. Esta ocorrência é tão comum no Nordeste que os jornais e o público em geral costumam chamar este tipo de obra de "Barragem Sonrisal".

No Ceará o decreto estadual 23.068 de 11/02/94 regulamentou o controle técnico das obras de oferta hídrica e Menescal (1994) e Ribeiro *et allii* (1996) apresentam uma metodologia de análise para a liberação de licença de barramentos. Entretanto, pela dificuldade de fiscalização, somente os projetos sujeitos a financiamentos públicos são submetidos a esta análise técnica.

2 – ACIDENTES E INCIDENTES

Os acidentes e incidentes relacionados neste item não visam à atribuição de culpa ou responsabilidade a órgãos ou técnicos e sim, somente, a um levantamento sistemático para se entender melhor suas causas e conseqüências a fim de podermos definir uma estratégia para reduzir suas ocorrências ou minimizar os seus efeitos.

2.1 – DEFINIÇÕES

Como resultado de um levantamento bibliográfico, apresentamos na Tabela 1 uma relação com as principais definições adotadas por diferentes autores. Para efeito deste trabalho adotaremos as definições de Vieira (2000) onde: **acidente** é um evento de grande porte correspondente à ruptura parcial ou total de obra e/ou a sua completa desfuncionalidade, com graves conseqüências econômicas e sociais e **incidente** é um evento físico indesejável, de pequeno porte, que prejudica a

funcionalidade e/ ou a inteireza da obra, podendo vir a gerar eventuais acidentes, se não corrigido a tempo.

ICOLD (1983) utiliza o termo "deterioration" para expressar tanto acidentes como incidentes. Neste trabalho a expressão "anomalia"[6] foi preferida por também ser aplicável a aspectos não estruturais e abstratos (e.g. falta de documentação e falta de treinamento do AGIR, falta de acompanhamento da gerência ou do DESOH etc). Uma relação das principais anomalias detectadas nos açudes do Ceará encontra-se apresentada em Menescal *et allii* (2001b). Menescal *et allii* (2001c) apresenta uma metodologia para priorização das ações de operação e segurança.

A Figura 2 apresenta um esquema sobre segurança que tenta organizar a interelação entre alguns dos conceitos apresentados. Menescal *et allii* (2001d) apresenta uma figura que relaciona a segurança com as diversas fases da vida de uma barragem.

2.2 - LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÕES

A referência de ocorrências de acidentes e incidentes com açudes no Estado do Ceará remonta ao século XIX, conforme citado por Molle (1991), entretanto a inexistência de um levantamento sistemático destas ocorrências é um fato marcante.

O registro sistemático dos acidentes ocorridos serve principalmente a três objetivos: a) mostrar a relevância destas ocorrências, b) diagnosticar a causa e os efeitos destas ocorrências e c) permitir a elaboração de uma sistemática para reduzir as ocorrências, seja combatendo as causas ou minimizando os seus efeitos.

Para o levantamento de alguns acidentes e incidentes em barragens no Ceará foram desenvolvidas pesquisas, sobre temas correlatos, em revistas, jornais, anais de congressos, publicações, livros, teses etc. visando obter alguma informação técnica a respeito das obras.

A metodologia empregada foi a seguinte: 1) levantamento de informações sobre acidentes e incidentes em Barragens (relatórios, figuras, artigos de jornais e fotos); 2) contato com diversas instituições e profissionais para aquisição de informações e bibliografia; 3) análise e organização das informações.

Merecem destaque, os levantamentos feitos em jornais e o contato feito com alguns profissionais da área de barragens na busca de resgatar, através da memória histórica, alguns acidentes e incidentes ocorridos assim como outros dados técnicos

[6] Talvez o melhor termo fosse "deficiência" pois só pode referir-se a aspectos negativos, enquanto que "anomalia"também pode referir-se a aspectos positivos.

sobre a obra, úteis na composição do seu dossiê técnico. Os levantamentos feitos em Jornais, até a elaboração deste trabalho, cobrem os anos de 1960 a 2001 nos meses de maior índice pluviométrico, ou seja, de Fevereiro a Junho. As palavras chaves utilizadas nas pesquisas foram: barragem, açude, arrombamento, acidente, ruptura etc. Essa pesquisa ainda encontra-se em andamento e deverá prosseguir até cobrir todos os anos e meses disponíveis no acervo dos jornais. Os contatos, ou "entrevistas", foram direcionados através do questionário apresentado na Tabela 2.

Como compilação dos resultados dos diversos meios de pesquisa utilizados, apresentamos na Tabela 3 uma relação de acidentes e incidentes ocorridos em açudes do Estado procurando identificar suas causas e conseqüências, bem como o período da vida da barragem no qual ocorreu o fato. Apresentamos também um dos recortes de jornal, Figura 3, que merece destaque por se tratar de um acidente que provocou perdas materiais e uma vítima, e algumas fotos de acidentes/incidentes citados na Tabela 3.

3 - COMENTÁRIOS

Na Tabela 3 estão relacionados acidentes/incidentes em açudes no Estado do Ceará a partir de 1917[7]. As distribuições dos fatos observados são os seguintes:

a) Galgamento – 4 (1960, 1978, 1996, 1997);
b) Surgências à jusante – 8 (1980, 1986, 1988, 1997, 1998, 2000);
c) Trincas – 5 (1956, 1961, 1995, 1997, 1999);
d) Piping – 1 (1940);
e) Deslizamento de taludes – 2 (1940, 1963);
f) Erosões – 2 (1981, 2000);
g) Outras causas – (arrombamentos (DNOCS (1927), galgamento de dique fusível, O Povo (1995); ameaça de galgamento (DN, 1998) e COGERH (1996); ruptura do dique lateral do sangradouro, O Povo (1996); erosões no talude de montante (O Povo, 1986); erosões nos muros laterais, COGERH (2001).

A prática usualmente adotada em barragens do semi-árido, de construir sangradouros sem revestimento é plenamente justificável considerando a escassez de recursos financeiros, a curta permanência de vazões de sangria e uma boa condição, em geral, do maciço rochoso. Estes fatos permitem que eventuais ocorrências de erosão que comprometam a segurança das obras possam ser sanadas

[7] Excluídos os casos citados por Molle (1991) por falta de informação precisa sobre o Estado.

à medida que sejam necessárias. Esse aspecto torna a primeira sangria do açude uma fase obrigatória para inspeção e reavaliação da condição da segurança da obra. Já a prática de se dimensionar os pequenos barramentos para baixos períodos de retorno (100 anos), o que pode ser explicado também pela economia, não pode ser justificada sem um estudo do conjunto de obras que compõe a bacia, pois o "efeito dominó" pode transformar um acidente de pequenas proporções em um com graves conseqüências sociais, econômicas e ambientais.

O dilema entre construção e manutenção é bastante comum em engenharia onde, em algumas situações, é economicamente mais viável reduzir os custos do investimento inicial e, em conseqüência, elevar os custos de manutenção e monitoramento. A falha desta sistemática é que a manutenção e monitoramento não têm sido compatíveis com os critérios de projeto adotados. É o velho problema de ter recursos para a obra e não ter para a sua manutenção. Menescal e Vieira (1999) apresentam os efeitos de uma má manutenção de um sangradouro no seu risco de falha operacional.

O aumento da entropia é uma lei da natureza e a humanidade, para manter a ordem de suas organizações e estruturas, deve despender energia, recursos, tempo, dinheiro etc. Com barragens o processo não poderia ser diferente e o que se constata é que o ponto ótimo de equilíbrio do dispêndio de recursos com a manutenção e a segurança mínima socialmente aceita está longe de ser alcançado. Este ponto de equilíbrio é dinâmico e muda com a evolução e conscientização da sociedade. Assim em países mais ricos e com população mais esclarecida, os riscos aceitáveis são mais baixos (10^{-4} a 10^{-5}) enquanto que, para regiões mais pobres, como o Estado do Ceará, riscos desta ordem são ainda impraticáveis.

Querer impedir a ocorrência de acidentes em barragens pode ser comparado, exageradamente, a querer impedir a ocorrência de acidentes automobilisticos, aéreos, ferroviários etc., ou seja, é impossível. O que se pode fazer é trabalhar preventivamente no controle técnico das obras (projeto, construção, operação, manutenção) ou implantar um sistema para minimizar os seus efeitos. Neste sentido algumas ações vêm sendo desenvolvidas e encontram-se relacionadas em Menescal e Miranda (1997) e Menescal *et allii* (2001a)

A pesquisa apresentada neste trabalho ainda não está concluída, estão sendo realizados levantamentos complementares em jornais e buscando-se outros contatos com profissionais que possam enriquecer este acervo que deverá ser posteriormente alimentado continuamente com novas ocorrências observadas ou relatadas à equipe de Engenharia de Segurança de Obras Hídricas da COGERH. Como conclusões preliminares podemos destacar:

a) Os maiores problemas observados advêm dos pequenos barramentos que, num "efeito dominó", podem vir a comprometer obras maiores e até causar mortes e grandes prejuízos econômicos.

b) Apesar da existência de um grande número de profissionais atuantes na área de barragens que poderiam contribuir para o resgate histórico sobre acidentes e incidentes, o que se constatou foi um receio geral em se tratar sobre esse assunto, o que, de certa forma, já era esperado pela equipe. Esta atitude deve ser combatida, pois só assim poderemos formar um acervo para mostrar o perigo e a importância de um plano contínuo de Segurança.

c) Considerando em média um risco de ruptura da ordem de 10^{-4} para um número estimado de 30.000 açudes, podemos esperar um número médio de três rupturas por ano[8]. Se considerarmos que muitos dos sangradouros foram dimensionados para um período de retorno de 100 anos (risco hidrológico igual a 10^{-2}), este número saltaria para 300 rupturas por ano o que, de certa forma, explica o grande número de arrombamentos constatados nos anos de maior precipitação.

d) A importância de aprendermos com erros do passado e "martelar" continuamente sobre os erros cometidos para evitar sua reincidência;

e) A necessidade de um controle técnico efetivo das obras, inclusive particulares, e de programas preventivos de minimização de impactos para as bacias onde os danos podem ser significativos. Cada obra deve ter um responsável técnico devidamente registrado no CREA, para responder pelas suas condições estruturais e operacionais.

4. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio da COGERH e do Painel de Inspeção de Segurança de Barragens, nas pessoas dos Professores Paulo Teixeira Cruz, Nelson de Souza Pinto e Roneí Carvalho, e dos profissionais entrevistados.

5 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERCHA, F. G.; 1994. Risk Analysis Basis for Pipeline Life Cycle Safety. National Energy Board, Calgary, Alberta, June.

BUENO, F. S.; 1998. Vocabulário Tupi-Guarani/Português. 6ª Edição, Éfeta Editora,

[1] 30.000 açudes x 10^{-4} rupturas/ano = 3 açudes rompidos por ano

São Paulo.
CASTRO, A. L. C.; 1999. Glossário de Defesa Civil. Ministério do Planejamento e Orçamento, Brasília – DF.
CBGB – NRSP; 1999. Guia Básico de Segurança de Barragens.
COGERH; 1995, 1996, 1997, 1998, 1999, 2000a, 2001. Relatórios de Inspeção de Campo. Fortaleza – CE.
COGERH; 2000(b). Cadastro dos Maiores Açudes Públicos e Privados do Estado do Ceará com Geração de Banco de dados Geo-referenciados. Fortaleza-Ce.
COGERH; 2000(c). Entrevistas com engenheiros de barragens no Estado do Ceará. Fortaleza – CE.
DIÁRIO DO NORDESTE; 1988, 1997. Pesquisa em edições do Jornal Diário do Nordeste. Fortaleza – CE.
DNOCS; 1917. Relatório de Inspeção do Açude São Pedro da Timbaúba. Fortaleza – CE.
DNOCS; 1927. Ofício no. 433 – Relatório de Inspeção de Obras. Fortaleza – CE.
DNOCS; 1927b.
FUNCEME; 1988. Monitoramento dos Espelhos D'água dos Açudes no Estado do Ceará. Fortaleza-CE.
HOLANDA, A. B.; 2000. Novo Dicionário da Língua Portuguesa. CD Rom.
ICOLD; 1983. Deterioration of dams and reservoirs.
LIMA, V.M.S.; 1992. Critérios de segurança estrutural de barragens de concreto. Revista Brasileira de Engenharia, Caderno de Grandes Barragens, 4(2).
MACEDO, M. V. A.; 1981. Aproveitamento Hídrico das Bacias Fluviais do Ceará. DNOCS, 176p, Fortaleza-Ce.
MENESCAL, R. A.; 1994. Manual para Apresentação de Projetos de Pequenos Barramentos, Livro para a SRH – Imprensa Oficial, Fortaleza-Ce.
MENESCAL, R. A.; COELHO, P.; OLIVEIRA, Y. C. & CAVALCANTE, F. M.; 1997. Cadastro de Açudes do Estado do Ceará. COGERH, Fortaleza-Ce.
MENESCAL, R. A. & VIEIRA, V. P. P. B.; 1999. Manutenção de Sangradouro de Açude e Risco de Ineficiência Hídráulica. XXIII Seminário Nacional de Grandes Barragens, Belo Horizonte- MG.
MENESCAL, R. A.; FONTENELLE, A. S. & OLIVEIRA, S. K. F.; 2001(a). Ações de Segurança de Barragens no Estado do Ceará. XXIV Seminário Nacional de Grandes Barragens, Anais, Fortaleza – Ce.
MENESCAL, R. A.; FONTENELLE, A. S. & OLIVEIRA, S. K. F.; 2001(b). Avaliação do Desempenho de Barragens no Estado do Ceará. XXIV Seminário Nacional de Grandes Barragens, Anais, Fortaleza – Ce.
MENESCAL, R. A.; CRUZ, P.T.; CARVALHO, R.V.; FONTENELLE, A. S. &

OLIVEIRA, S. K. F.; 2001(c). Uma Metodologia para Avaliação do Potencial de Risco em Barragens do Semi-Arido. XIV Seminário Nacional de Grandes Barragens, Anais, Fortaleza – Ce.

MENESCAL, R. A.; VIEIRA V.P.P.B.; FONTENELLE, A. S. & OLIVEIRA, S. K. F.; 2001(d). Incertezas, Ameaças e Medidas Preventivas nas Fases de Vida de uma Barragem. XIV Seminário Nacional de Grandes Barragens, Anais, Fortaleza – Ce.

MENESCAL, R.A. & MIRANDA, A.N.; 1997. Plano de ações emergenciais para barragens. XII Seminário Nacional de Recursos Hídricos, Vitória –ES.

MIRANDA, A. N.; 1988. Behavior of Small Earth Dams During Initial Filling. PhD Thesis, Colorado State University, Fort Collins, USA.

MOLLE, F.; (1991). Marcos Históricos e Reflexões sobre a Açudagem e seu Aproveitamento. Coleção Mossoroense, série C, Vol. DCL III.

OBONI, F.; 1999. Geo-Environmental Risk: Assessment, Analysis, Management and Planning. Simpósio Brasileiro de Geotecnia Ambiental.

O POVO; 1960, 1978, 1980, 1981, 1986, 1995, 1996, 1998. Pesquisa em edições do Jornal O Povo. Fortaleza – CE.

OTTONI NETO, T. B. & BORGES, M. C. A.; 1995. Laudo Técnico sobre o Rompimento do Dique-Fusível do Açude Gavião. Câmara Municipal de Fortaleza, Comissão Parlamentar de Inquérito, Fortaleza-Ce.

PERH; 1992. Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Ceará. SRH, 3 volumes.

REGO, J. L.; 1976. Fogo Morto. Rio de Janeiro, 16ª edição.

RIBEIRO, A. L.; FONTENELLE, A. S.; SOUZA FILHO, F. A. & SOARES, R. L. A 1996. Licença de Obras Hídricas: Instrumento de Gestão no Semi-Árido, Caso do Ceará. XII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Anais, Vitória-Es.

SILVEIRA, A. F.; 1990. Some Considerations on the Durability of Dams. Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), ICT Barragens, INCB 6, Lisboa.

NPDP; 2001. Home Page: http://npdp.stanford.edu/front.html.

TRIBUNA DO CEARÁ; 1997. Pesquisa em edições do Jornal Tribuna do Ceará, Fortaleza – CE.

VIEIRA, V. P. P. B.; 2000. Notas de aula do curso de Doutorado em Recursos Hídricos, UFC.

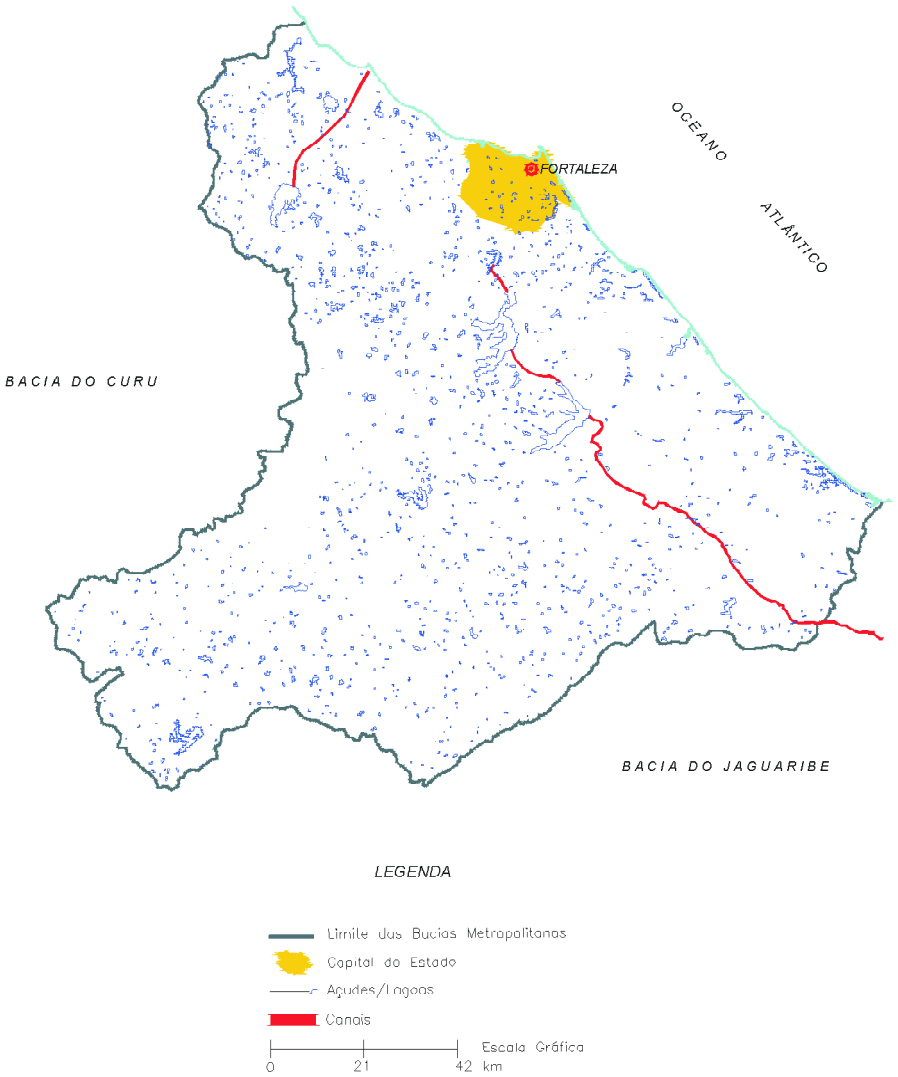


FIGURA 1: Rede de Açudagem das Bacias Metropolitanas.

TABELA 1 – Terminologia de segurança de barragens.

TERMO	DEFINIÇÃO	FONTE
ACCIDENT	An accident means any exceptional occurrence, affecting the dam behavior, the development of which, if not controlled, could cause a failure.	Silveira (1990)
ACCIDENT	An event that is without apparent cause or is unexpected. Generally an unfortunate event, possibly causing physical harm or damage brought about unintentionally.	Oboni (1999)
ACIDENTE	Desastre de pequena intensidade. Evento ou seqüência de eventos fortuitos e não planejados que dão origem a uma conseqüência específica e não desejada, em termos de danos humanos, materiais e ambientais.	Castro (1999)
ACIDENTE	Consideram-se como acidentes as anomalias graves cujo desenvolvimento pode ocasionar a ruína da obra	Lima (1992)
ACIDENTE	Evento de grande porte correspondente à ruptura parcial ou total de obra e/ou a sua completa desfuncionalidade, com graves conseqüências econômicas e sociais.	Vieira (2000)
CATASTROPHE OR DISASTER	A great and usually sudden disruption of the human ecology which exceeds the capacity of the community to function normally, unless disaster preparedness and mitigative measures are in place.	Oboni (1999)
DETERIORAÇÃO	Deterioração consiste em qualquer comportamento falho, do ponto de vista da segurança e desempenho, durante a construção ou operação, incluindo casos de ruptura.	ICOLD (1983)
DETERIORATION	Faulty behaviour and exceptional occurrences which cause either incidents or accidents.	Silveira (1990)
FAILURE	"Em termos de integridade estrutural, uma liberação incontrolável do conteúdo de um reservatório ocasionado pelo colapso da barragem ou alguma parte dela. Em termos de desempenho é a incapacidade de uma barragem de desempenhar suas funções."	CBGB-NRSP (1999)
HARZARD ZONES	The area where undesirable consequences can occur due to receptor exposure.	Bercha (1994)
INCIDENT	An Incident is defined as any faulty behavior which can affect, in either the short or long term, the operation of the dam, and which requires some kind of maintenance work.	Silveira (1990)
INCIDENT	An event or occurrence that attracts general attention or that is otherwise noteworthy in some way.	Oboni (1999)
INCIDENT	Dam incidents are events of engineering interest the study of which provide insight into the structural and funcional integrity of dams and operations. This includes events involving satisfactory as well as unsatisfactory performance of a dam.	NPDP (2001)
INCIDENTE	Por incidentes designam-se as anomalias que, embora comprometendo a funcionalidade da obra, não levam à sua ruína	Lima (1992)
INCIDENTE	Evento físico indesejável, de pequeno porte, que prejudica a funcionalidade e/ ou a inteireza da obra, podendo vir a gerar eventuais acidentes, se não corrigido a tempo	Vieira (2000)
PROBLEM	A doubtful or difficult matter requiring a solution; sudden deviation from an expected performance or the existence of a permanent deviation from an expected performance.	Oboni (1999)

TABELA 2: Ficha de Entrevista

Perguntas Sugeridas:

a) Quais os trabalhos em que teve contato com problemas na construção, operação, manutenção ou inspeção de barragens, canais, açudes, estações elevatórias e adutoras?
b) Quais os tipos de problemas observados ?
c) Qual a solução adotada ?
d) Qual o prejuízo ocasionado pelo fato ocorrido ?
e) Quais eram as instituições envolvidas ?
f) Na sua opinião qual o problema mais comum em barragens no Ceará?
g) Quais as sugestões para contornar estes problemas na fase de projeto, construção e operação?
h) Onde podemos obter maiores informações sobre acidentes e incidentes em barragens no Ceará? No nordeste ? No Brasil ? No mundo ?
i) Onde poderíamos obter os projetos ou dados sobre os 600 maiores açudes do estado do Ceará?

OBSERVAÇÕES:
Entregar relação de açudes no Estado do Ceará (600 maiores)
Levar mapa (1:500.000) e imagem de satélite
Entregar relação de entrevistados para sugerir novos nomes.
Levar gravador e fazer apontamentos

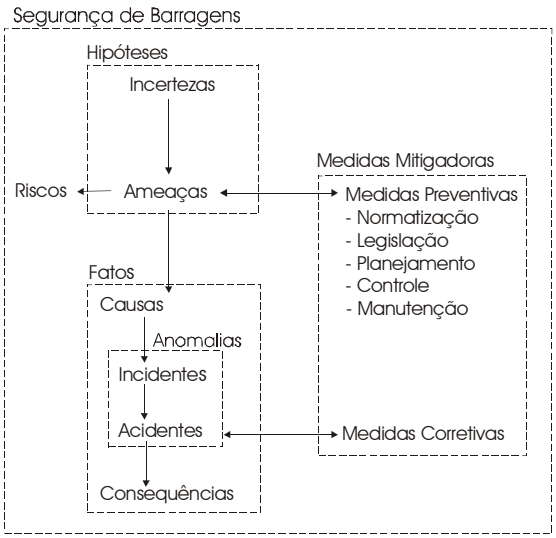


FIGURA 2 – Conceitos relacionados a Segurança de Barragens e suas inter-relações.

TABELA 3: Acidentes e incidentes observados em açudes no Ceará.

Obra	Anomalia Observada	Causa Provável	Danos Causados (humanos, financeiros, material, etc.)	Fase da Vida	Data	Fonte
Pequenos Açudes (Estados do Nordeste)	Arrombamento de 129 pequenos açudes	Deficiências técnicas na construção e dimensionamento da barragem e vertedouro.	Prejuízos econômicos	Operação	1887 a 1906	Molle (1991)
Açude São Pedro de Timbaúba (Miraíma – CE)	Grande número de formigueiros, problemas na fundação, trechos mal compactados, abatimento do talude, surgimento de sulcos e fendas.	Deficiências técnicas nas fases de sondagem, topografia, projeto, compactação e ao emprego de material inadequado e despreparo técnico.	Valor orçado foi ultrapassado, em alguns trechos condenados houve necessidade de reconstrução	Construção	Agosto /1917	DNOCS (1917)
Açude Sta Maria (Sobral– CE)	Arrombamento	Cheia superior à capacidade do sangragradouro			1924	DNOCS (1927)
Açude Patos (Sobral – CE)	Arrombamento	Cheia superior à capacidade do sangragradouro			1924	DNOCS (1927)
Açude Ema (Iracema – CE)	Deslizamento do talude de jusante e ruptura total	Piping	Danos materiais	Operação	1940	ICOLD (1983)
Açude General Sampaio (General Sampaio – CE)	Percolação pelo túnel da tomada de água com carreamento de material do maciço	Caminho preferencial de percolação no contato do maciço com a estrutura da tomada de água não interceptado pelo sistema interno de drenagem	Danos materiais	Operação	1940	ICOLD (1983)
Açude Araras (Varjota – CE)	Trincas longitudinal em pontos localizados da barragem auxiliar quando esta estava com 10 m de altura			Construção	1956	ICOLD (1983)
Açude Orós (Orós – CE)	Galgamento	Atraso no cronograma das obras associado com cheia no rio	Reconstrução do maciço e inundações a jusante.	Construção	Março /1960	O Povo (1960), ICOLD (1983)
Açude Caxitoré (Caxitoré – CE)	Trinca transversal no contato do maciço com a ombreira esquerda quando o maciço estava com 15 m de altura	Dificuldade de compactação devido à inclinação elevada da ombreira.		Construção	1961	ICOLD (1983)

TABELA 3: (continuação)

Obra	Anomalia Observada	Causa Provável	Danos Causados (humanos, financeiros, material, etc.)	Fase da Vida	Data	Fonte
Açude Banabuiú (Banabuiú – CE)	Deslizamento de taludes em dique provisório sobre o maciço da barragem .	Rebaixamento rápido do N.A do reservatório.	Não houve danos	Construção	1963	ICOLD (1983)
Açude do Arroz (Acaraú – CE)	Galgamento e conseqüente ruptura.	Cheia superior à capacidade do sangradouro.	Danos materiais e desconforto da população	Operação após 5 anos	Maio /1978	O Povo (1978)
Açude Acioly (Guaiúba – CE)	Surgência a jusante na ombreira direita. O problema persiste até o momento, 2001.	Caminho preferencial de percolação em região fraturada da fundação rochosa a na ombreira direita e não tratada satisfatoriamente	Insegurança da população	Primeiro Enchimento	Março /1980	O Povo (1980)
Açude São Mateus (Caririaçu – CE)	Erosões de grandes dimensões	Deficiências de drenagem associadas com chuvas intensas.	Insegurança da população	Operação após 5 anos	Abril /1981	O Povo (1981)
Açude Farias de Souza (Nova Russas – CE)	Surgências a jusante numa extensão de 120m por três de largura		Insegurança da população	Primeiro Enchimento (Parcial)	Julho /1986	O Povo (1986)
Açude Miraíma (Miraíma – CE)	Erosões de grande dimensão no paramento de montante	Deficiências de drenagem associadas com chuvas intensas de 79 mm e presença de formigueiros.	Danos materiais e desconforto da população	Operação após 5 anos	Março /1986	O Povo (1986)
Açude João Lopes (Fortaleza – CE)	Ameaça de galgamento	Redução da capacidade do sangradouro devido à presença de entulho	Insegurança da população	Operação	Janeiro /1988	Diário do Nordeste (1988)
Açude Trapiá II (Pedras Brancas – CE)	Trinca transversal no contato do maciço com a ombreira direita	Dificuldade de compactação devido à inclinação elevada da ombreira.		Primeiro Enchimento	1995	COGERH (1995)
Açude Gavião (Fortaleza – CE)	Galgamento e conseqüente ruptura de dique fusível de terra construído no sangradouro	Construção de dique provisório (desde 1991) no sangradouro para aumentar acumulação sem observar os aspectos hidráulicos e hidrológicos e dos possíveis impactos a jusante	Inundações a jusante e danos à saúde pública	Operação Modificada	Abril /1995	O Povo (1995), Ottoni Neto & Borges (1995)
Açude Jerimum (Irauçuba – CE)	Aplicação de material no maciço sem controle de compactação e umidade	Atraso no cronograma implicando na necessidade de elevação emergencial do maciço para evitar o galgamento.			Abril /1996	COGERH (1996)

TABELA 3: (continuação)

Obra	Anomalia Observada	Causa Provável	Danos Causados (humanos, financeiros, material, etc.)	Fase da Vida	Data	Fonte
Açude Gurguri (Redencão– CE). (Figura 3)	Galgamento e conseqüente ruptura do maciço	Cheia superior a capacidade do sangradouro, que sofreu modificação em relação ao projeto original.	Morte de 1 criança e danos materiais ocasionando destruição de casas e construções a jusante	Operação Modificada	Abril /1996	O Povo (1996)
Açude Chico Carapeba (Maranguape – CE)	Ruptura do dique lateral do sangradouro	Redução da capacidade do sangradouro devido à presença de entulho	Danos materiais e insegurança da população	Operação após 5 anos	Maio /1996	O Povo (1996)
Açude Trussu (Iguatu – CE). (Foto 1)	Trinca Longitudinal sobre o coroamento	Recalques do talude de montante devido à saturação agravados por enchimento das trincas com água de chuva.		Primeiro Enchimento (Parcial)	Abril /1997	O Povo (1996)
Açude Mangueiras (Mombaça – CE)	Galgamento e conseqüente ruptura	Onda de cheia ocasionada por arrombamento de 6 pequenos açudes a montante devido a chuvas intensas.	Danos materiais e desconforto da população por ter cortado a Rodovia do Algodão	Operação após 5 anos	Abril /1997	Diário do Nordeste (1997)
Açude Jaburu I (Tianguá – CE)	Surgências no talude de jusante e nas ombreiras.	Dissolução ou carreamento de finos componentes da rocha de fundação e deficiências no sistema de drenagem interno		Operação	Maio /1997, Nov. /1998	Tribuna (1997) /O Povo (1998)
Açude Olho D'água (Várzea Alegre – CE)	Surgência a jusante	Caminho preferencial de percolação sob o tapete de montante não interceptado pelo sistema de drenagem composto por um dreno de pé a jusante.		Primeiro Enchimento (Parcial)	Abril /1998	COGERH (1998)
Barragens Sonrisal	Ruptura de barragens por colapso e fraturamento hidráulico	Má compactação por teor de umidade situar-se bem abaixo do ótimo.		Primeiro Enchimento		Miranda (1988)
Açude Monsenhor Tabosa (Monsenhor Tabosa – CE)	Trinca Longitudinal sobre o coroamento	Recalques do talude de montante devido à saturação.		Primeiro Enchimento (Parcial)	Abril /1999	COGERH (1999)
Açude Souza (Canindé – CE)	Surgências localizadas de água a jusante	Caminho preferencial de percolação sob o tapete de montante não interceptado pelo sistema de drenagem de jusante composto por poços de alívio.		Primeiro Enchimento (Parcial)	Setemb. /2000	COGERH (2000a)

TABELA 3: (continuação)

Obra	Anomalia Observada	Causa Provável	Danos Causados (humanos, financeiros, material, etc.)	Fase da Vida	Data	Fonte
Açude Carão (Tamboril – CE)	Surgências a jusante	Caminho preferencial de percolação sob o tapete de montante não interceptado pelo sistema de drenagem composto por um dreno de pé a jusante.				COGERH (2000c)
Açude Miraíma (Miraíma – CE)	Surgências a jusante					COGERH (2000c)
Açude Tatajuba (Santana do Cariri – CE)	Erosão regressiva no sangradouro	Rocha friável não adequada ao fluxo				COGERH (2000c)
Açude Realejo (Crateús – CE)	Surgências d'água no talude de jusante num trecho de 80m.	Plano preferencial de percolação atuando transversalmente ao longo de um determinado trecho da barragem que favorece a infiltração verificada.		Operação	Abril /1988	Relatório DNOCS, 2ª DR
Pequenos açudes na Serra de Palmácia. (Foto 2)	Arrombamento de 6 pequenos açudes devido à forte precipitação ocorrida.	Cheia superior à capacidade do sangradouro.	Alagamento de casas, danos e destruição de plantações de bananeiras. Efeito dominó ocasionando cheia milenar no Açude Acarape do Meio	Operação	Abril /2001	COGERH (2001)
Açude Itaúna (Chaval – CE). (Foto 3)	Erosão regressiva à jusante do sangradouro.	Rocha friável não adequada ao fluxo.	Insegurança da população.	Primeiro sangria	Abril /2001	COGERH (2001)
Açude Angicos (Coreaú – CE)	Erosões acompanhadas de infiltrações no contato dos muros do sangradouro com o aterro.	Problemas na drenagem dos muros laterais do sangradouro	Insegurança da população.	Operação de 1 a 5 anos	Abril/ 2001	COGERH (2001)
Açude Jangurussu (Fortaleza-Ce)	Elevação do N.A ocasionando inundações a montante.	Obstrução do vertedouro com grades sem acompanhamento técnico.	Insegurança da população.	Operação	Abril/ 2001	COGERH (2001)

Açude arromba em Redenção e a enxurrada destrói casas e arrasta criança de dois anos

FOTO: ALCEBIADES SILVA

ARIADNE ARAÚJO
ENVIADA ESPECIAL A REDENÇÃO

O açude Gurguri, em Redenção, a 63 km de Fortaleza, arrombou no final da tarde da última terça-feira e as águas correspondentes a uma hora e meia de chuva desceram serra abaixo, destruindo a Fazenda Sonho Meu e duas casas que estavam no caminho. A enxurrada também arrastou uma criança de dois anos direto para a correnteza do Rio Pacoti.

A pequena Jessica Freitas Lopes estava jantando com os pais, Antônio Airton Castro Silva e Maria Valdeci Freitas Lopes, quando a parede do açude desabou e a força da água levou a casa deles. A mãe da menina quebrou a perna na hora e só se salvou porque se segurou em galhos de árvores. O corpo de Jessica sumiu no rio e ainda não foi encontrado.

A outra casa destruída era do dono da propriedade, Francisco Holanda, mas estava vazia quando caiu. As águas também destruíram a estrada que cortava a Fazenda Sonho Meu e que liga Redenção ao Acarape do Meio, Barra Nova, Palmácea, Piroás, Brenha e Calcião. As viagens do ônibus escolar levando alunos dessas cidades para a escola de Redenção foram suspensas por enquanto.

Funcionários da Prefeitura de

Sede da Fazenda Sonho Meu ficou destruída com o arrombamento do açude Gurguri, em Redenção

Buscas para encontrar menina continuam no rio

FIGURA 3: Recorte de jornal do caso do Açude Gurguri no Município de Redenção (O Povo, abril/1996).

FOTO 1 - Trincas longitudinais no coroamento da Barragem Trussu (abril/1997).

FOTO 2 - Barragem arrombada no Município de Palmácia. Vista de Montante para Jusante (abril/2001).

FOTO 3 - Erosão regressiva no sangradouro da Barragem Itaúna (abril/2001).

1999 - Artigo apresentado no XXIII Seminário Nacional de Grandes Barragens, Belo Horizonte – MG.

MANUTENÇÃO DE SANGRADOURO DE AÇUDE E RISCO DE INEFICIÊNCIA HIDRÁULICA

Rogério de Abreu Menescal [1]

Vicente de Paulo Pereira Barbosa Vieira [4]

RESUMO

Este trabalho procura demonstrar a importância da manutenção de sangradouros de açudes no seu funcionamento hidráulico, de modo a evitar a ampliação dos riscos de sobrelevação da lâmina de sangria e possíveis transbordamentos.

Três métodos de avaliação de risco são utilizados, Simulação de Monte Carlo, AFOSM e PEM, e o Açude Jerimum é tomado como estudo de caso.

Para o caso simulado, conclui-se que o risco de ineficiência hidráulica do sangradouro pode facilmente atingir valores da ordem de 0,4%, quatro vezes superior ao risco hidrológico implícito de 0,1%, admitido na vazão milenar de projeto.

ABSTRACT

This paper intends to show the importance of the dams' spillway maintenance, as related to its hydraulic performance, in order to avoid the risks of undesirable water rising and possible dam overtopping.

Three methods of risk evaluation have been used, Monte Carlo Simulation, AFOSM and PEM, and the Jerimum Dam was taken as case study.

The conclusion is that the risk of inefficient performance of the spillway is about 0,4%, four times greater than the implicit risk of 0,1% considered in the design (millennial discharge).

INTRODUÇÃO

O abandono das estruturas hidráulicas de um açude associado às ações naturais de intempéries e enchentes pode influir no risco de ineficiência hidráulica

[1] COGERH-CE – Engenheiro da Diretoria de Operações e Monitoramento

[2] UFC – Professor Titular

durante a vida útil das obras. Neste trabalho consideramos os efeitos que uma manutenção inadequada no sangradouro de um açude pode gerar no risco de ineficiência hidráulica do mesmo, acarretando em aumento do risco para a obra como um todo.

Em que pese a multivariada definição de riscos e incertezas, por alguns considerados até sinônimos, é conveniente adotarmos uma posição e manter-nos coerente com ela. Assim, neste trabalho, entendemos serem as incertezas, nas suas diversas formas, o pano de fundo onde são gerados os riscos e risco (R) sendo a probabilidade ou possibilidade de ocorrência de eventos, fatos ou resultados indesejáveis.

ESTUDO DE CASO – AÇUDE JERIMUM

Para efeito de aplicação consideramos o caso do Açude Jerimum (COGERH,1995), em Irauçuba-CE, por ser este um açude típico da região semi-árida. A Figura 1 apresenta a localização deste açude na Bacia do Rio Curu a oeste da cidade de Fortaleza. A ficha técnica deste açude é apresentada na Tabela 1. O Arranjo Geral do maciço, sangradouro e tomada d'água são apresentados na Figura 2. A seção tipo do sangradouro no local do cordão de fixação é apresentado na Figura 3.

A Tabela 2 apresenta os hidrogramas de vazões afluentes (Qa) para períodos de retorno de 50, 100, 500, 1.000 e 10.000 anos. A distribuição de freqüência para as vazões afluentes (Qa) ao reservatório foi aproximada pela equação de Gumbel-Tipo 1 (Qa=b-Ln(-Ln(Fac))/a), conforme pode ser observado na Figura 4, onde Fac é a freqüência acumulada e a e b são parâmetros de ajuste dos dados extremos. A Tabela 3 apresenta os momentos da distribuição de Qa obtidos por 100.000 simulações.

As Figuras 5 e 6 apresentam os resultados do amortecimento considerando a propagação da onda de cheia no reservatório para TR de 1.000 e 10.000 anos, obtidos dos Estudos Hidrológicos (COGERH, 1995).

O resultado do amortecimento é a vazão efluente (Qe), que pode ser então considerada como a vazão afluente multiplicada por um fator de amortecimento (R). Conforme pode ser observado, o valor de R é 0,763, para TR=10.000 anos, e 0,765, para TR = 1.000 anos. Para efeito de cálculo os valores são iguais e o adotado foi 0,765.

METODOLOGIA

Em um sangradouro do tipo escavado em rocha com cordão de fixação da soleira em uma região semi-árida, como o do Açude Jerimum, uma vegetação tende a crescer após alguns anos de ação das intempéries sobre a rocha sã. Estas mesmas intempéries podem também agir de forma a desestabilizar os taludes das margens do sangradouro, fazendo com que ocorram deslizamentos e por conseqüência um estreitamento da seção útil para escoamento. A ocorrência de balseiros associados a estes dois fenômenos pode ainda agravar a perda de capacidade de vazão do sangradouro.

Utilizando-se a equação clássica para um vertedouro de seção retangular temos que a vazão de sangria $Qs = N.C.L.H^{3/2}$, onde N é um fator de correção da fórmula empírica, C é o coeficiente de descarga, L é a largura do vertedouro e H é a altura da lâmina. O crescimento de arbustos pode ser considerado como causando uma redução do coeficiente de descarga (C) e a queda de detritos como uma redução da largura (L). Assim, a consideração destas variáveis deixa de ser determinística para assumir um caráter variacional.

Neste trabalho, para considerar o aspecto variacional de C e L, utilizamos a teoria das probabilidades e considerou-se que as distribuições de freqüência são do tipo triangular. Os valores mínimo, modal e máximo necessários para definir a distribuição triangular foram obtidos de hipóteses de alteração da rugosidade da seção, para o C, e avaliação do máximo deslizamento que possa ocorrer, para o L. As distribuições de C e L consideradas para o caso do Açude Jerimum encontram-se apresentadas nas Figuras 7 e 8. As Tabelas 4 e 5 apresentam, respectivamente, os parâmetros das distribuições de C e L.

Nesta análise os valores de H, N e R são considerados constantes. O valor considerado para H é 1,64m, que é o valor da lâmina máxima de sangria adotada no projeto para TR = 1.000 anos. O valor de N é 1 e o de R é 0,765 conforme demonstrado anteriormente. A Tabela 6 apresenta uma síntese dos parâmetros das distribuições das variáveis C, L e Qi.

A função-desempenho que serviu de base para a avaliação do risco definido como P(Z<0) ou P(Qs<Qe).foi: $Z = Qs - Qe = N.C.L.H^{3/2} - R.Qa = g(Xi)$, onde $i = [1, n]$, $n \in |N$, sendo Qs a capacidade de vazão do sangradouro, Qe a vazão efluente do açude e Xi as variáveis consideradas.

Para a avaliação do risco foi utilizada a Simulação de Monte Carlo - SMC (Vieira, 1998), o "Advanced First Order Second Moment - AFOSM" (Vieira, 1992) e o "Point Estimated Method – PEM" (Harr, 1987).

O Método da SMC consiste na geração simulada de conjuntos de valores Xi, a partir de suas distribuições de probabilidade, de modo a se calcular um conjunto de valores de Z, suficientemente grande para representar uma boa amostra da população Z. O risco será avaliado pela razão da quantidade de valores negativos de Z e do número total de eventos Z gerados.

A essência do método AFOSM é a linearização da função-desempenho (Z), através da expansão em série de Taylor, em torno do ponto (Xi^*) na superfície de falha. A determinação do ponto Xi^* é obtida de forma iterativa, partindo de um ponto inicial adotado, que em geral são os valores médios das variáveis.

O Método PEM surgiu para contornar as dificuldades inerentes à determinação das derivadas da função-desempenho, no desenvolvimento em séries de Taylor. Baseia-se na analogia que pode ser estabelecida entre a distribuição de probabilidades e distribuição vertical de cargas em um sistema rígido. O valor esperado, E(x), é o análogo do centro de carga e o desvio padrão é o análogo do raio de giração.

RESULTADOS E CONCLUSÕES

Os resultados obtidos pelos métodos PEM, SMC e AFOSM indicaram, respectivamente, valores de risco de 0,02% 0,40% e 0,41%, conforme apresentado nas Tabelas 7, 8 e 9.

O valor encontrado pelo método PEM diverge dos valores obtidos com os outros dois métodos. Os autores observaram que o PEM parece não ser muito aplicável para casos com distribuições de valores extremos como vazões de sangria. Uma hipótese possível é de que mesmo considerando a assimetria, o PEM não consegue uma boa representatividade da distribuição utilizando somente dois pontos de ponderação. Os valores obtidos com a SMC e o AFOSM parecem ser mais coerentes e indicam que em conseqüência do abandono, o risco anual passa de 1/ 1.000 para 4,0/1.000, aumentando assim em mais de 4 vezes em relação ao risco hidrológico inicial.

Supondo uma vida útil de 50 anos para uma obra de barragem como esta, o fato se agrava com o risco passando de 4,9% para 18,6%, ou seja, ao longo da vida útil a barragem terá quase 20% de chance que o seu vertedouro não tenha capacidade para suportar as vazões para as quais foi dimensionado.

Os resultados obtidos neste trabalho demonstram numericamente que a boa conservação do sangradouro de um açude é um elemento importante para a manutenção do nível de segurança das obras como um todo dentro dos patamares estipulados quando da elaboração do projeto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COGERH, 1995. Relatório "As Built" do Açude Jerimum. Fortaleza – CE.

HARR, M.E.; 1987. "Reliability-Based Design in Civil Engineering". Ed. McGraw-Hill, New York, 300p.

VIEIRA, V.P.P.B.; 1992. Análise de risco aplicada ao comportamento hidráulico de vertedouro de barragem. XX Seminário Nacional de Grandes Barragens, Curitiba-PR, pp. 189-195.

VIEIRA, V.P.P.B.; 1998. Análise de risco aplicada a Recursos Hídricos. Notas de Aula do Curso de Doutorado em Recursos Hídricos da UFC, Fortaleza-CE.**(Footnotes)**

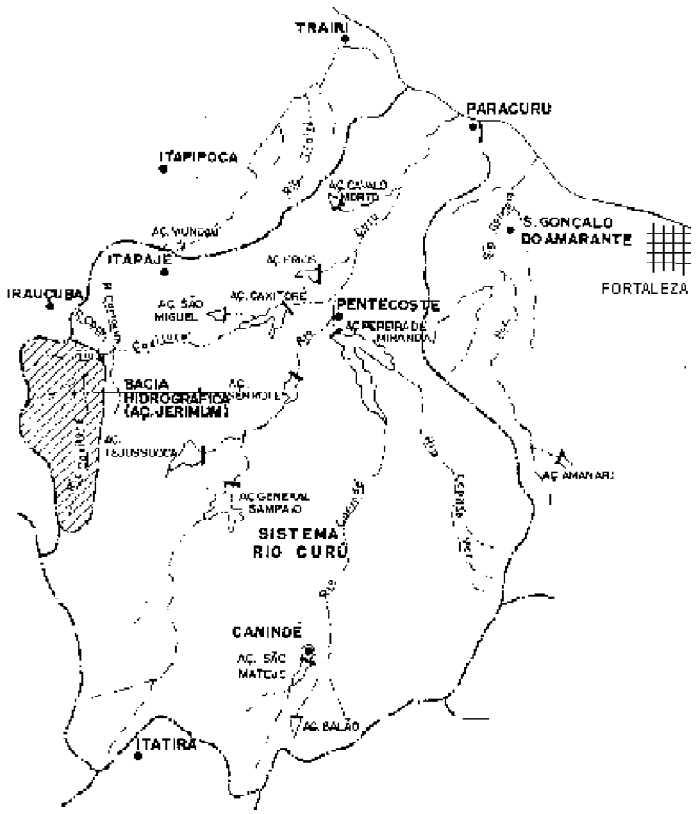


Figura 1 – Localização do Açude Jerimum.

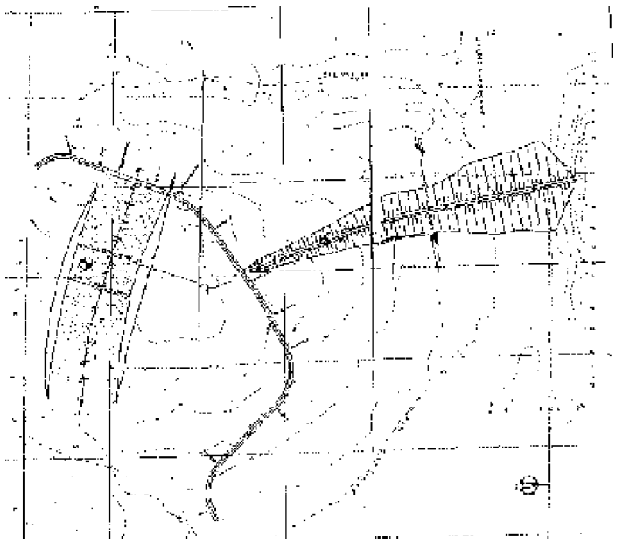


Figura 2 – Arranjo Geral das Obras.

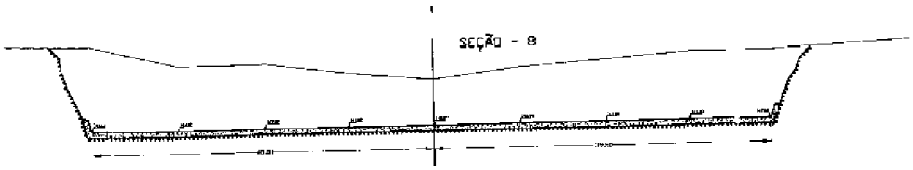


Figura 3 – Seção Tipo do Sangradouro.

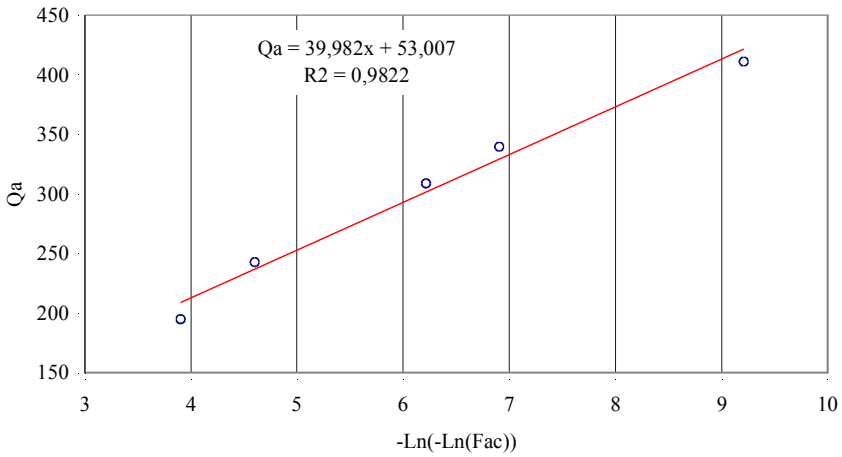


Figura 4 – Determinação dos parâmetros da distribuição Gumbel – Tipo 1 da variável Qa

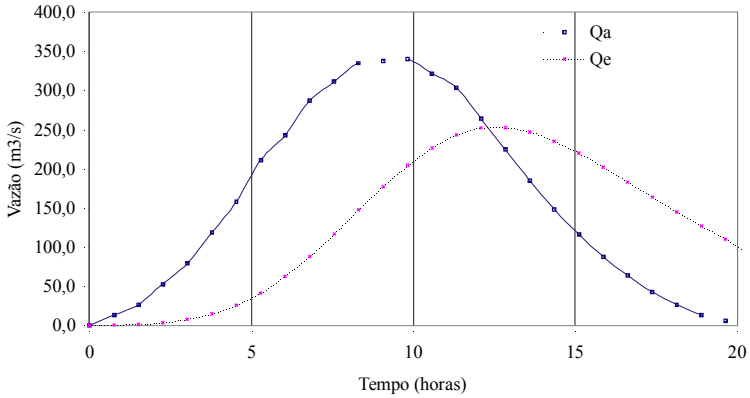


Figura 5 – Estudo de Propagação de Enchentes no Reservatório para TR = 1.000 anos

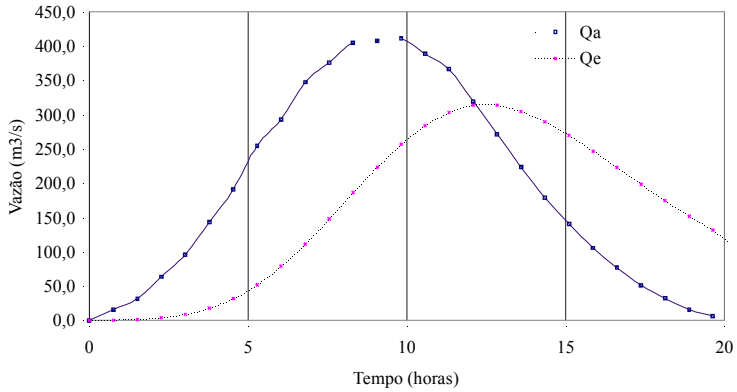


Figura 6 – Estudo de Propagação de Enchentes no Reservatório para TR = 10.000 anos

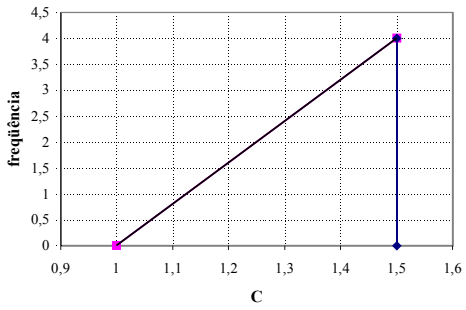


Figura 7 – Distribuição da variável C

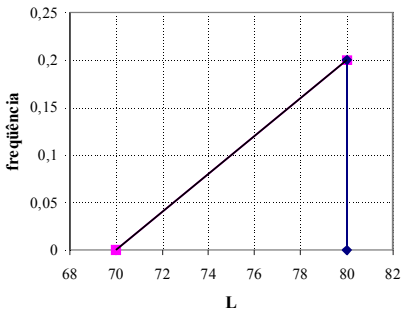


Figura 8 – Distribuição da variável L

Tabela 1 – Ficha Técnica do Açude Jerimum.

I - IDENTIFICAÇÄO	
- DENOMINAÇÃO:	Jerimum
- ESTADO:	Ceará
- MUNICÍPIO:	Irauçuba/Tejuçuoca
- SISTEMA:	Curu
- RIO BARRADO:	Caxitoré
- COORDENADAS DO EIXO:	3º50' S e 39º40' W
II - PERÍODO DE CONSTRUÇÃO:	Jul/95 a Fev/96
III – OBJETIVO	Abastecimento das cidades de Irauçuba e Itapajé e irrigação
IV - CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
- BACIA HIDRÁULICA:	
- VOLUME ACUMULADO (Cota 147):	$20,5x10^6$ m^3
- ÁREA:	269,3 ha
- VOLUME MORTO (Cota 135,5):	$2,5$ x10^6 m^3
- % do VOLUME ACUMULADO:	12,2 %
- BACIA HIDROGRÁFICA:	71,8 km^2
- PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL:	739,0 mm
- EVAPORAÇÃO MÉDIA ANUAL:	2.374,5 mm
- VOLUME AFLUENTE ANUAL:	$36,4$ x10^6 m^3
- COEFICIENTE DE RUN-OFF:	12,8 %
- VOLUME REGULARIZADO ANUAL:	$7,4$ x10^6 m^3
- BARRAGEM PRINCIPAL:	
- TIPO:	Mista de terra e enrocamento
- COTA DO COROAMENTO:	150,50 m
- ALTURA MÁX. ACIMA DA FUNDAÇÃO:	23,2 m
- ALTURA MAX. COM FUNDAÇÃO:	29,0 m
- EXTENSÃO P/COROAMENTO:	385,0 m
- LARGURA DO COROAMENTO:	6,0 m
- VOLUME DE ESCAV. P/ FUNDAÇÃO:	38.000,0 m^3
- VOLUME DO MACIÇO:	222.183,0 m^3
- LARGURA MÁXIMA DA BASE:	83,0 m
- TALUDE MONTANTE:	1,0(V):1,8(H)
- TALUDE JUSANTE:	1,0(V):1,6(H)
- TOMADA D'ÁGUA:	
- TIPO:	Galeria com Tubo Envelopado.

- DIÂMETRO: 600,0 mm
- COTA DO PORÃO: 135,50 m
- COTA BOCA DE MONTANTE: 132,00 m
- COTA BOCA DE JUSANTE: 131,90 m
- VOLUME ESCAVADO: 4.069,0 m^3
- DESCARGA DE TRABALHO: 0,45 m^3/s
- COMPRIMENTO: 80,0 m
- LOCALIZAÇÃO - ESTACA: 9
- SANGRADOURO:
- TIPO: Canal escavado em rocha.
- LARGURA: 80,0 m
- VAZÃO EFL. MAX. DE PROJ. (TR 1.000 anos): 252,0 m^3/s
- LAMINA MÁXIMA PREVISTA: 1,64 m
- REVANCHE: 3,5 m
- VOLUME DE CORTE: 104.595,0 m^3
- COTA DA SOLEIRA: 147,00 m

Tabela 2 – Hidrograma de Vazões Afluentes para um dado TR

tempo (horas)	q (m^3/s)				
	TR=50	**TR=100**	**TR=500**	**TR=1.000**	**TR=10.000**
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,76	7,55	9,41	11,97	13,16	15,93
1,51	15,10	18,82	23,94	26,31	31,86
2,27	30,20	37,65	47,88	52,63	63,71
3,02	45,30	56,47	71,81	78,94	95,56
3,78	67,94	84,71	107,72	118,40	143,34
4,53	90,59	112,94	143,63	157,88	191,12
5,29	120,79	150,59	191,50	210,50	254,82
6,04	138,92	173,20	220,25	242,10	293,09
6,80	164,59	205,20	260,95	286,84	347,25
7,55	178,21	222,18	282,55	310,58	375,98
8,31	191,82	239,15	304,12	334,29	404,69
9,06	193,37	241,08	306,58	336,99	407,96
9,82	194,91	243,00	309,02	339,67	411,21
10,58	184,39	229,89	292,34	321,35	389,02
11,33	173,86	216,76	275,64	302,99	366,80
12,09	151,28	188,60	239,84	263,63	319,15
12,84	128,67	160,42	204,00	224,24	271,46
13,60	106,07	132,24	168,16	184,85	223,77
14,35	84,86	105,79	134,53	147,88	179,02
15,11	66,77	83,25	105,86	116,37	140,87
15,86	50,08	62,44	79,40	87,28	105,66
16,62	36,52	45,53	57,90	63,64	77,04
17,37	24,35	30,35	38,60	42,43	51,37
18,13	15,31	19,08	24,27	26,67	32,29
18,88	7,65	9,54	12,13	13,34	16,15
19,64	3,13	3,91	4,97	5,46	6,61
20,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

q máxima (m3/s)	**194,91**	**243,00**	**309,02**	**339,67**	**411,21**

Tabela 3 – Determinação dos momentos da distribuição de Qa

No. de simulações	100.000
Desvio Padrão (σ)	51,0
Variância (σ^2)	2.597,4
Assimetria (Θ)	1,192
Curtose	2,503

Tabela 4 – Determinação dos momentos da distribuição da variável C

Desvio Padrão (σ)	0,118
Variância (σ^2)	0,014
Assimetria (Θ)	-0,584
Curtose	-0,523

Tabela 5 – Determinação dos momentos da distribuição da variável L

Desvio Padrão (σ)	2,355
Variância (σ^2)	5,545
Assimetria (Θ)	-0,610
Curtose	-0,453

Tabela 6 – Síntese dos parâmetros das distribuições das variáveis

Variável	Média	Coef. Variação	Desvio Padrão	Coef. Assimetria (Θ)	Tipo
C	1,333	0,089	0,118	-0,584	Triangular
L	76,680	0,031	2,355	-0,610	Triangular
Qa	76,387	0,667	50,965	1,192	Gumbel-Tipo 1

Tabela 7 – Resultado do "Point Estimated Method" (PEM)

	P+	P-	X+	X-
C	0,640	0,360	1,422	1,175
L	0,646	0,354	78,423	73,499
Qa	0,244	0,756	166,111	47,438

Média ou E(z)	$E(z^2)$	$E(z^3)$	$\Sigma Ptotal.(z-E(z))^2$	$\Sigma Ptotal.(z-E(z))^3$
156,3	26.351,6	4.646.652,6	1929,8	-74609,9

	P	C	P	L	Qs	P	Qa	Qe	Z = Qs-Qe	Ptotal	Ptot.z	$Ptotal.z^2$	$Ptotal.z^3$
1	0,64	1,4	0,65	78,4	234,3	0,24	166,1	127,156	107,1	0,101	10,8	1.157,1	123.927,1
2	0,64	1,4	0,65	78,4	234,3	0,76	47,4	36,314	197,9	0,313	61,9	12.249,3	2.424.729,5
3	0,64	1,4	0,35	73,5	219,6	0,24	166,1	127,156	92,4	0,055	5,1	471,9	43.604,3
4	0,64	1,4	0,35	73,5	219,6	0,76	47,4	36,314	83,2	0,171	31,4	5.752,8	1.054.133,0
5	0,36	1,2	0,65	78,4	193,6	0,24	166,1	127,156	66,5	0,057	3,8	250,5	16.643,5
6	0,36	1,2	0,65	78,4	193,6	0,76	47,4	36,314	157,3	0,176	27,6	4.349,1	684.094,4
7	0,36	1,2	0,35	73,5	181,5	0,24	166,1	127,156	54,3	0,031	1,7	91,6	4.975,7
8	0,36	1,2	0,35	73,5	181,5	0,76	47,4	36,314	145,1	0,096	14,0	2.029,4	294.545,0

σ	**43,93**
θ	**-0,88**

β =	**3,56**
Risco (K) =	**0,02%**

Tabela 8 – Resultado da Simulação de Monte Carlo (SMC)

No. de simulações	100.000
No. de ocorrências Z < 0	414
Risco	0,41%
Z Mínimo	-146,5
Z Médio	156,8
Z Máximo	251,5

Tabela 9 – Resultado do Método "Advanced First Order Second Moment" (AFOSM)

	1a. Iteração					
	Xi*	**σ**	**μ**	**δg/δXi***	**α**	**u-ασβ**
C	1,33347	0,14811	1,3540257	23,85	0,526	1,064
L	76,6799	2,95895	77,08007	8,287	0,183	75,067
Qa	76,3872	49,1395	67,371483	-37,6	-0,830	219,132
	Qs=	**Qe=**	**Z = Qs-Qe =**			
	167,7442	167,7441	1,95E-05		**β =**	**3,720**
	2a. Iteração					
	Xi*	**σ**	**μ**	**δg/δXi***	**α**	**u-ασβ**
C	1,06398	0,07977	1,2342942	12,58	0,160	1,202
L	75,0669	3,17993	77,144811	7,106	0,090	76,421
Qa	219,132	101,211	0,9782415	-77,5	-0,983	252,061
	Qs=	**Qe=**	**Z = Qs-Qe =**			
	192,9512	192,951	0,00026		**β =**	**2,524**
	3a. Iteração					
	Xi*	**σ**	**μ**	**δg/δXi***	**α**	**u-ασβ**
C	1,20217	0,15257	1,3517204	24,49	0,274	1,241
L	76,4213	3,03109	77,092848	7,653	0,086	76,406
Qa	252,061	111,952	-23,84388	-85,7	-0,958	260,175
Qs=	**Qe=**	**Z = Qs-Qe =**				
	199,1625	199,1622	0,000282		**β =**	**2,648**
	4a. Iteração					
	Xi*	**σ**	**μ**	**δg/δXi***	**α**	**u-ασβ**
C	1,24112	0,15839	1,3568161	25,42	0,277	1,240
L	76,4061	3,03486	77,093694	7,911	0,086	76,399
Qa	260,175	114,503	-30,22046	-87,7	-0,957	260,003
	Qs=	**Qe=**	**Z = Qs-Qe =**			
	199,0302	199,0302	-4,5E-07		**β =**	**2,649**
	5a. Iteração					
	Xi*	**σ**	**μ**	**δg/δXi***	**α**	**u-ασβ**
C	1,2404	0,15833	1,3567768	25,41	0,277	1,240
L	76,3994	3,03651	77,094065	7,91	0,086	76,399
Qa	260,003	114,445	-30,07449	-87,6	-0,957	260,000
Qs=	**Qe=**	**Z = Qs-Qe =**				
	199,0279	199,0279	-9,4E-09		**β =**	**2,649**
Risco (K) =				**0,40%**		

1996 - Artigo apresentado no III Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, Salvador– BA.

A RECUPERAÇÃO DE AÇUDES NO ÂMBITO DA GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO CEARÁ

Rogério de Abreu Menescal[1]
Joaquim Guedes Corrêa Gondim Filho[2]
Yuri Castro de Oliveira[3]

RESUMO

O Estado do Ceará vem passando por um processo de modernização do seu sistema de gestão dos recursos hídricos. Neste contexto, foi criada recentemente a Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Ceará - COGERH, com a missão de gerenciar a oferta dos recursos hídricos constantes dos corpos d'água superficiais e subterrâneos de domínio do Estado.

Com o intuito de operar os açudes de forma mais adequada e segura, foi elaborado pela COGERH o Programa de Manutenção e Recuperação de Açudes Estaduais (PMRAE), consistindo nas fases de levantamento de dados técnicos, diagnóstico, elaboração e implantação do projeto de recuperação, elaboração de manuais e rotinas operacionais e treinamento de equipes de campo. A 1ª. Etapa do PMRAE envolveu 17 açudes de pequeno e médio porte.

O objetivo do presente trabalho é descrever a metodologia utilizada e relatar a experiência acumulada pela COGERH no desenvolvimento deste programa.

O acesso da equipe operacional durante as fases de elaboração e implementação de novos projetos, tem permitido que a experiência adquirida na operação dos açudes, influencie de forma positiva.

A mentalidade de discutir os problemas operacionais encontrados com outros técnicos e a comunidade usuária favorece o encontro de soluções mais amadurecidas.

O Governo do Estado tem envidado esforços no sentido de inibir a falta de registros técnicos e melhorar o nível de projeto e controle da execução de novos açudes.

[1] *Chefe do Dpto. de Engenharia de Segurança de Obras Hídricas da COGERH*
[2] *Diretor de Operações da COGERH*
[3] *Técnico em Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos da COGERH*

Finalmente, a cobrança pelo uso da água é entendida como fundamental para a racionalização do seu uso e conservação e instrumento de viabilização de recursos para o seu gerenciamento.

ABSTRACT

The Ceará State has been experiencing a modernisation process of its water resource management system. In this context, the Water Resources Management Company of Ceará State - COGERH was created recently to manage the superficial and underground water resources offering in Ceará State

In order to operate the dams properly and safely, COGERH elaborated the State Dams Maintenance and Rehabilitation Program (PMRAE). The PMRAE lies on 6 steps: technical data recover, diagnosis, rehabilitation projects development and implementation, operational routines manuals elaboration and field teams training. The 1st part of PMRAE included 17 small and middle size dams.

The objective of this paper is to describe the adopted methodology and to report the acquired experience by COGERH in developing this program.

The operational team access during the new projects conception and implementation permits a positive influence of the obtained experience.

The purpose of discussing the operational problems found with other technicians and the users community allows the attainment of more adequate solutions.

The State Government has made efforts to inhibit the technical data lack and to improve the new dams projects and control.

Finally, the charge for water use is understood as essential to its rational and conservative use and as an instrument to provide financial resources to achieve practicable water management.

INTRODUÇÃO

O Estado do Ceará vem passando por um processo de modernização do seu sistema de gestão dos recursos hídricos. Neste Contexto, o Governo do Estado criou recentemente a Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Ceará - COGERH, com a missão de gerenciar a oferta dos recursos hídricos constantes

dos corpos d'água superficiais e subterrâneos de domínio do Estado.

Com o objetivo de colocar os açudes estaduais aptos para uma operação adequada e segura, a COGERH elaborou o Programa de Manutenção e Recuperação de Açudes Estaduais - PMRAE, incluindo suas estruturas hidráulicas associadas. A 1ª. Etapa do PMRAE envolveu 17 açudes de pequeno e médio porte, cujas características técnicas encontram-se apresentadas na Tabela 1.

O objetivo do presente trabalho é descrever a metodologia utilizada e relatar a experiência acumulada pela COGERH na elaboração deste programa.

BASE CONCEITUAL

A recuperação de açudes de médio porte tratada neste trabalho, diz respeito às obras e serviços necessários para colocar os mesmos em situação operacional de forma satisfatória e segura. O termo açude tem uma definição ampla que inclui a barragem, reservatório e obras hidráulicas associadas.

A Comissão Internacional de Grandes Barragens (ICOLD), define segurança como sendo a capacidade das estruturas, reservatório e zona a jusante da barragem em atender requisitos de desempenho durante a expectativa de vida da estrutura, considerando aspectos ambientais, estruturais, hidráulicos e operacionais (Silveira, 1990).

Um incidente é definido como uma falha no desempenho, que pode afetar, a curto ou longo prazo, a operação da barragem e que requer algum tipo de trabalho de manutenção.

Um acidente significa alguma ocorrência excepcional que afeta o comportamento da barragem e cuja evolução, se não controlada, pode causar sua ruína.

Risco potencial é definido como sendo o valor econômico das conseqüências de um acidente, independente da probabilidade de sua ocorrência, cujas conseqüências são avaliadas considerando as perdas de vida e danos nas propriedades. O risco efetivo é definido como o produto do risco potencial e a probabilidade de ocorrência de um acidente associado.

Além das conseqüências com prejuízos diretos, como a perda de vidas humanas e os danos materiais no açude e nas zonas inundadas, há ainda que considerar os prejuízos indiretos resultantes da interrupção das atividades produtivas nas zonas afetadas, da impossibilidade de exploração dos recursos hídricos e os resultantes de traumas psicológicos e físicos nos sobreviventes. A determinação exata do valor total dos prejuízos torna-se assim difícil, se não mesmo impossível, pois a atribuição de valor à vida humana é um aspecto que suscita questões de

ordem moral muito profundas.

As medidas de controle de segurança estabelecidas levam ao atendimento dos requisitos de desempenho, reduzindo assim os riscos efetivos, sempre presentes, de incidentes e acidentes. Isto representa a garantia de durabilidade durante a expectativa de vida de uma estrutura.

O ICOLD considera ainda, que falhas no desempenho e ocorrências excepcionais, que causam incidentes e acidentes, dizem respeito a danificação, e que estas necessitam de métodos eficientes para detecção e correção.

Ramos (1995) observa que cerca de 50% das ruínas de barragens estão relacionadas com questões hidrológicas/operacionais. O fator operacional assume portanto, uma grande importância na segurança de barragens, o que obriga a sua definição cuidadosa pelas instituições encarregadas da operação.

PROGRAMA DE MANUTENÇÃO E RECUPERAÇÃO DE AÇUDES ESTADUAIS - PMRAE

O PMRAE seguiu, a princípio, as diretrizes estabelecidas em FEMA (1987), Eletrobrás (1987) e USBR (1995), tendo sido subdividido em 6 fases.

Levantamento de características técnicas

A primeira fase consistiu na coleta, análise e consolidação das informações técnicas obtidas de diversas instituições e diretamente de visitas de campo.

Diagnóstico

A segunda fase consistiu, a princípio, na análise dos projetos e dados de instrumentação e desempenho da obra, consolidados com visitas de inspeção em campo para avaliação situacional das obras. A consecução desta fase foi dificultada pela falta de projetos "as built" e dados de acompanhamento sistemático do desempenho das obras. Para esta fase foram elaboradas listas de verificação ("checklists"), que foram preenchidas durante as inspeções de campo, complementadas com informações verbais de pessoas na região das obras para tentar resgatar o histórico de cada uma.

Problemas similares foram encontrados pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT) durante a execução do Programa de Segurança Estrutural do Sistema Metropolitano de São Paulo, conforme descrito por Gehring (1987).

O método de detecção por observação direta é o mais usualmente utilizado, apesar de ser falho, pois em algumas situações somente permite a detecção do problema quando este já atinge um estágio avançado (Silveira, 1990).

Os principais problemas encontrados nas obras foram:

a) ausência de sistemas de medição e controle de vazão, gerando sub-utilização do açude e impossibilitando a operação da barragem;

b) falta de pessoal treinado, vigilância e proteção das obras, ocasionando operação imprópria e depredação dos equipamentos;

c) entupimento das calhas e canaletas de drenagem superficial;

d) presença de vegetação excessiva, erosão em estágio avançado e formigueiros, comprometendo seriamente a segurança das obras;

e) falta de acesso apropriado ao local das obras.

Projeto de recuperação

Com base nos aspectos observados nas duas fases anteriores, iniciou-se a terceira fase, a de elaboração dos projetos de recuperação, visando a preparação das obras para a operação de maneira satisfatória.

Os projetos de recuperação específicos para cada açude incluem, de uma forma geral, os seguintes serviços:

a) construção e aferição de medidores de vazão;

b) desmatamento da vegetação nociva e eliminação de formigueiros;

c) remodelação e recuperação do sistema de drenagem superficial e recomposição das erosões;

d) plantio de vegetação apropriada;

e) conserva dos caminhos de acesso;

f) confecção de cercas de isolamento e fechamento de áreas de segurança;

g) manutenção, restauração e substituição de equipamentos hidromecânicos, inclusive os dispositivos de montante;

h) construção de postos de operação do reservatório e aquisição de ferramenta para serviços básicos de manutenção.

As soluções adotadas consideraram a experiência local e de regiões similares, tendo sempre em vista aspectos conjunturais (recursos limitados, dificuldade de mão de obra especializada, etc.).

Os valores estimados para os serviços de recuperação encontram-se apresentados na Tabela 1.

Implantação do projeto de recuperação

Para a quarta fase, a atual conjuntura política impôs o questionamento de até que ponto a manutenção, recuperação e operação destas obras podem ser efetuadas e custeadas exclusivamente com recursos públicos.

A oferta de água no semi-árido nordestino requer a execução de importantes obras de reservação e adução, pois a ocorrência natural de águas apresenta padrões temporais e espaciais não compatíveis com a maioria das atividades econômicas.

O financiamento da construção, operação, manutenção e recuperação destas obras é atualmente onerado à figura do contribuinte, sendo até hoje pago pelo erário público, alimentado pela contribuição de impostos federais e estaduais.

Este modelo se encontra atualmente em crise e não permite satisfazer as necessidades de operação, manutenção, recuperação e ampliação da infra-estrutura existente.

O argumento é que somente através de uma política de retorno apropriada, pode o Poder Público recuperar o capital para investir em outros projetos de forma a beneficiar outros usuários, garantindo assim a continuidade das ações do Estado.

No Ceará, a cobrança pelo uso da água é entendida como fundamental para a racionalização do seu uso e conservação e instrumento de viabilização de recursos para o seu gerenciamento.

A idéia inicial é estabelecer uma tarifa pelo uso da água que cubra, pelo menos, os custos de manutenção, operação e recuperação da infra-estrutura hídrica existente.

Tendo em vista que ainda não foi efetivada a cobrança pelo uso da água no Ceará, a COGERH utilizará recursos próprios do Governo do Estado para recuperação dos 17 açudes públicos estaduais incluídos na 1ª Etapa do PMRAE.

Elaboração de manuais e rotinas operacionais

Estão sendo elaborados os manuais e rotinas operacionais para cada açude ou grupos de obras com características similares, conforme o aspecto específico (e.g. geotécnico, estrutural, hidromecânico, ambiental etc.) a ser abordado.

Treinamento de equipes de campo para O&M preventiva.

A fim de manter uma estrutura organizacional enxuta e pensando na preservação da memória técnica das obras, a diretriz atual para os açudes de pequeno e médio portes é treinar pessoas da própria comunidade usuária, na região do açude, a fim de deixá-las aptas a operar e efetuar serviços simples de manutenção, com a supervisão periódica de técnico especializado da COGERH, enquanto que os serviços de maior complexidade seriam efetuados mediante contratos de terceirização. Para os açudes de maior porte, estratégicos ou "mais viáveis" economicamente, a idéia é manter equipes especializadas para atender a grupos de obras.

CONCLUSÕES

Os recursos limitados dificultam o planejamento de uma manutenção preventiva que passa a se restringir a uma do tipo corretiva, para não dizer emergencial em alguns casos. O esforço para demonstrar que os custos de uma manutenção preventiva é geralmente inferior às soluções caras e muitas vezes paliativas de uma medida emergencial é constante na tentativa de reverter este quadro.

O acesso da equipe operacional durante as fases de elaboração e implementação de novos projetos, tem permitido que a experiência adquirida na operação dos açudes, influencie de forma positiva, evitando a repetição dos mesmos erros nos novos projetos.

Ao contrário do procedimento de tentar esconder os problemas ocorridos nas barragens, a "nova" mentalidade é a de discutir com outros técnicos e a comunidade usuária, para encontrar uma solução mais amadurecida, sem perder de vista a economicidade e praticidade conjunturalmente exigidas.

A fim de inibir a falta de registros técnicos e melhorar o nível de projeto e controle da execução de novos açudes, o Governo do Estado do Ceará baixou o Decreto Nº 23.068, de 11 de fevereiro de 1994, que regulamenta o controle técnico das obras de oferta hídrica. A manualização do disposto neste decreto encontra-se em MENESCAL (1994).

Finalmente, a cobrança pelo uso da água é entendida como fundamental para a racionalização do seu uso e conservação e instrumento de viabilização de

recursos para o seu gerenciamento. A idéia é se estabelecer uma tarifa pelo uso da água que cubra, pelo menos, os custos de manutenção, operação e recuperação da infra-estrutura hídrica existente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ELETROBRÁS. Avaliação da Segurança de Barragens Existentes. Centro da Memória da Eletricidade no Brasil, Rio de Janeiro, 1987, 170p.

FEMA. Dam Safety: An Owner's Guidance Manual. United States Federal Emergency Management Agency, Denver, 1987, 117p.

GEHRING, J.G. Aspectos Atuais na Avaliação da Segurança de Barragens em Operação. Dissertação de Mestrado, USP, São Paulo, 1987, 249p.

MENESCAL, R.A. Apresentação de Projetos para Pequenos Barramentos - Roteiro de procedimentos. IOCE/SRH, Fortaleza, 1994, 40p.

RAMOS, C.M. Segurança de Barragens - Aspéctos hidráulicos e operacionais. ICT/ITH 38, LNEC, Lisboa, 1995, 43p.

SILVEIRA, A.E. Some considerations on the durability of dams. ICT/INCB 6, LNEC, Lisboa, 1990, 30p.

USBR. Safety Evaluation of Existing Dams. United States Department of Interior, Bureau of Reclamation, Denver, 1995, 170p.

Tabela 1 - Características técnicas das barragens

Nome	Volume Armazenado (hm^3)	Maciço			Sangradouro		Tomada D'água		Custos de Recuperação (1.000 US$)
		Tipo	Altura Máxima (m)	Extensão pelo Coroamento (m)	Tipo	Largura (m)	Tipo	Diâmetro (mm)	
Adauto Bezerra	5,2	BTH	14,0	117,0	CER	24,0	NE	NE	22,0
Arribita	19,6	BTH	17,3	464,0	CER	70,0	GJ	300	32,0
Canafístula	13,1	BTH	14,8	850,0	CER	60,0	GJ	300	38,0
Carnaubal	87,7	BTH	18,4	760,0	CER	100,0	GMJ	500 (2x)	41,0
Cipoada	86,0	BTH	20,8	1.130,0	CER	150,0	GJ	400 (2x)	87,0
Cupim	7,2	BTH	10,0	350,0	CER	50,0	S	150	20,0
Jaburu I	210,0	BTZ	47,0	770,0	CER	80,0	GJ	600	48,0
Jaburu II	127,7	BTH	16,2	1.054,0	CER	140,0	GJ	400 (2x)	72,0
Parambu	8,5	BTZ	20,8	278,0	CER	67,0	GJ	300	37,0
Potiretama	6,3	BTH	11,8	375,0	VSE	60,0	GJ	200	26,0
Quandu	3,6	BTH	19,5	195,0	CER	42,0	GJ	300	27,0
Realejo	31,5	BTH	21,0	712,0	CER	70,0	GMJ	500	49,0
São José I	7,7	BTH	12,7	230,0	CER	120,0	S	150	25,0
São José II	29,2	BTH	19,0	330,0	CER	60,0	GJ	450	47,0
Sucesso	10,0	BTH	10,0	516,0	CER	100,0	S	150	33,0
Tigre	20,0	BTH	17,5	270,0	CER	50,0	S	150	30,0
Trapiá	18,2	BTH	27,4	270,0	VPC	50,0	GJ	300	38,0

BTH - Barragem de Terra Homogênea;
BTZ - Barragem de Terra Zoneada;
CER - Canal Escavado em Rocha com cordão de fixação da soleira;
VSE - Vertedouro Soleria Espessa;
VPC - Vertedouro em Perfil Creager;
GJ - Galeria com controle a Jusante;
GMJ - Galeria com comporta a Montante e registro/válvula a Jusante;
S - Sifão;
NE - Dispositivo inexistente;
2x - Tubulação dupla.

2001 - Artigo apresentado no XXIV Seminário Nacional de Grandes Barragens, Fortaleza – CE.

AÇÕES DE SEGURANÇA DE BARRAGENS NO ESTADO DO CEARÁ

Rogério de Abreu Menescal [1]

Alexandre de Souza Fontenelle [2]

Sandra Keila Freitas de Oliveira [3]

Vicente de Paulo Pereira Barbosa Vieira [4]

RESUMO

Este trabalho relata as atividades de Segurança de Barragens desenvolvidas na COGERH[5]. Através do histórico e da retrospectiva dos serviços, procura mostrar as evoluções ocorridas nas atividades de Segurança de Barragens, descrevendo àquelas atualmente realizadas e as em desenvolvimento, com destaque para os trabalhos de sistematização e conscientização da importância da Segurança de Barragens no âmbito da gestão dos recursos hídricos e do desenvolvimento sustentável.

1 – INTRODUÇÃO

O considerável número de açudes[6] existentes no Ceará e a importância destes na vida da população já justificariam os cuidados devidos a estes elementos essenciais da infra-estrutura estadual, mas outros aspectos devem ser lembrados em relação à segurança destas obras. Inicialmente, preocupa a disparidade com que elas são operadas e mantidas. O envelhecimento das obras existentes, muitas vezes sem o necessário acompanhamento e as medidas corretivas cabíveis, é outro ponto a ser considerado. (Menescal, 1998)

A ausência de um abrangente e efetivo sistema de operação, manutenção e controle das obras hídricas situadas em território cearense não é aceitável. O trabalho

[1] COGERH - Diretor de Operações e Monitoramento
[2] COGERH - Gerente do DESOH
[3] COGERH - Pesquisadora do DESOH
[4] UFC - Professor Titular
[5] Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará
[6] O termo açude abrange a barragem, reservatório e obras hidráulicas associadas.

da administração pública procurando dotar o estado de um Sistema Integrado de Gestão dos Recursos Hídricos não completar-se-á sem a elaboração e implementação de um plano de segurança de obras hídricas que garanta sua operação confiável.

Além das conseqüências com prejuízos diretos, como a perda de vidas humanas e os danos materiais no açude e nas zonas inundadas, há ainda que considerar os prejuízos indiretos resultantes da interrupção das atividades produtivas nas zonas afetadas, da impossibilidade de exploração dos recursos hídricos e os resultantes de traumas psicológicos e físicos nos sobreviventes. A determinação exata do valor total dos prejuízos torna-se assim difícil, se não mesmo impossível, pois a atribuição de valor à vida humana é um aspecto que suscita questões de ordem moral muito profundas. Para contornar este problema alguns autores têm utilizado avaliações indiretas pelo custo por vida salva

Tendo em vista a necessidade de orientar o planejamento e a gestão dos recursos hídricos para o desenvolvimento sustentável[7], Vieira (1994) aponta alguns princípios e critérios que poderão nortear uma nova política de águas para o semi-árido, entre eles o de promover um sistemático programa de manutenção preventiva e corretiva dos açudes e equipamentos hidromecânicos existentes.

2 – HISTÓRICO

No âmbito mundial, uma série de rupturas catastróficas, a partir da década de 50, levou diversos países a adotarem medidas que garantissem a segurança de suas barragens. Foi no ano de 1979, em Nova Delhi, durante o Congresso Internacional de Grandes Barragens, que se decidiu investir maiores esforços no âmbito da segurança. CBDB (1999) cita a experiência de vários países (Estados Unidos da América, Canadá, Suécia, Inglaterra, Itália, França, Noruega, Finlândia, entre outros), bem como a preocupação da Comissão Internacional de Grandes Barragens (CIGB) com a segurança de barragens e sua intensa atividade neste campo com a formação de diversos comitês, edição de recomendações e organização de congressos, seminários e cursos. Informa ainda do sensível avanço nos regulamentos e critérios utilizados pelos diversos países, havendo uma tendência de

[7] "um permanente processo de aperfeiçoamento e ampliação dos patrimônios econômico, social e ambiental de um país ou região, conduzido de forma harmônica e equanimemente distribuído no espaço e no tempo" Vieira (1994).

uniformização de conceitos e práticas recomendadas.

Com relação ao Brasil, a legislação brasileira, em geral, não apresenta exigências detalhadas no que diz respeito à segurança de barragens. CBDB (1999), cita o caso do Estado de São Paulo, que, após os acidentes ocorridos com as barragens de Euclides da Cunha e Armando de Salles Oliveira, em 1977, emitiu Decreto-Lei dispondo sobre segurança das barragens no Estado e recomendando auditorias técnicas permanentes, mas que o referido decreto nunca foi implementado. Observa que a Lei de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo contém artigos aplicáveis à segurança de barragens e ao seu funcionamento adequado. Por ter sido o primeiro estado brasileiro a legislar sobre recursos hídricos, cabe observar que esta lei serviu de modelo para todos os demais estados e até à lei federal 9.433, de 1997.

CBDB (1999) destaca as publicações, pelo CBGB[8], em 1979 e 1983, das "Diretrizes para a Inspeção e Avaliação da Segurança de Barragens em Operação". Posteriormente, em 1986, a edição das "Recomendações para a formulação e Verificação de Critérios e Procedimentos de Segurança de Barragens" e, em 1996, "Auscultação e Instrumentação de Barragens no Brasil". Vale ainda frisar os esforços institucionais como ações do Ministério de Minas e Energia, em 1988, voltados à segurança de barragens, e através do CBGB, em 1996, com a sugestão para a criação do Conselho Nacional de Segurança de Barragens.

Com a criação da ANA[9] em 2000 (Lei federal 9.984, de 17 de julho de 2000), entendemos que caberá a este órgão regulador assumir as ações em âmbito nacional no que concerne à regulamentação e fiscalização sobre a segurança das obras hídricas, englobando hidrelétricas, barragens de abastecimento, canais, estações elevatórias, adutoras, poços, túneis etc, conforme pode ser observado em sua lei de criação no artigo 4°, incisos X e XII transcritos a seguir:

Art 4º A ação da ANA obedecerá aos fundamentos, objetivos, diretrizes e instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos e será desenvolvida em articulação com órgãos e entidades públicas e privadas integrantes do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, cabendo-lhe:

> *X – Planejar e promover ações destinadas a prevenir ou minimizar os efeitos das secas e inundações, no âmbito do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, em articulação com o órgão central do Sistema Nacional de Defesa Civil, em apoio aos Estados e Municípios.*
> *XII – Definir e fiscalizar as condições de operação de reservatórios por agentes públicos e privados, visando garantir o uso múltiplo dos*

[8] Comitê Brasileiro de Grandes Barragens, tornou-se CBDB em 1999.
[9] Agência Nacional de Águas

recursos hídricos, conforme estabelecido nos planos de recursos hídricos das respectivas bacias hidrográficas.

Quanto ao Estado do Ceará, cabe ressaltar que as ações podem ser divididas em duas fases. Antes de 1987, predominou no Ceará a ação do DNOCS[10], com a construção de obras hídricas (canais, adutoras, açudes, poços, estações elevatórias, perímetros irrigados etc.) de médio e grande porte. Através de um programa de cooperação com os municípios e proprietários rurais, o DNOCS participou também do projeto e financiou a construção de um grande número de açudes de pequeno e médio porte. Nesta fase, destaca-se ainda o trabalho dos seguintes órgãos: a) Departamento de Poços e Açudes da SOEC[11]; b) SOSP[12]; c) CAGECE[13], que com o apoio do extinto DNOS[14], projetou e construiu as obras do Sistema Pacajus-Pacoti-Riachão-Gavião e Canal do Trabalhador que integram o Sistema de Abastecimento da Região Metropolitana de Fortaleza; d) Outras instituições, tais como DAER[15], INCRA[16] e Secretaria de Ação Social, e programas governamentais com a construção de obras em épocas de emergência, devido às secas.

As ações destes órgãos, complementadas pelas dos proprietários rurais, resultou em um imenso número de obras hídricas que possibilitaram ao Ceará conviver com as características peculiares do seu meio físico e as irregularidades climáticas da Região Nordeste. Menescal *et allii* (2001a) apresenta algumas generalidades sobre a construção de açudes e avalia o número de barragens existentes no Estado do Ceará em aproximadamente 30.000 considerando-se todos os tamanhos e tipos.

Estas obras hídricas foram operadas e mantidas de forma diferenciada. As construídas pelo DNOCS eram operadas por equipes sediadas junto aos reservatórios e perímetros irrigados e recebiam alguma manutenção. O mesmo pode ser dito em relação aos barramentos da CAGECE na Região Metropolitana de Fortaleza. Já as obras públicas construídas pelo Estado eram normalmente entregues às Prefeituras e quase não recebiam cuidados de manutenção. Quanto à manutenção dada às obras particulares, esta varia muito em função do interesse e disponibilidade financeira dos proprietários rurais.

Após 1987, deu-se um marcante salto qualitativo na gestão dos recursos hídricos do Ceará. Com a criação da SRH[17] (Lei n. 11.306 de 01/04/87), teve início a efetiva estruturação institucional e o planejamento do setor hídrico do Ceará, concomitante ao estabelecimento de uma política de recursos hídricos.

Dentro da ótica de gerenciamento dos recursos hídricos assumida a partir de 1987, no que diz respeito à operação e segurança das obras hidráulicas, foram empreendidas as

[10] Departamento Nacional de Obras Contra as Secas
[11] Superintendência de Obras do Estado do Ceará
[12] Secretaria de Obras e Serviços Públicos
[13] Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará
[14] Departamento Nacional de Obras e Saneamento
[15] Departamento Autônomo de Estradas e Rodagens
[16] Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
[17] Secretária dos Recursos Hídricos

seguintes ações:

- Criação da Companhia de Gestão de Recursos Hídricos – COGERH (lei n. 12.217 de 18/11/93) com a missão de gerenciar a oferta dos recursos hídricos constantes dos corpos d'água superficiais e subterrâneos de domínio do Estado. É considerada por alguns autores como a primeira Agência de Bacia nos moldes da Lei de criação da ANA
- Regulamentação do Controle Técnico das Obras de Oferta Hídrica - Decreto n. 23.068 de 11/02/94, objetivando inibir a falta de registros técnicos e melhorar o nível de projeto e controle da execução de novos açudes;
- Criação do PISB[18] para as obras do PROURB – 1994;
- Publicação do Roteiro de Procedimentos para Apresentação de Projetos de Pequenos Barramentos (Menescal, 1994) objetivando a manualização do disposto no Decreto no. 23.068;
- Criação de uma Câmara Técnica para controle de obras de oferta hídrica envolvendo os diversos órgãos competentes do Sistema de Gestão de Recursos Hídricos - 1994;
- Criação do Departamento de Engenharia de Segurança de Obras Hídricas – DESOH, vinculado a Diretoria de Operações, responsável pelas ações normativas e de controle das obras hídricas operadas pela COGERH - 1995;
- Divulgação da Minuta de Norma da Elaboração de Projetos das Barragens do PROURB (SRH, 1996);
- Celebração do Convênio entre a COGERH e o DNOCS para Operação conjunta das barragens federais no Estado do Ceará;
- Elaboração do Projeto e Execução de Obras de Recuperação de Açudes Estaduais – 1ª Etapa, contemplado 18 açudes estaduais (COGERH, 1996a);
- Concepção do Projeto Executivo de Obras de Recuperação em Açudes e Obras Hidráulicas na Bacia do Curu (COGERH, 1996b);
- Concepção do Manual Básico de Operação e Manutenção Preventiva de Equipamentos Hidromecânicos para Açudes (Menescal et allii, 1996);
- Elaboração de um Manual de Segurança de Barragens (Menescal et allii, 1997a)
- Elaboração do Diagnóstico, Projeto e Execução das Obras de Recuperação da Infra-estrutura Hídrica de Água Bruta do Sistema Metropolitano (COGERH, 1997);
- Elaboração de um Cadastro Preliminar de Açudes Existentes no Estado do Ceará (Menescal et allii, 1997b);

[18] Painel de Inspeção e Segurança de Barragens

- Elaboração de uma Síntese de Açudes do Estado do Ceará – Volume 1 (Menescal & Coelho, 1998);
- Elaboração de projeto Básico e Execução de Obras de Recuperação do Canal do Trabalhador (COGERH, 1998a);
- Estudos de Hierarquização de Açudes a serem construídos para o PROURB (COGERH, 1998b);
- Elaboração de Projeto e Execução dos Serviços de Recuperação e Modernização dos Equipamentos Hidromecânicos de Açudes Estaduais (Fontenelle, 1999);
- Cadastro de Açudes do Estado do Ceará para o PROURB (COGERH, 2000a);
- Elaboração do Projeto de Recuperação do Açude Jaburú I (COGERH, 2000b);
- Estudos, obras e serviços para a garantia da segurança e operacionalidade das obras gerenciadas pela COGERH.

3 – AÇÕES RELACIONADAS COM A SEGURANÇA DE OBRAS HÍDRICAS

As ações citadas neste item referem-se ao conjunto de atividades desenvolvidas e em andamento na COGERH desde a criação do DESOH, em 1995.

3.1 – DESENVOLVIMENTO INSTITUCIONAL

As principais atividades desenvolvidas pelo DESOH para este tópico estão relacionadas com:

a) Acervo bibliográfico sobre Segurança de Obras Hídricas

Foram realizados levantamentos e adquiridos diversos trabalhos relacionados à Segurança de Barragens no Mundo, no Brasil e no Ceará. Este acervo bibliográfico deverá ser mantido e atualizado continuamente.

b) Acervo Técnico das Obras

Foram coletadas e encontram-se em complementação as informações técnicas sobre os principais açudes do Estado do Ceará, que achavam-se dispersas em diversos órgãos, com o intuito de subsidiar o diagnóstico e a tomada de decisão sobre eventuais problemas observados. Este acervo técnico deverá ser mantido e atualizado continuamente.

c) Listas de inspeção.

Foram desenvolvidas listas de inspeção considerando as principais anomalias observadas nos açudes do Estado para orientar na inspeção e diagnóstico do estado geral da infra-estrutura física das barragens e equipamentos hidromecânicos. A metodologia para o desenvolvimento e aplicação destas listas, assim como os resultados de sua aplicação encontram-se apresentados em Menescal *et allii* (2001b). Em algumas situações foram efetuadas inspeções subaquáticas pela equipe de manutenção hidromecânica da COGERH para avaliar as condições de equipamentos e dispositivos submersos. Encontram-se em desenvolvimento listas de inspeção para outros tipos de obras hídricas, tais como canais, adutoras, estações elevatórias, túneis e poços.

d) Diário de Ocorrências:

Foram disponibilizados Diários de Ocorrências nos locais das obras, que, a longo prazo, vão complementar o histórico do açude. O técnico que visitar o açude pode, e deve, anotar no diário as impressões e observações sobre as condições do reservatório, que, se procedentes, serão consideradas para acompanhamento e correção.

e) Reuniões com Consultores Externos:

O DESOH participa de reuniões apresentando sugestões em detalhes técnicos das obras em projeto e construção visando a melhoria de condições de operação e manutenção na futura gestão, que será de responsabilidade da COGERH. Também tem participado de reuniões específicas com o Painel Inspeção e Segurança de Barragens – PISB com o objetivo de avaliar as condições das obras pós-construção e discutir aspectos de sua segurança.

f) Dossiês dos Açudes:

Foram elaborados dossiês dos açudes que ficam disponíveis no local da obra e nas sedes das gerências das bacias e contendo os desenhos de projeto e as principais características técnicas dos açudes. Para alguns açudes são acrescidas observações feitas pelo PISB desde a fase de apresentação inicial do projeto, passando pelas considerações sobre nível de qualidade das obras, reavaliações e adaptações durante a operação.

g) Análise de Dados da Instrumentação dos açudes:

O DESOH realiza, com o apoio das gerências, a leitura e análise dos instrumentos (basicamente piezômetros e medidores de fluxo pelo maciço e

fundação) de alguns açudes. Esta instrumentação ajuda a monitorar o desempenho e fornecer indicativos de situações de perigo. Também intrínseco ao programa de instrumentação está a pronta notificação ao pessoal responsável quando as observações forem atípicas ou divergirem dos critérios de projeto.

h) Capacitação de Gerentes e Técnicos:

Constitui compromisso permanente do DESOH fazer com que haja por parte dos gerentes um entendimento sobre as responsabilidades relacionadas à segurança das obras hídricas, para tanto os gerentes terão, obrigatoriamente, que: ter entendimento sobre os sinais visuais de problemas; ter Normas e Procedimentos para operar adequadamente os equipamentos eletromecânicos; estar aptos a apresentar respostas emergenciais, incluindo alertas; e ter conhecimento dos princípios de monitoramento das obras. Esta capacitação é estimulada através de treinamentos internos e elaboração de material didático para cada gerência.

Os técnicos do DESOH têm participado de eventos nacionais e internacionais na área de segurança de obras hídricas, e em intercâmbios com instituições como a CESP e o *Bureau of Reclamation.* Têm também promovido cursos e palestras, na própria COGERH, ministrados por consultores de renome tais como: Paulo Teixeira da Cruz, Nelson de Souza Pinto, Ricardo Oliveira, Nieble, Francisco Holanda, Lélio Lindquinst etc.

i) Avaliação do Potencial de Risco

Foi elaborada pelo DESOH, com apoio do PISB, uma *Metodologia de Avaliação do Potencial de Risco,* que se encontra detalhada em Menescal *et allii* (2001c), que inclui avaliações das condições físicas das estruturas e dos perigos delas advindos, visando priorizar as ações futuras de segurança para a aplicação dos recursos nos locais mais necessários.

j) Elaboração de um PAE

Foi elaborado pelo DESOH um modelo de Plano de Ações Emergenciais definindo responsabilidades e contendo procedimentos de emergência e de notificação das autoridades responsáveis e população em geral para salvaguardar vidas e reduzir danos ao longo do rio na eventualidade de uma ruptura da barragem (Menescal e Miranda, 1997). Foram mantidos contatos iniciais com a Defesa Civil do Estado do Ceará a fim de implementar este Plano.

k) Banco de Dados

Encontra-se em fase de desenvolvimento um Banco de Dados alimentado com as informações obtidas das listas de inspeções que permitirá um melhor acompanhamento da evolução, diagnóstico e encaminhamento das soluções das anomalias detectadas.

Para desempenhar suas atribuições o DESOH conta, além de seus técnicos, com o apoio das gerências das bacias Metropolitanas e Interioranas. Cada uma destas gerências é formada, por um corpo técnico na sede da Gerência e de Agentes de Inspeção do Reservatório - AGIR em cada açude monitorado.

Dentre as suas diversas atividades, os gerentes de bacia são treinados pelo DESOH para compreender os aspectos relacionados à segurança de barragens, ficando sob sua responsabilidade os serviços de manutenção e segurança dos açudes situados na área de abrangência de sua bacia, os quais são realizados diretamente pelos AGIR's. O acompanhamento destas atividades se dá através do preenchimento, em conjunto com o AGIR, da *Lista de Inspeção de Rotina.* Em função da magnitude da anomalia, o gerente informará o DESOH, em Fortaleza, que deverá avaliar - através de inspeção de campo e análise do projeto - e tomar as providências cabíveis para solucionar os problemas. Para facilitar o entendimento de seu trabalho como gestor da segurança do açude, o gerente dispõe, na sede regional e na própria sede do açude, de *dossiê* contendo os dados e desenhos "as built" das principais estruturas (barragem, tomada de água, sangradouro) dos açudes estaduais de sua jurisdição dentro da bacia. Contém ainda o Dossiê de planta de desapropriação para auxiliar a fiscalização por parte do AGIR de possíveis danos ambientais na bacia hidráulica do açude, tais como, pesca predatória, desmatamento e construções irregulares dentro da área de preservação, deposição de lixo etc. As funções desempenhadas pelos AGIR's encontram-se apresentadas na Tabela 1.

A Figura 1 apresenta os 115 açudes gerenciados pela COGERH. Além dos açudes a COGERH opera e monitora 150 km de canais, 65 km de adutoras, 13 estações de bombeamento, 5 km de túneis e 2.500 km de leitos de rios perenizados.

3.2 – RECUPERAÇÃO[19] E MODERNIZAÇÃO DE AÇUDES

O DESOH vem executando, através de programas com suporte financeiro do Banco Mundial, diversas ações para manutenção, recuperação e modernização de barragens existentes, como forma de melhorar suas condições operacionais.

Com o intuito de operar os açudes de forma mais adequada e segura, foi elaborado pela COGERH o Programa de Manutenção e Recuperação de Açudes Estaduais (PMRAE), consistindo nas fases de levantamento de dados técnicos, diagnóstico, elaboração e implantação do projeto de recuperação, elaboração de manuais e rotinas operacionais e treinamento de equipes de campo (Menescal *et allii*, 1996).

[19] A recuperação de açudes tratada neste trabalho, diz respeito às obras e serviços necessários para colocar os mesmos em situação operacional de forma satisfatória e segura.

Numa primeira etapa foram recuperados, em 1997, 19 açudes de domínio estadual (Arrebita, Quandú, Realejo, Carnaúbal, Jaburú I, Cipoada, Adauto Bezerra, Trapiá, São José I, Canafístula, Potiretama, Tucunduba, Valério, São José II, Jaburú II, Cupim, Sucesso, Tigre e Parambú) a partir de Projeto Executivo elaborado pelo DESOH/COGERH e acompanhamento por parte da COGERH, Secretaria de Recursos Hídricos (SRH) e Superintendência de Obras Hídricas (SOHIDRA), perfazendo um valor total de US$ 904.000,00. Nesta etapa foi dada ênfase à recuperação das estruturas do maciço e vertedouro (Foto 1).

Numa segunda etapa, em 1999, foram recuperados e modernizados os conjuntos hidromecânicos de 16 açudes estaduais (Arrebita, Quandú, Tucumduba, Jerimum, Martinópole, Carnaubal, Jaburú II, Realejo, São José II, Trapiá II, Canafístula, Cipoada, Potiretama, Parambú, Poço da Pedra e Prazeres), incluindo-se a recuperação e proteção dos equipamentos hidromecânicos (Fotos 2 e 3). Estes serviços envolveram investimentos de US$ 452.000,00.

Na terceira etapa, foram elaborados os Termos de Referência tendo por base COGERH (1997) e feito o acompanhamento das obras de recuperação dos Açudes Pacajús, Pacoti, Riachão, Gavião e Acarape, responsáveis pelo abastecimento humano e industrial da região metropolitana de Fortaleza. Tais serviços totalizaram US$ 661.000,00 e constaram basicamente de:

- Desmatamento, destocamento, limpeza e regularização do coroamento dos maciços; proteção dos taludes dos maciços e dos canais de aproximação e restituição com enrocamentos e canaletas de drenagem; melhoria das estradas de acesso; construção de passagens molhadas a jusante de vertedouros; construção de Posto de Operação dos reservatórios; tratamento das erosões e construção de muro para proteção do pé dos muros de abraço e recuperação de cerca de proteção na bacia hidráulica;
- Para as tomadas de água, os serviços envolveram: dragagem do lado montante e transporte dos detritos; recuperação dos equipamentos hidromecânicos, com desmontagem, jateamento e pintura das grades de proteção, recuperação de comportas, tubos de aeração, do sistema de acionamento (pedestal, hastes e mancais etc.) e posterior montagem envolvendo serviços submersos; construção de caixa de dissipação em concreto a jusante dos açudes Pacajús e Riachão para instalação dos hidromecânicos (válvulas borboletas) com fornecimento e instalação da chapa do medidor de vazão.

COGERH (2000b) apresenta as especificações técnicas para definir os métodos, equipamentos, materiais e critérios de controle necessários à execução da recuperação da Barragem do Jaburu I (altura máxima de 47m acima da fundação

e extensão de 770m e 1.250.000m^3 de aterro) em Tianguá-Ce, cujo maciço vem apresentando surgências de água no talude de jusante, a ombreira esquerda apresenta formação de caverna (Foto 4) e o maciço rochoso do canal de restituição do vertedouro vem sofrendo um processo de erosão provocado pelas descargas anuais. As intervenções consistirão de: estabilização e drenagem da barragem nos vales principal e secundário, envolvendo execução de bermas, valeta de drenagem e trincheira drenante perimetral; alteamento da crista; execução de pavimentação em pedra tosca; recomposição do rip-rap; recuperação de canaletas; recuperação e construção dos medidores de vazão; execução de impermeabilização e estabilização no canal do sangradouro, envolvendo remoções e acertos de taludes, preenchimento de valas com concreto magro e acerto do enrocamento no talude esquerdo; Instalação de piezômetros hidráulicos (Tipo Casagrande) e marcos de nivelamento para medição de deslocamentos superficiais. O valor estimado das obras de recuperação é de US$ 520.000,00.

Destacamos ainda outros serviços do DESOH para melhorar a segurança dos açudes estaduais, tais como:

- Elaboração de especificações técnicas para fabricação e colocação de grades, alambrados, escadas e drenos para as tomadas de águas (jusante) em 7 açudes estaduais (Gangorra, Barra Velha, Monsenhor Tabosa, Olho D'água, Ubaldinho, Souza e Cauhipe);
- Elaboração de especificações técnicas e execução de serviços envolvendo a recuperação de comportas e válvulas de tomadas de água, projetos de elevação de soleira em perfis vertedouros e execução de cercas e grades de proteção nas caixas de válvulas à jusante.

Alguns açudes federais do DNOCS foram contemplados com serviços de recuperação, pois a COGERH entende que para a gestão eficiente dos recursos hídricos do estado, deve-se dispor de equipamentos em perfeito estado de conservação.

4 – COMENTÁRIOS

A ausência de um abrangente e efetivo sistema de operação, manutenção e controle das obras hídricas situadas em território cearense não é aceitável. O trabalho da administração pública procurando dotar o estado de um Sistema Integrado de Gestão dos Recursos Hídricos não completar-se-á sem a elaboração e implementação de um plano de segurança de obras hídricas que garanta sua operação confiável.

Além das conseqüências com prejuízos diretos, como a perda de vidas humanas e os danos materiais no açude e nas zonas inundadas, há ainda que considerar os prejuízos indiretos resultantes da interrupção das atividades produtivas nas zonas afetadas, da impossibilidade de exploração dos recursos hídricos e os resultantes de traumas psicológicos e físicos nos sobreviventes. A determinação exata do valor total dos prejuízos torna-se assim difícil, se não mesmo impossível, pois a atribuição de valor à vida humana é um aspecto que suscita questões de ordem moral muito profundas. Para contornar este problema alguns autores têm utilizado avaliações indiretas pelo custo por vida salva.

As ações de manutenção aqui apresentadas só têm sentido dispondo-se, nas obras, de uma estrutura mínima para que estas ações passem a ser feitas pelos AGIR's sob a supervisão direta do gerente regional. Os custos dessas estruturas deverão ser melhor contemplados nos estudos de tarifas, pois atualmente estão sendo subsidiados pelas tarifas praticadas pela COGERH para os setores industrial e de saneamento.

Visando tentar evitar problemas futuros de manutenção e operação, vem sendo sugeridas pelo DESOH, com base na experiência da equipe de operação, e com o apoio do PISB, modificações junto aos novos projetos de barragens no Ceará.

A priorização através da metodologia de avaliação do potencial de perigo (Menescal et allii, 2001c) permitirá uma orientação do planejamento da manutenção de forma que sejam encaminhadas as soluções e ações descritas dando precedência de forma sistematizada em função da disponibilidade de recursos materiais, financeiros e humanos.

É importante salientar a necessidade de se trabalhar em um Sistema Nacional de Segurança de Obras Hídricas junto à ANA com vistas à elaboração de normas e critérios técnicos mínimos, assim como metodologia de fiscalização para manutenção e segurança das obras hídricas em todo o território nacional.

Ressaltamos ainda a importância de se ter uma lista de discussão pela internet sobre segurança de Obras Hídricas para garantir a permanente interação das equipes atuantes no país na dinâmica evolução deste tema.

Vale ainda destacar a necessidade de desenvolver um trabalho junto aos tomadores de decisão sobre a importância de investimentos permanentes em manutenção e segurança de forma a alcançar os ideais propostos nos princípios do desenvolvimento sustentável.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio da COGERH e do Painel de Inspeção de Segurança de Barragens, nas pessoas dos Professores Paulo Teixeira Cruz, Nelson de Souza Pinto e Roneí Carvalho.

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CBDB; 1999. Guia Básico de Segurança de Barragens. Núcleo Regional de São Paulo.

COGERH; 1996(a). Termos de Referência das Obras de Recuperação dos Açudes Estaduais – 1ª etapa. Fortaleza – CE.

COGERH; 1996(b). Projeto Executivo de Obras de Recuperação em Açudes e Obras Hidráulicas na Bacia do Curu. Fortaleza – CE.

COGERH; 1997. Elaboração do Diagnóstico, Projeto e Execução das Obras de Recuperação da Infra-estrutura Hídrica de Água Bruta do Sistema Metropolitano. Fortaleza-CE.

COGERH; 1998a. Projeto Básico de Obras de Recuperação do Canal do Trabalhador. Fortaleza-Ce.

COGERH; 1998b. Estudos de Hierarquização de Açudes a serem construídos para o PROURB. Fortaleza-Ce.

COGERH; 2000(a). Cadastro dos Maiores Açudes Públicos e Privados do Estado do Ceará com Geração de Banco de dados Geo-referenciados. Fortaleza-CE.

COGERH; 2000(b). Especificações Técnicas para Recuperação do Açude Jaburú I. Fortaleza-CE.

FONTENELLE, A.S.; 1999. Projeto dos Serviços de Recuperação e Modernização dos Equipamentos Hidromecânicos de Açudes Estaduais. Fortaleza-Ce.

MENESCAL, R.A.; 1994. Manual para Apresentação de Projetos de Pequenos Barramentos. Livro para a SRH – Imprensa Oficial, Fortaleza-CE.

MENESCAL, R.A.; GONDIM FILHO, J.G.C. & OLIVEIRA, Y.C.; 1996. A Recuperação de Açudes no Âmbito da Gestão de Recursos Hídricos. III Simpósio de Recursos hídricos do Nordeste, Salvador-BA.

MENESCAL, R.A.; CARVALHO, V.R.S. & OLIVEIRA, Y.C.; 1996. Manual Básico de Operação e Manutenção de Equipamentos Hidromecânicos de Açudes. COGERH, Fortaleza-CE.

MENESCAL, R.A., SANTOS, L.M. & OLIVIERA, Y.C.; 1997a. Manual de Segurança de Barragens – Minuta para Discussão. COGERH, Fortaleza-CE.

MENESCAL, R.A.; COELHO, P.P.; OLIVEIRA, Y.C. & CAVALCANTE, F.M.; 1997b. Cadastro de Açudes do Estado do Ceará. COGERH, Fortaleza-CE.

MENESCAL, R.A. & MIRANDA, A.N.; 1997. Plano de Ações Emergenciais para Barragens. XII Seminário Nacional de Recursos Hídricos, Vitória-ES.

MENESCAL, R.A.; 1998. Segurança de Barragens no Estado do Ceará. Plano de pesquisa, Doutorado em Recursos Hídricos, UFC, Fortaleza - CE.

MENESCAL, R.A. & COELHO, P.P.; 1998. Açudes do Estado do Ceará: Síntese com as Características Técnicas. COGERH, Fortaleza – CE.

MENESCAL, R.A.; OLIVEIRA, S.K. F.; FONTENELLE, A.S. & VIEIRA, V.P.P.B.; 2001a. Acidentes e Incidentes em Barragens no Estado do Ceará. XXIV Seminário Nacional de Grandes Barragens, Anais, Fortaleza – CE.

MENESCAL, R.A.; FONTENELLE, A.S.; OLIVEIRA, S.K.F. & VIEIRA, V.P.P.B.; 2001b. Avaliação do Desempenho de Barragens no Estado do Ceará. XXIV Seminário Nacional de Grandes Barragens, Anais, Fortaleza – CE.

MENESCAL, R.A.; CRUZ, P.T.; CARVALHO, R.V.; FONTENELLE, A.S. & OLIVEIRA, S.K.F.; 2001(c). Uma Metodologia para Avaliação do Potencial de Risco em Barragens do Semi-Arido. XIV Seminário Nacional de Grandes Barragens, Anais, Fortaleza – Ce.

SRH; 1996. Minuta de Norma da Elaboração de Projetos das Barragens do PROURB. Fortaleza- Ce.

VIEIRA V. P. B.; 1994. Desenvolvimento Sustentável e Gestão de Recursos Hídricos no Nordeste Semi-Árido. II Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, Fortaleza-CE.**(Footnotes)**

FIGURA 1 – Atribuições do AGIR relacionadas com a segurança da barragem.

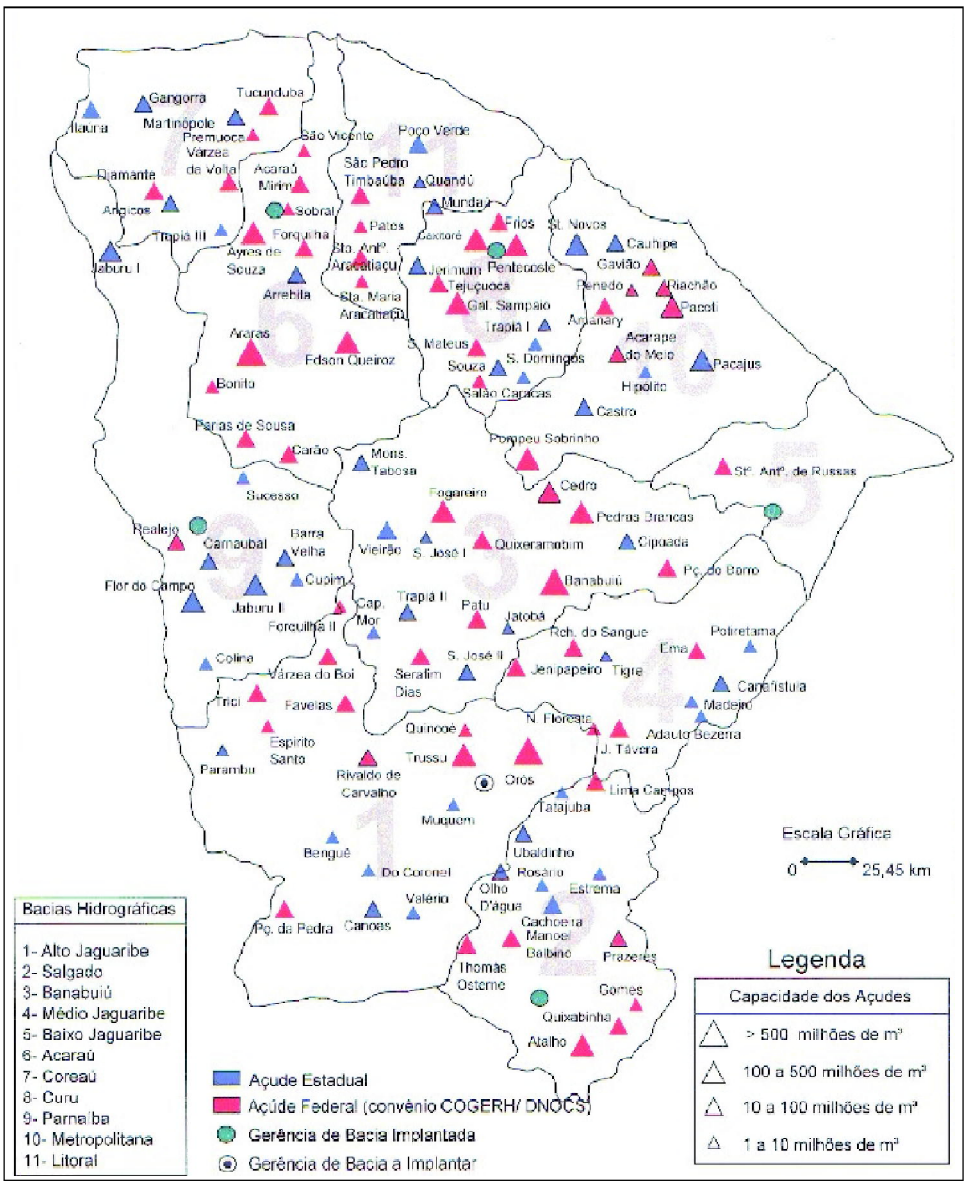


TABELA 1 – Atribuições do AGIR relacionadas com a segurança da barragem.

ATRIBUIÇÕES BÁSICAS

1. Vigilância das áreas do açude pertencentes ao estado, detectando (observando) vandalismo, desmatamento, poluição do açude, pesca predatória e banhos em locais proibidos;
2. Preenchimento mensal da *Lista de Inspeção de Rotina em Açudes* com o Gerente da Bacia;
3. Manutenção da Casa da Sede do Açude;
4. Verificação diária do nível do açude;
5. Ajuste da vazão sempre que solicitado pela COGERH;
6. Manutenção das cercas das áreas de proteção;
7. Limpeza da câmara de medição e do medidor (vertedor);
8. Limpeza das canaletas de drenagem de águas pluviais e meio-fio;
9. Eliminação de formigueiros e tocas de animais;
10. Manutenção do sangradouro: desmatamento e roçagem dos canais de aproximação e restituição;
11. Manutenção da torre da comporta (incluindo: escadas, passadiços, guarda corpos, acessos e estrutura da torre) e equipamentos hidromecânicos;
12. Desmatamento e conservação do revestimento no maciço do açude e do acesso ao pé do talude de jusante em toda a extensão da barragem e diques;

ATRIBUIÇÕES COMPLEMENTARES

1. Monitoramento das vazões em seções à jusante de açudes que perenizam trechos de rio, para evitar desperdícios ou falta d'água para a população a ser atendida;
2. Destocamento e roçagem na área a ser vistoriada;
3. Roçagem das laterais das vias de acesso ao açude (50m da entrada);
4. Manutenção da caixa de válvulas (limpeza, estrutura de concreto e equipamentos hidromecânicos: grade, válvulas e medidor de vazão);
5. Manutenção do Caminho de acesso a Caixa de Válvulas.
6. Pintura das estruturas de concreto do sangradouro e Torre de montante.
7. Coleta de amostras de água;
8. Leitura de macromedidores de usuários;
9. Manutenção e leitura da instrumentação;
10. Acompanhamento das Obras de manutenção

FOTO 1: Obras de recuperação do Coroamento do Açude Cipoada.

FOTO 2: Tomada d'água do Açude Martinópole antes das obras de recuperação.

FOTO 3: Tomada d'água do Açude Martinópole após as obras de recuperação.

FOTO 4: Vista geral da surgência no talude de jusante, da cratera na ombreira esquerda do vale principal e dos dois medidores de vazão junto ao pé da barragem.

2001 - Artigo apresentado no XXIV Seminário Nacional de Grandes Barragens, Fortaleza – CE.

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE BARRAGENS NO ESTADO DO CEARÁ

Rogério de Abreu Menescal [1]
Alexandre de Sousa Fontenelle [2]
Sandra Keila Freitas de Oliveira [3]
Vicente de Paulo Pereira Barbosa Vieira [4]

RESUMO

Este trabalho apresenta uma avaliação do desempenho de barragens no Estado do Ceará. A metodologia utilizada é apresentada e a seguir são relacionadas e classificadas as principais anomalias observadas nas barragens inspecionadas. Algumas recomendações para inspeção são destacadas e são estabelecidos quatro níveis de inspeção. O grande número de anomalias observadas exige que seja estabelecida uma sistemática para priorização e descentralização das ações de manutenção.

1 – INTRODUÇÃO

A COGERH[5] opera e mantém 115 açudes no Estado do Ceará, conforme descrito em Menescal *et allii* (2001a). Estes açudes devem ser mantidos de forma satisfatória a fim de permitir a eficácia na Gestão dos Recursos Hídricos (Menescal *et allii*, 1996).

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

[1] COGERH - Diretor de Operações e Monitoramento
[2] COGERH - Gerente do DESOH
[3] COGERH - Pesquisadora do DESOH
[4] UFC - Professor Titular
[5] Companhia de Gestão de Recursos Hídricos

os problemas. Deve ser um esforço contínuo, que exige o estabelecimento de vistorias e avaliações periódicas da segurança, durante toda a existência da estrutura. A vistoria é uma observação abrangente dos elementos físicos e visíveis da barragem e das suas estruturas associadas (ELETROBRÁS, 1987).

O "Bureau of Reclamation" define duas situações de anormalidade: a de emergência (ruptura da barragem ou eminência de acontecer, "overtopping", ou terremoto) e a de ocorrência incomum (grandes deformações no maciço ou fundações, em curto período de tempo; ruptura de estruturas anexas ou equipamentos de operação, aumento inesperado e rápido das vazões dos drenos; surgimento de pontos de infiltração ou áreas úmidas; leituras anormais na instrumentação; escorregamentos de encostas; tempestades; substâncias tóxicas na água do reservatório; inesperada e grande perda da fauna aquática; vandalismos, sabotagem ou atos de guerra; e outros). O programa SEED do "Bureau of Reclamation" adota a vistoria local e o programa de análises para avaliar a segurança de cada barragem (USBR, 1995).

Segundo Viotti (1999), avaliações de segurança de uma mesma barragem realizadas por diferentes profissionais (devidamente treinados), com base nos mesmos dados e usando as mesmas ferramentas avançadas, na maioria dos casos darão resultados apreciavelmente diferentes.

Na Companhia Energética de São Paulo-CESP os "check-lists" realizados mensalmente, deixaram de ser como uma espécie de foto instantânea da situação da usina, passando a fazer parte do banco de dados. Isto permite que se pesquise os problemas encontrados no "check-list", ao longo do tempo, acompanhando a sua evolução. Permite, ainda, extrair uma relação de itens problemáticos, a verificação de uma estrutura específica ou um relatório completo da usina (Araújo *et allii*, 1999).

Segundo Ferreira (1999) as planilhas de inspeção são ferramentas que auxiliam o técnico na identificação e registro das anomalias, caracterizando a extensão e gravidade para o início de uma avaliação mais detalhada. Permitem a elaboração de planejamento prévio da inspeção, fazendo com que o técnico percorra todas as áreas de interesse, estabelecendo um procedimento e uma rotina de trabalho ideal e específica para cada estrutura.

2 – METODOLOGIA

A utilização de inspeção visual, apoiada com uma lista, é o mais importante meio de detecção de deficiência estrutural em uma barragem e suas estruturas anexas. Conforme esclarecido em Menescal *et allii* (2001b) o termo anomalia foi o

preferido por também ser aplicável a aspectos não estruturais e abstratos (e.g. falta de documentação, falta de treinamento do AGIR, falta de acompanhamento da gerência ou do DESOH etc.).

As etapas para o desenvolvimento da lista podem ser ordenadas em:

a) Revisão bibliográfica;
b) Elaboração de listas de inspeção preliminares com base nas referências analisadas e na experiência pessoal da equipe;
c) Aplicação das listas de inspeção preliminares em campo com análise criteriosa sobre a exclusão, inclusão ou melhores esclarecimentos de anomalias;
d) Síntese de todas as anomalias observadas em campo para compor um banco de dados que permite a elaboração de listas de inspeção específicas para cada açude;
e) Treinamento das equipes de campo para preenchimento das listas de inspeção.
f) Avaliação periódica da Equipe do DESOH para verificar a necessidade de complementação, esclarecimento ou reforço no treinamento das equipes de campo.

Os itens a seguir apresentam maiores detalhes de alguns aspectos destas etapas.

3 – ANOMALIAS ENCONTRADAS EM BARRAGENS NO ESTADO DO CEARÁ

A Tabela 1 apresenta a relação das principais anomalias observadas em barragens no Estado do Ceará. Para facilitar o entendimento foram frisados os problemas a serem observados nos diversos locais da barragem e suas obras complementares. Na maioria das listas analisadas na Revisão Bibliográfica foi notada uma falta de clareza entre a anomalia propriamente dita e um item ou local, que, por si só, não poderia ser caracterizado como anomalia. Conforme pode ser observado foram incluídos itens sobre qualidade de água, poluição desmatamento, presença de animais etc., que apesar de não serem estruturais são importantes para a gestão do manancial como um todo.

3.1 – CLASSIFICAÇÃO DAS ANOMALIAS

Com base nas diferentes listas de inspeção aplicadas em diversos órgãos (e.g BUREC, CESP, CEMIG etc.) achou-se importante elaborar uma lista de

inspeção que permitisse, além da detecção, a classificação e hierarquização das anomalias observadas. Na inspeção são verificados todos os pontos que podem apresentar anomalia, tanto na parte civil como eletromecânica dos açudes. A lista assim concebida permite acompanhar a evolução das anomalias através da indicação da sua situação, sua magnitude e o seu nível de perigo. A situação permite uma indicação da existência da anomalia e de sua evolução no tempo e no espaço. A magnitude determina se a correção será executada pelo AGIR ou se dependerá de apoio da gerência da bacia ou do DESOH. A Causa permite uma indicação preliminar do que pode ter iniciado o problema. Equivale ao fato gerador da anomalia permitindo que a mesma seja tratada desde a sua origem evitando somente o combate, pouco eficiente, de suas conseqüências. O nível de perigo permite uma priorização das anomalias, destacando aquelas que merecem um maior cuidado e acompanhamento. O arranjo geral resultante após a inclusão destes aspectos encontra-se exemplificado na Tabela 2. Para o preenchimento da lista de inspeção, o técnico deve assinalar um X no quadro que indique melhor a situação observada durante a inspeção visual. A Tabela 3 apresenta os desdobramentos das diferentes situações, magnitudes e níveis de perigo previstos.

A Tabela 4 apresenta um exemplo da tabela de referência para a indicação das possíveis causas. Esta tabela de referência foi adaptada de FEMA (1987) e acrescida de situações observadas em campo pela equipe do DESOH e de outras fontes bibliográficas. Para cada anomalia são relacionadas as suas principais causas, as possíveis conseqüências caso o problema não seja sanado e quais as medidas corretivas mais indicadas.

3.2 – RECOMENDAÇÕES TÉCNICAS PARA INSPEÇÃO VISUAL EM MACIÇOS DE BARRAGEM

Neste item é apresentado um resumo de COGERH (2001) que compõe parte do material de treinamento das equipes de campo

O objetivo da inspeção é identificar anomalias ou preocupações que afetam potencialmente a segurança da barragem. Assim é importante inspecionar a superfície completa da área de um maciço. A técnica geral é caminhar sobre os taludes e o coroamento tantas vezes quantas sejam necessárias de forma a observar a superfície da área claramente.

De um determinado ponto sobre a barragem, pequenos detalhes podem

usualmente ser vistos a uma distância de 3 a 10 metros em qualquer direção, dependendo da rugosidade da superfície, vegetação ou outras condições de superfície. Para que toda a superfície da barragem tenha sido coberta, serão necessários alguns passos a serem cumpridos. Na verdade, não importa o tipo de trajetória que seja dada, o importante é que toda a superfície tenha sido coberta.

Em intervalos regulares enquanto se caminha pelos taludes e coroamento, deve-se parar e olhar em todas as direções:

- Observar a superfície a partir de diferentes perspectivas, o que pode revelar uma deficiência que poderia de outra forma não ter sido observada;
- Verificar o alinhamento da superfície.

Além do que, observando o talude à distância, pode-se revelar um número de anomalias tais como: distorções nas superfícies do maciço, ausência de revestimento etc.

As áreas de encontro com as ombreiras deverão ser inspecionadas com muito cuidado, porque:

- Estas áreas são susceptíveis à erosão superficial;
- Freqüentemente aparecem percolações nos contatos mais sujeitos a um caminho preferencial.

3.3 - NÍVEIS DE INSPEÇÃO

São quatro os tipos de Inspeções realizadas sob a orientação do DESOH:

Inspeções de Rotina: são executadas pelo gerente e o AGIR (Agente de Guarda e Inspeção do Reservatório), visam à manutenção da barragem e dos equipamentos e a detecção de anomalias ou mudanças de comportamento que possam sugerir algum problema no desempenho da barragem. De periodicidade mensal para o período seco e semanal para o período chuvoso, podendo ser aplicadas diariamente em caso de chuvas intensas, ou quando observados comportamentos anormais em qualquer dos diversos setores do açude;

Inspeções Periódicas: são executadas pelos gerentes e equipes das Regionais da COGERH. A freqüência é estabelecida em função da ocorrência de chuvas ou eventos anormais e do período do ano;

Inspeções Formais: são executadas por equipes técnicas multidisciplinares do DESOH, responsáveis pelo gerenciamento da segurança da barragem. A

freqüência é estabelecida em função da classificação do potencial de risco (Menescal et allii, 2001a);

Inspeções de Especialistas: são executadas quando se constatar um problema que exija intervenção de especialistas. Inspeções requeridas por órgãos financiadores e realizadas por especialistas externos, poderão também ocorrer, independentemente das ações da COGERH;

Inspeções de Emergência: são executadas quando forem detectadas anomalias ou deficiências potencialmente danosas à barragem. (Nível de perigo 2 ou 3).

4 – RESULTADOS

Foram aplicadas 50 listas de inspeção em 47 açudes gerenciados pela COGERH e o resultado encontra-se apresentado na Tabela 5. Para esta fase inicial do programa as listas foram aplicadas conjuntamente pelo pessoal do DESOH e das gerências específicas como uma forma de treinamento e avaliação do nível de entendimento dos termos técnicos empregados. Este processo iterativo e interativo indicou a necessidade de ajustes nas concepções iniciais que resultaram na metodologia apresentada nos itens anteriores e que ainda poderá sofrer modificações.

O número de anomalias que exigem intervenção direta do DESOH perfaz um total de 352. Ainda será necessária uma ação indireta, junto com os gerentes, em 359 anomalias. Esta grande demanda exige que seja estabelecido um critério de priorização para alocação de recursos financeiros e humanos.

5 – COMENTÁRIOS

Para que as listas de inspeção sejam corretamente aplicadas, o treinamento e avaliação (Menescal *et allii*, 2001a) devem ser postos em prática de forma contínua envolvendo todos os níveis de profissionais permitindo um nivelamento técnico mínimo das nomenclaturas e procedimentos. É essencial que todos tenham um bom entendimento dos termos técnicos e dos objetivos das inspeções para a eficácia do programa.

As anomalias detectadas nesta fase inicial são de todos os tamanhos e tipos tendo em vista o descaso histórico com a conservação destas obras. O DESOH elabora orçamentos específicos para eliminar a anomalia e, dependendo do montante, encaminha a solução com recursos oriundos das tarifas praticadas para o setor de saneamento e industrial. Para as medidas mais onerosas os recursos tarifários são

ainda insuficientes, o que obriga a uma procura por fontes de recursos alternativos como as dos programas do Banco Mundial.

Menescal *et allii* (2001c) apresenta uma metodologia para priorizar a alocação de recursos de forma a utilizar o mais racionalmente possível os parcos recursos disponíveis.

Encontra-se em fase de elaboração um banco de dados para permitir o armazenamento e a avaliação da evolução de cada obra e suas anomalias, permitindo a detecção de reincidências que, por sua vez, indicam que as soluções adotadas não foram satisfatórias exigindo assim a busca de soluções mais eficientes.

6 – AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer à COGERH pela permissão para divulgação dos dados e resultados apresentados nesse trabalho e ao PISB pelo apoio técnico fornecido.

7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, M.A.; BELLO JÚNIOR, N.; SAMARA, S.R.M.; 1999. Sistema CESP de Segurança de Barragens (SICESP) Módulo de Instrumentação e Análise. XXIII Seminário Nacional de Grandes Barragens, Anais volume II, Belo Horizonte – MG, pág. 293 a 299.

COGERH; 2001. Técnicas de Inspeção Visual em Maciços de Barragens. Nota Técnica 02/DESOH. Fortaleza-CE, 9 p.

ELETROBRÁS; 1987. Avaliação da Segurança de Barragens Existentes. Centro da Memória da Eletricidade no Brasil, Rio de Janeiro, 170p.

FEMA; 1987. Dam Safety: An Owner's Guidance Manual. United States Federal Emergency Management Agency, Denver, 117p.

FERREIRA, W.V.F.; 1999. Avaliação de Desempenho de Barragens de Terra. Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica / USP, São Paulo 1999.

MENESCAL, R.A.; GONDIM FILHO, J.G.C. & OLIVEIRA, Y.C.; 1996. A Recuperação de Açudes no Âmbito da Gestão de Recursos Hídricos. III Simpósio de Recursos hídricos do Nordeste, Salvador-BA.

MENESCAL, R.A.; FONTENELLE, A.S.; OLIVEIRA, S.K.F.; VIEIRA, V.P.P.B.;

2001a. Ações de Segurança de Barragens no Estado do Ceará. XXIV Seminário Nacional de Grandes Barragens, Anais, Fortaleza – CE.

MENESCAL, R.A.; OLIVEIRA, S.K.F.; FONTENELLE, A.S.; 2001b. Acidentes e Incidentes em Barragens no Estado do Ceará. XXIV Seminário Nacional de Grandes Barragens, Anais, Fortaleza – CE.

MENESCAL, R.A.; FONTENELLE, A.S.; OLIVEIRA, S.K.F.; VIEIRA, V.P.P.B.; 2001c. Uma metodologia para avaliação do Potencial de Risco em Barragens do Semi-árido. XXIV Seminário Nacional de Grandes Barragens, Anais, Fortaleza – CE.

USBR; 1995. Safety Evaluation of Existing Dams. United States Department of the Interior, Bureau of Reclamation, Denver , USA,164p.

VIOTTI C. B.; 1999. Segurança de Barragens. Auscultação, Desempenho e Reparação – Relato Tema 2. XXIII Seminário Nacional de Grandes Barragens. Belo Horizonte – MG, Anais volume III.

TABELA 1 – Principais anomalias observadas em açudes no Estado do Ceará

INFRAESTRUTURA OPERACIONAL
Falta de documentação sobre o açude
Falta de material para manutenção
Falta de treinamento do AGIR
Precariedade de acesso de veículos
Falta de energia elétrica
Falta de sistema de comunicação eficiente
Falta ou deficiência de cercas de proteção
Falta ou deficiência nas placas de aviso
Falta de acompanhamento da gerência ou do DESOH

BARRAGEM
TALUDE DE MONTANTE
Erosões
Escorregamentos
Rachaduras/afundamento (laje de concreto)
Rip-rap incompleto, destruído ou deslocado
Afundamentos e buracos
Árvores e arbustos
Erosão nos encontros das ombreiras
Canaletas quebradas ou obstruídas
Formigueiros, cupinzeiros ou tocas de animais
Sinais de movimento
COROAMENTO
Erosões
Rachaduras
Falta de revestimento
Afundamentos e buracos
Árvores e arbustos
Defeitos na drenagem
Defeitos no meio-fio
Formigueiros, cupinzeiros ou tocas de animais
Sinais de movimento
Desalinhamento do meio-fio
Ameaça de "lavar" barragem
TALUDE DE JUSANTE
Erosões
Escorregamentos
Rachaduras/afundamento (laje de concreto)
Falhas na proteção Granular
Falta ou defeitos no revestimento
Afundamentos e buracos
Árvores e arbustos
Erosão nos encontros das ombreiras
Cavernas e buracos nas ombreiras
Canaletas quebradas ou obstruídas
Formigueiros, cupinzeiros ou tocas de animais

TABELA 1 (continuação)

Sinais de movimento
Sinais de revência ou áreas úmidas
REGIÃO A JUSANTE DA BARRAGEM
Construções irregulares próximas ao leito do rio
Revência
Árvores/arbustos na faixa de 10m do pé da barragem
INSTRUMENTAÇÃO
Acesso precário aos instrumentos
Piezômetros entupidos ou defeituosos
Marcos de recalque defeituosos
Medidores de vazão de percolação defeituosos
Falta de instrumentação

SANGRADOURO

CANAIS DE APROXIMAÇÃO E RESTITUIÇÃO
Árvores e arbustos
Obstrução ou entulhos
Desalinhamento dos Taludes e Muros Laterais
Rachaduras no Concreto
Ferragem do concreto exposta
Erosões ou escorregamentos nos taludes
Erosão na base dos canais escavados
Erosão na área à jusante (erosão regressiva)
Construções irregulares (aterro/ estrada, casa, cerca)

ESTRUTURA VERTENTE

Rachaduras ou trincas no Concreto
Ferragem do concreto exposta
Descalçamento da estrutura
Juntas danificadas
Sinais de deslocamentos das estruturas
Defeito no sistema de acionamento das comportas

BACIA AMORTECEDORA

Defeitos no concreto
Erosões ou escorregamentos
Obstruções

MUROS LATERAIS

Rachaduras
Erosão nos contatos
Erosão na fundação

RESERVATÓRIO

Réguas danificadas ou faltando
Construções em áreas de proteção
Poluição por esgoto, lixo, entulho, pesticidas etc.
Erosões
Assoreamento
Desmoronamento das margens
Existência de vegetação aquática excessiva

TABELA 1 (continuação)

Desmatamentos na área de proteção
Presença de animais e peixes mortos
Pesca predatória
Gado pastando

TOMADA DE ÁGUA EM TORRE

Assoreamento
Obstrução e entulhos
Tubulação danificada
Registros defeituosos
Falta de grade de proteção
Defeitos na grade

ACIONAMENTO

Hastes (retida no mancal, corrosão e empenamento)
Base dos mancais (corrosão, falta de chumbadores)
Falta de mancais
Corrosão nos Mancais
Pedestal: chumbadores, lubrificação e pintura
Falta de Indicador de abertura
Falta de Volante

COMPORTAS

Peças fixas (corrosão, amassamento da guia, pintura)
Estrutura (corrosão, amassamento, pintura)
Defeito das Vedações (vazamento)
Defeito das Rodas (comporta vagão, se aplicável)
Defeitos nos rolamentos ou buchas e retentores
Defeito no Ponto de içamento

ESTRUTURA

Ferragem exposta na Estrutura da Torre
Falta de Guarda corpo na Escada de acesso
Deterioração do Guarda corpo na Escada de acesso
Ferragem exposta na Plataforma (passadiço)
Falta de Guarda corpo no Passadiço
Deterioração do Guarda corpo no Passadiço
Deterioração do Portão do Abrigo de manobra
Deterioração da Tubulação de Aeração e By-Pass
Deterioração da Instalação de Controle

TOMADA DE ÁGUA EM CAIXA (SUBMERSÍVEL)

BOCA DE ENTRADA E STOP-LOG

Assoreamento
Obstrução e entulhos
Ferragem exposta na estrutura de concreto
Deterioração no concreto
Falta de grade de proteção
Defeitos na grade
Peças fixas (corrosão, amassamento da guia, pintura)
Estrut. do stop-log (corrosão, amassamento, pintura)

TABELA 1 (continuação)

Defeito no acionamento do stop-log
Defeito no ponto de içamento

GALERIA

Corrosão e vazamentos na tubulação
Sinais de abrasão ou cavitação
Sinais de fadiga ou perda de resistência
Defeitos nas juntas
Deformação do conduto
Desalinhamento do conduto
Surgências de água no concreto
Precariedade de acesso
Vazamento nos Dispositivos de Controle
Surgência de água junto à galeria
Falta de manutenção
Presença de pedras, lixo dentro da Galeria
Trincas no concreto

ESTRUTURA DE SAÍDA

Corrosão e vazamentos na tubulação
Sinais de abrasão ou cavitação
Sinais de fadiga ou perda de resistência
Ruídos estranhos
Defeito nos Dispositivos de Controle
Falta ou deficiência nas instruções de operação
Surgências de água no concreto
Precariedade de acesso (árvores e arbustos)
Vazamento nos Dispositivos de Controle
Falta de manutenção
Construções irregulares
Falta ou deficiência de drenagem da caixa de válvulas
Presença de pedras, lixo dentro da caixa de válvulas
Defeitos no concreto
Defeitos na cerca de proteção
Deficiência na dissipação da energia

MEDIDOR DE VAZÃO

Ausência da placa medidora de vazão
Corrosão da placa
Defeitos no concreto
Falta de escala de leitura de vazão
Assoreamento da câmara de medição
Erosão à jusante do medidor

TABELA 2: Exemplo do formato de Lista de Inspeção Formal.

Vistoriado por: **Data da Vistoria:** / /
1. Açude: **2. Município:**
3. Agir: **a partir de**

LOCALIZAÇÃO / ANOMALIA	SITUAÇÃO							MAGNITUDE				NP	CAUSA
A. INFRAESTRUTURA OPERACIONAL													
Falta de documentação sobre o açude	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
Falta de material para manutenção	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
Falta de treinamento do AGIR	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
Precariedade de acesso de veículos	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
Falta de energia elétrica	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
Falta de sistema de comunicação eficiente	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
Falta ou deficiência de cercas de proteção	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
Falta ou deficiência nas placas de aviso	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
Falta de acompanhamento da gerência ou do DESOH	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
Comentário:													
B. BARRAGEM													
B.1 TALUDE DE MONTANTE													
Erosões	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
Escorregamentos	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
Rechaduras/afundamento (laje de concreto)	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
Rip-rap incompleto, destruído ou deslocado	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
Afundamentos e buracos	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
Arvores e arbustos	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
Erosão nos encontros das ombreitas	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
Canaletas quebradas ou obstruídas	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
Formigueiros, cupinzeiros ou tocas de animais	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
Sinais de movimento	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
Comentários:													
B.1 CORDAMENTO													
Erosões	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
Rachaduras	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
Falta de revestimento	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
Afundamentos e buracos	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
Árvores e arbustos	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
Defeitos na drenagem	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
Defeitos no meio-fio	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
Formigueiros, cupinzeiros ou tocas de animais	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
Sinais de movimento	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
Desalinhamento do meio-fio	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
Ameaça de lavar barragem	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
Comentários:													
B.1 TALUDE DE JUSANTE													
Erosões	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
Escorregamentos	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
Rachaduras/Afundamento (laje de concreto)	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
Proteção Granular	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
Falta ou defeitos no revestimento	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
Afundamentos e buracos	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
Árvores e Arbustos	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
Erosão nos encontros das ombreiras	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
Cavernas e barracos nas ombreiras	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		

TABELA 3. Situação, Magnitude e Nível de Perigo das Anomalias.

SITUAÇÃO	SIGNIFICADO
NE	Não Existente
PV	Primeira Vez que surge ou que reocorre após já ter sido corrigido
DS	Desapareceu
DI	Diminuiu
PC	Permaneceu Constante
AU	Aumentou
NI	Não Inspecionado (Justificar)

MAGNITUDE	SIGNIFICADO
I	Insignificante - Agir mantém a anomalia sob observação.
P	Pequena - Anomalias resolvidas pelo próprio Agir.
M	Média - Anomalias resolvidas pelo Agir com apoio do Gerente da Bacia.
G	Grande - Anomalias resolvidas pelo Gerente da Bacia com apoio do DESOH.

NÍVEL DE PERIGO (NP)	SIGNIFICADO
0	Nenhum - Anomalia que não compromete a segurança da barragem, mas que pode ser entendida como descaso e má conservação.
1	Atenção - Anomalia que não compromete a segurança da barragem em curto prazo, mas deve ser controlada e monitorada ao longo do tempo.
2	Alerta - Anomalia com risco à segurança da barragem, devem ser tomadas providências para a eliminação do problema.
3	Emergência - risco de ruptura iminente, situação fora de controle.

TABELA 4: Modelo de tabela de referência indicando anomalias e respectivas causas prováveis, possíveis conseqüências e ações corretivas.

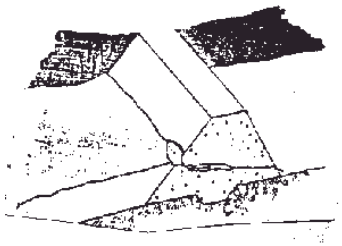
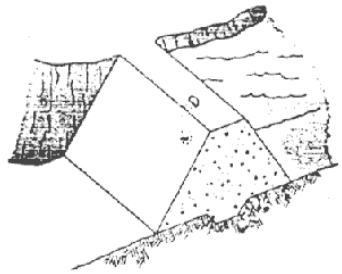
ANOMALIA	CAUSA PROVÁVEL	POSSÍVEL CONSEQÜÊNCIA	AÇÕES CORRETIVAS
1. SUMIDOUROS 	Piping ou erosão interna no material do maciço da barragem ou fundação dá origem a um sumidouro. O desabamento de uma caverna erodida pode resultar num sumidouro. Saída de água suja à Jusante indica erosão na barragem.	Perigo. O piping pode esvaziar o reservatório através de um pequeno buraco no talude e pode provocar a ruptura de uma barragem se o fluxo interno pela barragem ou fundação convergir para uma mesma saída, intercomunicando a mesma com o reservatório.	Inspecionar outras partes da barragem procurando infiltrações ou mais sumidouros. Identificar a causa exata do sumidouro. Checar a água que sai do reservatório para constatar se ela está suja. Se houver surgência de água "suja" executar imediatamente um filtro invertido e recorrer a um engenheiro qualificado no menor prazo possível. NECESSÁRIO ENGENHEIRO.
2. AÇÃO DE ROEDORES 	Grande quantidade de roedores. Buracos, túneis e cavernas são causadas por animais roedores. Certos habitats, com alguns tipos de plantas e árvores, próximos ao reservatório encorajam estes animais.	Os buracos podem reduzir os caminhos de percolação da água e evoluírem para um piping e mesmo a ruptura da barragem.	1. Controlar roedores para prevenir maiores danos. 2. Remover roedores. Determinar o exato local dos buracos e a extensão do túnel. Remover o habitat e reparar danos. 3. Tampar buracos existentes com solo-cimento ou calda de cimento.

TABELA 5 – Síntese da aplicação das listas de inspeção em barragens da COGERH.

| LOCALIZAÇÃO / ANOMALIA | AÇUDES | | |

TABELA 5 (continuação)

LOCALIZAÇÃO / ANOMALIA	Angicos (COREAÚ)	Cangoorra (COREAÚ)	Barra Velha (PARNAÍBA)	Carnaubal (PARNAÍBA)	Carnaubal (PARNAÍBA)	Flor do Campo (PARNAÍBA)	Flor do Campo (PARNAÍBA)	Jaburu I (PARNAÍBA)	Jaburu II (PARNAÍBA)	Bangüê (M. JAGUARIBE)	Canafistula (M. JAGUARIBE)	Cipoada (M. JAGUARIBE)	Pedrinhas (M. JAGUARIBE)	O'ho D'Agua (A. JAGUARIBE)	Parambú (A. JAGUARIBE)	São José II (BANABUIÚ)	Castro (METROPOLITANA)	Gavião (METROPOLITANA)	Pacajús (METROPOLITANA)	Riachão (METROPOLITANA)	Souza (METROPOLITANA)	Banabuiú (BANABUIÚ)	Pedras Brancas (BANABUIÚ)	Poço do Barro (BANABUIÚ)	Quitaió (BANABUIÚ)	Serrafim Dias (BANABUIÚ)	Bonfim (ACARAÚ)	Carão (ACARAÚ)	Partes de Souza (ACARAÚ)	São Vicente (ACARAÚ)	Isabel (ACARAÚ)	Joaquim Távora (M. JAGUARIBE)	Nova Floresta (M. JAGUARIBE)	Riacho do Sangue (M. JAGUARIBE)	Mundaú (LITORAL)	Patos (LITORAL)	Patu (LITORAL)	S. Fe. da Timbaúba (LITORAL)	Sta. Ma. de Aracatiaçu (LITORAL)	Sto. Ant. de Aracatiaçu (LITORAL)	Poço da Pedra (A. JAGUARIBE)	Trussu (A. JAGUARIBE)	Pramoaca (COREAÚ)	Sto. Ant. de Russas (B. JAGUARIBE)	Marioípole (COREAÚ)	Realejo (PARNAÍBA)	Realejo (PARNAÍBA)	Parente (METROPOLITANA)	Boa Esperança (M. JAGUARIBE)	Sta. Maria (M. JAGUARIBE)	I	P	M	G
Formigueiros, cupinzeiros ou tocas de animais	P								P					I	P		P		P			M					M	M	P			P		I						G	G	I	M					3	9	7	2
Sinais de movimento																																																0	0	0	0
Sinais de referência ou áreas úmidas							G	P															G			G			I								P				M	G		G					1	2	1	5
B.4 INSTRUMENTAÇÃO																																																	**1**	**0**	**3**	**2**
Acesso precário aos instrumentos							G																					M	M																					0	0	2	1
Piezômetros entupidos ou defeituosos							G																																											0	0	0	1
Medidores de vazão de percolação defeituosos							M																																											0	0	1	0
Falta de instrumentação											I																																						1	0	0	0
C. SANGRADOURO																																																	**40**	**45**	**42**	**14**
C.1 CANAIS DE APROXIMAÇÃO																																																	**27**	**37**	**38**	**13**
Árvores e arbustos			P	P	M				M		I			P	P	P	P	P						M	P	P	M	M	M	M	M	M	G	P	M	P	I		M	P	P		G	M	M	P	P		M			2	15	13	2
Obstrução ou entulhos					I		M							P	G								I			P				M	M	M	G				I		M	I	P		M	M		I			G		5	3	7	3
Desalinhamento dos Taludes e Muros Laterais					I																		I																		I								3	0	0	0
Rachaduras no concreto					P													I	I						P						G	M		M					G	P	P			I				3	4	2	2
Ferragem do concreto exposta					I																													P								I							2	1	0	0
Erosões ou escorregamentos	I					P				P				M		I			I	I					P	P	P			M		P		M		P		I			P		P			M		5	9	4	0
Erosão e Justante	I													P					I	I					G	P	P	M	G					M			M	I	I			M					M		5	3	5	2
Construções irregulares	P			G									P			G						M			M			I		G	M	M			M	M	M				G	P						2	2	7	4
C.2 ESTRUTURA FIXAÇÃO DA COTA SOLEIRA:																																																	**7**	**7**	**1**	**1**
Defeitos no Concreto					P											I			I	I				I			P		M	P								G	P			I		P					5	7	1	1
Sinais de deslocamentos das estruturas																																														I				2	0	0	0
C.3 BACIA AMORTECEDORA																																																			**0**	**0**	**1**	**0**
Defeitos no Concreto																																																		0	0	0	0
Erosão ou escorregamento																																																		0	0	0	0
Obstruções																						M																													0	0	1	0
C.4 MUROS DE PROTEÇÃO LATERAL	P																																																		**6**	**1**	**2**	**2**
Rachaduras																			I	I																														3	0	0	0
Erosão nos contatos	M					M													I	I														P															3	1	2	0
D. RESERVATÓRIO										P	G	M												M			P	P			M	P	I	M	M	I	P	G	P	G									**21**	**41**	**44**	**31**
Réguas danificadas						I																	M		P	P																								3	6	7	5
Construções em áreas de proteção			G	M		P		G	G				G			G	P					M		P	G	P	M							M	P	G		M		G	P						I		1	7	7	9
Poluição por esgoto, lixo, entulho, pesticidas							I	P		M									P	P					P	P								M		G			G						I			1	3	2	4
Erosões																		P	P						I																								2	3	1	0
Assoreamentos																		P	P																														0	2	2	0
Desmoronamento das margens	M																	P	P																														0	2	0	0
Existência de vegetação aquática excessiva		M			M			I		I		P				I											M		I	I		M		M			G	G	M		M					I	G	6	1	6	3
Desmatamentos na área de proteção				M	I		P		I							P										G						G	M	M		M				M		M	M		M			I	3	2	8	2
Presença de animais e peixes mortos	M	M													P		P																M																0	2	1	0
Pesca predatórios					I		P	G	M				M		P																		M								G			G		I		2	2	3	3
Gado Pastando	P	M	G		P		M	G	G		P	P	M	P	P		P						G					M	I	P	P	G	P				M		P	I	M			M		I	P	3	11	9	5
E. REGIÃO E AJUSANTE DA BARRAGEM																																																		**6**	**8**	**11**	**9**
Construções irregulares próximas ao leito do rio																	P					G	G		M	G				M	G		M	G				M	P		M	G							0	2	5	5
Reverência		M					G						M								M		G	P										P		M						G				M		0	3	5	3
Obstruções													M										G																										0	0	1	1
F. TOMADA D'ÁGUA																																																		**13**	**33**	**63**	**101**
F.1 BOCA DE ENTRADA																																																		**0**	**3**	**5**	**1**
Assoreamentos																												M						M															0	0	3	0
Obstrução e entulhos																					P							P						M														0	3	1	0
Tubulação danificada																																																		0	0	0	0
Registros defeituosos																																																		0	0	0	0
Falta de grade de proteção																												G																						0	0	0	1
Detritos na grade																																		M																0	0	1	0
F.2 COMPORTAS																																																		**0**	**0**	**2**	**0**
Peças fixas (corrosão, amassamento, pintura)																																																		0	0	1	0
Estrutura da comporta																																																		0	0	1	0
Vedações (estado da borracha evazamento)																																																		0	0	0	0
Rodas (se aplicável)																																																		0	0	0	0

TABELA 5 (continuação)

LOCALIZAÇÃO / ANOMALIA	Anjicos (COREAÚ)	Gangorra (COREAÚ)	Barra Velha (PARNAÍBA)	Carnaubal (PARNAÍBA)	Carnaubal (PARNAÍBA)	Flor do Campo (PARNAÍBA)	Flor do Campo (PARNAÍBA)	Jaburu I (PARNAÍBA)	Jaburu II (PARNAÍBA)	Bengué (M. JAGUARIBE)	Canafistula (M. JAGUARIBE)	Cipoada (M. JAGUARIBE)	Fedreiras (M. JAGUARIBE)	Olho D'Agua (A. JAGUARIBE)	Parambú (A. JAGUARIBE)	São José II (BANABUIÚ)	Castro (METROPOLITANA)	Carrão (METROPOLITANA)	Pacajús (METROPOLITANA)	Rhedão (METROPOLITANA)	Sousa (METROPOLITANA)	Banabuiú (BANABUIÚ)	Pedras Brancas (BANABUIÚ)	Poço do Barro (BANABUIÚ)	Quincoé (BANABUIÚ)	Serrafim Dias (BANABUIÚ)	Boatão (ACARAÚ)	Carrão (ACARAÚ)	Fartura de Souza (ACARAÚ)	São Vicente (ACARAÚ)	Isabel (ACARAÚ)	Joaquim Távora (M. JAGUARIBE)	Nova Floresta (M. JAGUARIBE)	Riacho de Sangue (M. JAGUARIBE)	Mundaú (LITORAL)	Pitos (LITORAL)	Patu (LITORAL)	S. Fco. da Timbaúba (LITORAL)	Sta. Ma. de Aracatiaçu (LITORAL)	Sto. Ant. de Aracatiaçu (LITORAL)	Poço da Pedra (A. JAGUARIBE)	Trussu (A. JAGUARIBE)	Pramuoca (COREAÚ)	Sto. Ant. de Russas (B. JAGUARIBE)	Marioópolis (CORREAÚ)	Realejo (PARNAÍBA)	Realejo (PARNAÍBA)	Batente (METROPOLITANA)	Boa Esperança (M. JAGUARIBE)	Sta. Maria (M. JAGUARIBE)	I	P	M	G
Rolamentos ou buchas e retenteres das rodas																																												0	0	0	0
Ponto de içamento																																														0	0	0	0
F.3 ACIONAMENTO																																													4	0	12	0
Hastes (Estado geral, material eempenamento)																																	I								M						1	0	1	0
Base dos mancais																																	I								M						1	0	1	0
Comprimento da haste e quantidade de mancais																																	I								M						1	0	1	0
Mancais (estado geral)																																	I								M						1	0	1	0
Pedestal: estado geral, lubrificação e pintura																							M				M						M								M						0	0	4	0
Volante																							M				M						M								M						0	0	4	0
F.4 TORRE																																														2	1	15	4
Estado geral da estrutura de concreto																			M	M			P									M			P	G	P			M	M						0	3	5	1
Escada de acesso (estado geral do guarda)																			M	M		G	P									M			P		P			M							0	3	4	1
Plataformas (passadiços)																							P							P		M	I		M	P										2	2	2	0
Portão do piso de manobra (estado geral)																																	M	P														0	2	1	0
Tubulação de Aeração e By-Pass																	M																P															0	1	1	0
Instalação de Controle																	M																					G									0	0	1	1
Abrigo do guicho da comporta																																	M					G									0	0	1	1
F.5 BOCA DE SAÍDA																																														7	19	29	96
Defeitos e vazamentos na tubulação		G																								G				G		G									G						0	0	0	5
Sinais de abrasão ou cavitação																										G				G												G						0	0	0	3
Sinais de fadiga ou perda de resistência						G											M					G				G				G		G									G						0	0	1	6
Ruídos estranhos																																																0	0	0	0
Defeito nos dispositivos de controle		M				G	G															G	G			G				G		G		P		G				G						0	1	1	9
Falta ou deficiência nas instruções de operação							G	I	G		G	G	G	P				M	M			G	G			G		G		G	G	G				G					I	G		G		2	1	2	15
Surgências de água		G				P										I																															1	1	0	1
Precariedade do acesso													M			M						G	G				M	G	M			I	G	P	G			M							1	1	5	5
Vazamento nos registros		G						P															G							G		G									G						0	1	0	5
Falta de manutenção		G				G	G									G						G	G			G		G	G	M	G	G		M	G	G		G	G		G		G			0	0	2	18
Árvores e arbustos				I					P							P					M			P		G		M		M	G	M		P	M	G		G	M		P					1	5	6	5
Construções irregulares				P																			M			G					M	M	G		G	P			G			G					0	2	3	5
Falta ou deficiência de drenagem da caixa	M	G						G	G					P		P					G			G			G	G		G	G				G				G	G			M	M	M			G	0	2	4	14
Defeitos no concreto		I				P		M									P					G			P	G		M	I	P	M		G			M			P	G		G		M				2	5	5	5
G. MEDIDOR DE VAZÃO																																																		1	1	16	28
Falta ou deficiência no medidor de vazão		G						M	G		G		M	G			M				G	G	G			G			M																	M	0	0	6	10
Defeitos no concreto																	M								G			M																				1	1	3	3
Falta de escala de leitura de vazão	G	G				M	M	M		M	G		M	G			G				G	G		G		G			G																	M	0	0	7	10
TOTAL I	3	1	3	12	1	5	1	7	4	4	1	1	2	5	0	6	0	0	13	12	1	4	2	4	0	1	6	8	7	4	1	1	1	15	1	2	0	1	14	4	0	0	5	8	2	5	1	1	7	3	190			
P	4	5	1	8	0	8	0	9	3	4	10	4	8	13	12	9	15	4	5	5	6	1	0	11	4	7	7	9	8	8	4	14	6	4	12	3	16	3	7	6	4	7	1	6	7	8	0	2	2	2		302		
M	5	6	2	5	0	5	4	6	0	6	3	8	4	4	2	3	9	3	9	8	6	7	4	10	2	10	9	11	13	12	12	18	8	7	6	10	5	14	10	12	2	10	8	17	14	7	1	3	11	8			359	
G	1	8	7	3	4	6	12	7	9	1	5	4	8	9	3	7	6	0	0	0	3	15	16	4	1	19	3	4	10	6	19	3	17	3	1	9	7	13	5	7	3	12	31	6	9	3	6	4	5	8				352

2001 - Artigo apresentado no XXIV Seminário Nacional de Grandes Barragens, Fortaleza – CE.

UMA METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE RISCO EM BARRAGENS DO SEMI-ÁRIDO

Rogério de Abreu Menescal [1]

Paulo Teixeira Cruz [2]

Roneí Vieira de Carvalho [3]

Alexandre de Souza Fontenelle [4]

Sandra Keila Freitas de Oliveira [5]

RESUMO

Este trabalho apresenta uma metodologia para avaliação do potencial de risco em barragens no semi-árido destinadas a usos múltiplos. Inicialmente são comentados alguns modelos utilizados em diferentes instituições, o modelo proposto é então apresentado e aplicado para 35 açudes de diversos tamanhos e tipos no estado do ceará. A partir da metodologia proposta é possível priorizar as ações de forma sistemática e estabelecer níveis para instrumentação, inspeção, sistemas de alerta e manutenção.

1 – INTRODUÇÃO

O objetivo principal do modelo proposto é obter uma classificação das barragens sob responsabilidade da COGERH, essencialmente quanto à sua segurança estrutural e operacional, considerando aspectos econômicos, sociais e ambientais, hierarquizando-as, de forma a proporcionar à direção da empresa um meio eficaz de planejar e programar a alocação dos recursos necessários à sua manutenção dentro dos padrões de segurança exigidos pela legislação oficial e pelas Normas Técnicas Brasileiras.

[1] COGERH - Diretor de Operações e Monitoramento
[2] Consultor Banco Mundial
[3] Consultor Banco Mundial
[4] COGERH - Gerente do DESOH
[5] COGERH - Pesquisadora do DESOH

Segundo CBGB (1983) deve-se condicionar a obrigatoriedade da inspeção de barragens não apenas á sua altura e ao volume do reservatório, mas também a outros fatores igualmente condicionantes do potencial de risco associado à barragem e ao reservatório por ela armazenado, tais como:

- Idade;
- Distância da barragem ao principal centro urbano ou propriedades situadas à jusante;
- Diferença de elevações entre a superfície do reservatório e o núcleo urbano à jusante.

As barragens devem ser classificadas de acordo com seu potencial de risco, suas dimensões, tipo de estrutura e idade (exclusivamente para fins de prioridade de inspeção e avaliação da sua segurança).

O risco é referido à potencialidade de perda de vidas humanas e/ ou danos a propriedades na área da barragem à jusante, na eventualidade de galgamento, ruptura ou falha de operação da barragem ou das instalações anexas.

Barragens classificadas na categoria de potencial de risco baixo geralmente estão situadas em áreas rurais onde uma ruptura pode danificar construções rurais, áreas cultivadas de extensões limitadas e estradas vicinais, sem causar vítimas.

Estruturas na categoria de potencial de risco significante serão aquelas situadas em áreas predominantemente rurais cultivadas, onde uma ruptura pode danificar residências isoladas, estradas e ferrovias secundárias, e causar interrupção de serviços de utilidade pública relativamente importantes; o número de vítimas seria baixo.

Barragens com alto potencial de risco são aquelas situadas em locais onde uma ruptura pode ocasionar sérios danos a grande número de residências, a extensas áreas cultivadas, instalações industriais e comerciais, serviços importantes de utilidade pública, rodovias e ferrovias troncos; pode causar elevado número de vítimas.

A altura de uma barragem é igual à diferença entre a cota da crista e a cota mais baixa da escavação executada na fundação. Considerando a dificuldade de obter dados confiáveis sobre a execução da fundação, preferiu-se adotar a maior diferença entre a cota do coroamento e do nível do terreno natural a jusante, que é de mais fácil obtenção. A classificação por dimensão será determinada seja pela altura da barragem, seja pela capacidade de armazenamento do reservatório, prevalecendo o critério que der a categoria maior.

Reconhecendo-se que as barragens mais antigas são, freqüentemente, pouco observadas e instrumentadas, além de carecerem de dados de projetos e de

construção, portanto devem ser prioritárias para inspeções e avaliações da segurança.

Gehring (1987) cita que a barragem pode ser classificada quanto a um grau potencial de risco que oferece para as pessoas e benfeitorias e é função de fatores como: tipo de barragem (Tb), volume do reservatório (Vr), altura da barragem (H), distância da barragem ao principal e primeiro aglomerado urbano ou propriedade à jusante (L), diferença de cotas entre a superfície do reservatório e o núcleo urbano (D); densidade populacional à jusante (P); e sismicidade de região (S); e foi denominado de IPP (índice de periculosidade em potencial) por Sarkaria, em 1976.

Negrini (1999) propõe uma classificação para definir o estado e risco em que a barragem se encontra num determinado momento, permitindo assim, numa linguagem única, caracterizar o potencial de risco da estrutura ou de uma determinada situação, com ações pré determinadas que devem ser tomadas ou preparadas, assim que se tomar conhecimento do fato. Permite também que as informações circulem de forma homogênea e as ações tenham a medida necessária que exige o momento. A classificação apresenta cinco níveis: nível 1 – normalidade; nível 2 – atenção; nível 3 – alerta; nível 4 - alerta total e nível 5 – emergência.

No incidente da barragem do Engordador, se os técnicos estivessem familiarizados com a classificação de risco proposta ou classificação similar, com certeza a comunicação entre os agentes envolvidos fluiria mais eficientemente e rapidamente, eliminado perdas de tempo e agilizando as ações.

Negrini (1999) conclui que todo o empreendimento deve ser desativado ou abandonado somente quando existe um estudo detalhado para a retirada da barragem de serviço acompanhado de inspeções periódicas. Há necessidade de implantação de Planos de Ações Emergenciais, delimitando as áreas de inundação e envolvendo a comunidade, Defesa Civil, imprensa e demais órgãos públicos. Todas as barragens com mais de 10 anos devem sofrer estudos de reabilitação. O incidente mostrou a importância da existência de Planos de Segurança de Barragens e o quanto será árdua e complexa a implantação, porém extremamente necessária.

Segundo Parsons *et allii* (1999) uma "Portifolio Risk Analysis" (PRA) permite ao proprietário de várias barragens estabelecer um programa de segurança de barragens no contexto de seu interesse e ajuda a fornecer "inputs" aos processos como capital orçado, devidas avaliações de atividades e responsabilidade, planejamento de despesas eventuais, e avaliação de financiamento de perda e programas de seguro.

Kuperman *et allii* (1995) destaca que operar um efetivo programa de segurança de barragens pode ser tanto um desafio de administração como uma preocupação técnica para proprietários de hidroelétricas e projetos de recursos

hídricos. Para ser tecnicamente eficiente, o programa tem que incluir avaliações que forneçam aos gerentes uma base consistente para avaliar tanto as condições físicas de estruturas civis quanto os riscos a elas associadas. Para ser economicamente factível, o programa tem que assegurar que serão disponibilizados recursos para segurança. A seguir apresenta uma metodologia para avaliação do potencial de risco em 120 barragens operadas pela SABESP. O programa de segurança de barragens consiste em um sistema de avaliação que usa dois conjuntos de valores numéricos agrupados sob as categorias de "potencial de perigo" e "desempenho atual". Cada barragem é classificada conforme vários indicadores dentro das duas categorias, os resultados são somados por categorias, então estas classificações são convertidas em um índice de comportamento.

A SABESP classifica o potencial de perigo de suas barragens baseada em como elas atendem a vários critérios. Os critérios são: importância dentro das metas de operação da companhia, dimensões, tipo de barragem, tipo de órgão de descarga, descarga de projeto e instalações a jusante. Três níveis foram estabelecidos para cada critério e cada projeto é avaliado para qual dos níveis mais se aplica. Foram atribuídos valores numéricos para cada nível, com valores mais altos refletindo mais baixo potencial de perigo.

Cada barragem é também classificada de acordo com o desempenho atual conforme medido por uma série de critérios técnicos e analíticos. Assim como para o potencial de perigo, o mais baixo valor dentro de cada critério é atribuído à barragem com o desempenho mais fraco. Os critérios são:

- Qualidade geral de dados técnicos disponíveis;
- Nível de percolação;
- Presença de deformações;
- Nível de deterioração da face da barragem e taludes;
- Evidência de erosão à jusante e
- Condição dos equipamentos de descarga.

O índice de comportamento (BI) é calculado para refletir a importância da segurança relativa dos indicadores de potencial de perigo e desempenho atual, como mostrado na equação 1.

$$BI = (0.4 \times HP) + (0,6 \times AP)$$

Onde:

HP é a soma dos pontos dos itens potenciais de perigo da barragem e
AP é a soma de seus pontos dos itens na avaliação de desempenho atual.

Fusaro (1999) propõe um sistema de classificação das barragens e suas estruturas associadas vinculada ao seu Potencial de Risco (P) - parâmetro resultante de constantes - e sua Vulnerabilidade (V) - parâmetro resultante de variáveis -, visando acompanhar a evolução com o tempo do comportamento das estruturas e suas condições de contorno, e poder distinguir onde atuar para incrementar a segurança de uma dada estrutura.

O parâmetro P busca quantificar o risco em potencial de uma possível ruptura da barragem, tendo em vista características intrínsecas ao projeto, e que determinam "a priori" estruturas, mais ou menos seguras.

A classificação, segundo o Potencial de Risco (P), é dada pela soma dos valores atribuídos aos principais parâmetros físicos da barragem (altura, volume do reservatório, tipo de barragem, tipo de fundação e vazão de projeto).

A classificação, segundo a Vulnerabilidade (V), define as condições atuais da barragem e procura medir o quanto as estruturas estão vulneráveis a uma possível ruptura e a extensão dos danos materiais e financeiros daí advindos. É obtida através da soma da pontuação atribuída aos parâmetros variáveis (idade, confiabilidade dos extravasores, regras operacionais, condição atual das estruturas civis, riscos a jusante).

Segundo Budweg (1999) não apenas no Brasil, mas quase em todo mundo barragens estão sendo construídas nas áreas em desenvolvimento. Nessas regiões, onde o potencial do risco muda rapidamente, se nós adotarmos um critério de classificação das barragens segundo o risco envolvido, não apenas deveremos garantir que os resultados dos monitoramentos dessas barragens sejam rapidamente analisados, mas deveremos garantir também que a própria potencialidade do risco dessas barragens seja revisada periodicamente. Quanto mais rápido é o desenvolvimento dessas regiões, tanto mais rapidamente ou em intervalos mais curtos devemos revisar essa classificação. Porque com a mudança da potencialidade do risco, as providências a serem tomadas devem ser aumentadas também mais rapidamente.

Segundo CDSA (1995), a segurança de uma barragem pode ser realçada por:

- Melhoria na segurança para a correção de qualquer deficiência
- Operação segura continuada, manutenção e observação
- Preparação adequada para emergências

Segundo Cyganiewicz & Smart (2000) a análise de risco tem muitos benefícios incluindo os seguintes:

1. Comunicação do risco;

2. Melhoria do entendimento do comportamento da barragem;

3. Identificar as informações necessárias;

4. Formular alternativas de ações corretivas;

5. Alocações de recursos finitos (pessoal, equipamentos, investimentos, tempo).

Com um largo número de barragens categorizadas como estruturas de alto risco, o Bureau of Reclamation está constantemente analisando carga, responsabilidade e em conseqüência, dados para este inventário de barragens. Embora a análise possa não ser detalhada, produz uma indicação geral de quais barragens representam maior risco ao público, e consequentemente, requerem investigações adicionais para melhor quantificar os riscos e apoiar decisões de fazer modificações relacionadas a segurança da barragem para reduzir o risco da barragem. O desafio é identificar ou priorizar barragens com uma variedade de informações disponíveis para garantir que aquelas representando o maior risco estão recebendo prioridade para os recursos. Esta priorização pode ocorrer para uma barragem ou para um grupo de barragens.

Em Portugal, foi estabelecido o Regulamento de Segurança de Barragens (RSB) pelo Decreto Lei no. 11/90 o qual define as formas de controle de segurança de barragens nas fases de projeto, construção, primeiro enchimento, exploração, abandono e demolição. Dando prosseguimento ao RSB foi instituída em 1993 as Normas de Observação e Inspeção de Barragens, que, preconiza a ordenação das barragens com vistas a estabelecer a prioridade e os níveis das inspeções posteriores, considerando a ponderação das características específicas da obra associadas a três fatores: fatores exteriores ou ambientais envolvendo sismicidade, probabilidade de escorregamento de taludes; cheias; gestão do barramento, e ações agressivas (clima, água); fatores associados à barragem envolvendo dimensionamento estrutural, fundações, órgãos de descarga e manutenção; fatores humanos econômicos relativos a volume de acumulação e instalações a jusante.

São associados índices parciais variando de 1 a 6 crescentes com o risco a estes condicionantes, a partir dos quais é calculado o índice de risco global (a_g) o qual indica a classe (A, B ou C) que pertencerá a barragem. A avaliação do risco global é efetuada atribuindo valores (ai) aos diferentes fatores de risco, segundo regras do ICOLD agrupando-se os fatores de risco em três categorias, conforme estejam associadas às ações exteriores, à estrutura em si ou aos bens materiais e

humanos afetados pela ruptura da obra. O valor do índice de risco global (ag), é determinado pelo produto dos três fatores anteriormente referidos e indicará a classe (A, B ou C) que pertencerá à barragem.

Outras instituições utilizam metodologias semelhantes para a priorização de ações.

2 – MODELO DE AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE RISCO

Considerando o número de açudes gerenciados pela COGERH (Menescal *et allii*, 2001a) e os muitos outros que demandaram algum tipo de intervenção (Menescal *et allii*, 2001b) tornou-se imprescindível o estabelecimento de critérios para a priorização de ações.

As premissas básicas para o estabelecimento deste modelo foram:

- Abrangência para todos os tipos e tamanhos de obras existentes no Estado do Ceará;
- Facilidade e rapidez de aplicação;
- Restringir ao máximo possível a subjetividade na aplicação da metodologia;
- Considerar aspectos da segurança estrutural e operacional, considerando aspectos econômicos, sociais e ambientais;
- Aspectos a observar, magnitude e importância baseados na experiência adquirida na O&M de açudes no Ceará.

A Figura 1 apresenta o esquema proposto para Avaliação do Potencial de Risco. A partir das informações técnicas de projeto e construção pode-se determinar a periculosidade (P) das estruturas. Com base no estabelecimento de critérios econômicos, ambientais e sociais é definida a importância estratégica (I) daquelas obras. Com base nos dados de inspeção de campo (Menescal *et allii*, 2001c) e de leitura de instrumentação é efetuada uma avaliação preliminar da segurança que permitirá a estimativa da vulnerabilidade (V) das estruturas. O potencial de risco é calculado a partir destes três parâmetros (P, I e V) e permite a priorização de ações a serem desenvolvidas na fase de planejamento e programação da manutenção. A continuidade das inspeções de campo permite uma reavaliação das medidas adotadas para que seja alcançada uma maior eficiência do esquema.

Como se pode observar o Potencial de Risco obtido é qualitativo, apesar da representação numérica, pois não foi calculado utilizando procedimentos estatísticos. Esta etapa do cálculo de risco propriamente dito pode ser desenvolvida dentro da

fase de planejamento, seguindo os procedimentos de PRA descritos em Parsons *et allii* (1999), caso seja necessário uma priorização mais pormenorizada das atividades a serem desenvolvidas.

Compõe o modelo um primeiro conjunto de parâmetros ou características técnicas do projeto que, pela sua magnitude, permitem retratar o grau de PERICULOSIDADE (P) (Tabela 1).

Um segundo conjunto, envolvendo aspectos relacionados com o estado atual da barragem, com a sua história e com a operacionalidade e/ou facilidade de manutenção de suas estruturas hidráulicas, e o tipo de material acumulado, permite avaliar o grau de VULNERABILIDADE (V) atual (Tabela 2).

O terceiro conjunto, IMPORTÂNCIA (I), reúne parâmetros que, por seu vulto ou magnitude, conferem o valor estratégico associável à barragem no caso de eventual ruptura (Tabela 3). Os aspectos considerados relevantes para a importância foram o volume regularizado do reservatório, considerando a sua média histórica, a população à jusante sujeita a risco em casos de falhas operacionais e o custo atualizado da barragem (e estruturas anexas) e de potenciais prejuízos a jusante.

Finalmente, o Potencial de Risco (PR) sugere a classificação de enquadramento da barragem segundo o nível de risco à sua segurança. Essa classificação está associada a índices do Potencial de Risco (PR) e de Vulnerabilidade (V) (Tabela 4).

3 – NÍVEIS DE INSPEÇÃO, MANUTENÇÃO, INSTRUMENTAÇÃO E SISTEMA DE ALERTA

A Figura 2 apresenta esquematicamente como definir os níveis desejados de monitoramento hidrológico, inspeção, manutenção etc. a partir de dados da segurança estrutural e operacional, considerando aspectos econômicos, sociais e ambientais. Esta definição é sistematizada através de matrizes que agregam pesos e valores aos diversos aspectos considerados.

Seguindo esta metodologia, a partir dos pesos atribuídos aos diversos aspectos considerados na avaliação de P, V, I e PR, tentou-se estabelecer critérios para definir os níveis com que os açudes deverão ser tratados com relação à inspeção, manutenção, instrumentação e sistema de alerta. As Tabelas 5, 6 e 7 apresentam a metodologia para esta divisão em níveis.

Sempre que PR > 50 e/ou I ≥ 1,5 deve-se dispor de um **Sistema de Alerta** para a barragem. Uma proposta de metodologia para Planos de Ações Emergenciais encontra-se apresentada em Menescal & Miranda (1997).

4 – RESULTADOS

Para o desenvolvimento do modelo proposto foram obtidas classificações para P, V, I e PR de 35 açudes no Estado do Ceará. Para que o modelo fosse o mais abrangente possível foram consideradas obras de todos os tamanhos e tipos (e.g. terra, enrocamento, concreto, alvenaria de pedra etc.) e com diferentes situações de manutenção, monitoramento e importância estratégica. O resultado após a aplicação do modelo encontra-se apresentado na Tabela 8.

5 – COMENTÁRIOS

O objetivo principal do modelo proposto é obter uma classificação das barragens sob responsabilidade da COGERH, essencialmente quanto à sua segurança estrutural, hierarquizando-as, de forma a proporcionar à direção da empresa um meio eficaz de planejar e programar a alocação dos recursos necessários à sua manutenção dentro dos padrões de segurança exigidos pela legislação oficial e as Normas Técnicas Brasileiras.

Embora a mesma contenha ou forneça alguns elementos de interesse estratégico quanto à segurança no manejo do recurso hídrico envolvido, é importante destacar que não é esse o objetivo precípuo da classificação sugerida.

Também deve ficar registrado que esse é um "modelo piloto", cujos parâmetros e respectivas pontuações devem ser objeto de "testes" a serem efetuados, com técnicos diversos que detenham conhecimentos específicos e/ou familiaridade com cada uma das barragens (aspectos do projeto e da obra concluída). Esses testes deverão permitir aferir quais os parâmetros e/ou pontuações necessitam ser ajustados/ modificados para melhor retratar a classificação aplicável ao atual universo de barragens da COGERH. No futuro, à medida que esse universo se ampliar, pela incorporação de mais barragens ao acervo da empresa, outros ajustes podem vir a ser necessários.

Encontra-se em fase de desenvolvimento esquemas similares para estabelecimento de níveis de Monitoramento Hidrológico, Operação, Controle Ambiental, Organização. As ações assim desenvolvidas conduzem a uma mitigação do risco integrado na barragem e no vale a jusante (Figura 3).

Uma análise de risco mais detalhada utilizando metodologias estatísticas deverá ser efetuada nas obras consideradas prioritárias. Menescal et alli (1999) e Menescal & Vieira (1999) apresentam aplicações de métodos de avaliação de risco e de conjuntos difusos em casos de barragens envolvendo aspectos hidrológicos e ambientais.

6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BUDWEG, F.; 1999. Aspectos Institucionais. Privatização. XXIII Seminário Nacional de Grandes Barragens, Belo Horizonte – MG, Anais volume III, p. 19 -20

CBGB;1983. Diretrizes para a Inspeção e Avaliação de Segurança de Barragens em Operação. Rio de Janeiro, 26 p.

CDSA; 1995. Diretrizes para Segurança de Barragens. Tradução de Henry Dantas Strong, CESP Companhia Energética de São Paulo, Divisão de Segurança e tecnologia, São Paulo – SP.

CYGANIEWICZ, J. M.; SMART, J. D. U.S.; 2000. Bureau of Reclamation's use of risk analysis and risk assessment in dam safety decision making. ICOLD, 20th Congress, Beijing, China.

FUSARO, T. C.; 1999. Um Programa de Segurança de Barragens no Setor Elétrico Privatizado. XXIII Seminário Nacional de Grandes Barragens, Belo Horizonte – MG, Anais volume I – p. 45 – 56.

GEHRING, J.G.; 1987. Aspectos Atuais na Avaliação da Segurança de Barragens em Operação. Dissertação de Mestrado, USP, São Paulo, 249p.

KUPERMAN, S. C.; RE, G.; CANHOLI, A. P.; NAKANDAKARI, M. K. & LUIZ, M. W.; 1995. Making Effective, Economical Dam Safety Decisions. Hydro Review Wordline, volume 3, number 4.

LEGISLAÇÃO PORTUGUESA; 2000. Regulamentos e Normas de Segurança de Barragens.

MENESCAL, R.A. & MIRANDA, A.N.; 1997. Plano de Ações Emergenciais para Barragens. XII Seminário Nacional de Recursos Hídricos, Vitória - ES.

MENESCAL, R.A.; VIEIRA, V.P.P.B; MOTA, F.S.B. & AQUINO, M.D.; 1999. Quantificação de Riscos ambientais e Efeitos de Ações Mitigadoras – Estudo de Caso: Açude Aracoiaba. XIII Seminário Nacional de Recursos Hídricos, Belo Horizonte - MG.

MENESCAL, R.A. & VIEIRA, V.P.P.B.; 1999. Manutenção de sangradouro de açude e risco de ineficiência hidráulica. XXIII Seminário Nacional de Grandes Barragens, Anais Pós-Congresso, Belo Horizonte - MG.

MENESCAL, R.A.; FONTENELLE, A. S.; OLIVEIRA, S.K.F.; VIEIRA, V.P.P.B.; 2001a. Ações de Segurança de Barragens no Estado do Ceará. XXIV Seminário Nacional de Grandes Barragens, Anais, Fortaleza – CE.

MENESCAL, R.A.; OLIVEIRA, S.K.F.;FONTENELLE, A.S. & VIEIRA, V.P.P.B.; 2001b. Acidentes e Incidentes em Barragens no Estado do Ceará. XXIV Seminário Nacional de Grandes Barragens, Anais, Fortaleza – CE.

MENESCAL, R.A.; FONTENELLE, A.S.; OLIVEIRA, S.K.F. & VIEIRA, V.P.P.B.; 2001c. Avaliação do Desempenho de Barragens no Estado do Ceará. XXIV Seminário Nacional de Grandes Barragens, Anais, Fortaleza – CE.

NEGRINI, M. A.; SARDINHA, V. L. A.; FERREIRA, W. V. F.; 1999. Incidente com a Barragem do Engordador e uma proposta de sistematizar as ações de emergência. XXIII Seminário Nacional de Grandes Barragens, Belo Horizonte – MG, Anais volume II, p. 117 – 126

PARSONS, A. M.; BOWLES D. S. ; ANDERSON L.R.; 1999. Strengthening a Dam Safety Program Through Portfolio Risk Assessment. Hydro Review Wordline .

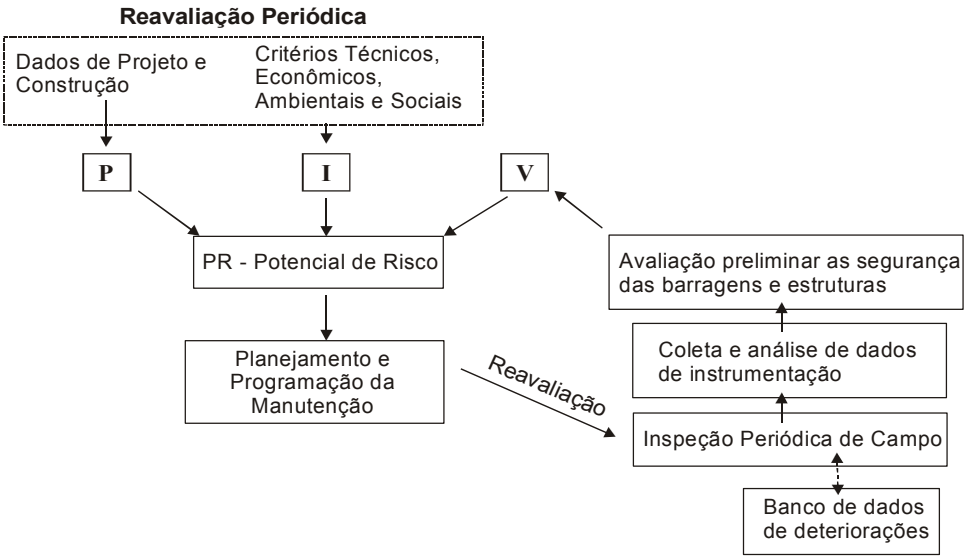


FIGURA 1 – Esquema proposto para avaliação do potencial de risco.

FIGURA 2 – Metodologia para estabelecimento de critérios para operação e segurança de açudes.

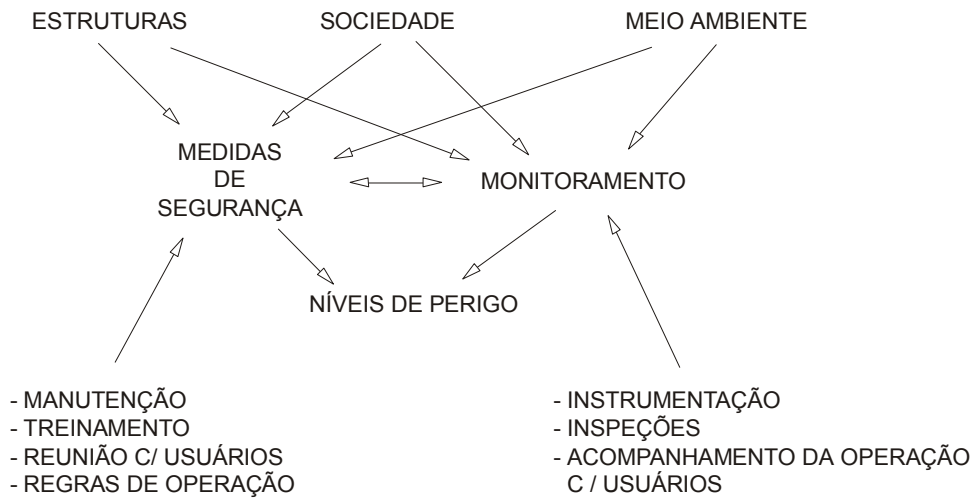


FIGURA 3 – Mitigação do risco integrado na barragem e no vale a jusante.

TABELA 1- Periculosidade (P)

DIMENSÃO DA BARRAGEM [1]	**VOL. TOTAL DO RESERVATÓRIO** [2]	**TIPO DE BARRAGEM** [3]	**TIPO DE FUNDAÇÃO** [4]	**VAZÃO DE PROJETO** [5]
Altura ≤ 10m Comprimento ≤ 200m (1)	Pequeno < 20hm^3 (3)	Concreto (4)	Rocha (1)	Decamilenar (1)
Altura 10 a 20m **Comprimento≤ 2000m** (3)	Médio até 200hm^3 (5)	Alvenaria de pedra / Concreto rolado (6)	Rocha alterada / Saprolito (4)	Milenar (2)
Altura 20 a 50m Comprimento 200m a 3000m (6)	Regular 200 a 800hm^3 (7)	Terra / Enrocamento (8)	Solo residual / Aluvião até 4m (5)	500 anos (4)
Altura > 50m Comprimento > 500m (10)	Muito grande > 800hm^3 (10)	Terra (10)	Aluvião arenoso espesso / Solo orgânico (10)	Inferior a 500 anos ou Desconhecida (10)

NOTAS – Se a vazão for desconhecida, deverá ser reavaliada, independentemente da pontuação.

P >30 – Elevado

P 20 a 30 – Significativo $$P = \sum_{1}^{5} p_i$$

P 10 a 20 – Baixo a Moderado

TABELA 2 - Vulnerabilidade (V), estado de condição atual da barragem.

TEMPO DE OPERA-ÇÃO [6]	EXISTÊNCIA DE PROJETO [7]	CONFIABI-LIDADE DAS ESTRUTU-RAS VERTE-DOURAS [8]	TOMADA DE ÁGUA [9]	PERCOLA-ÇÃO [10]	DEFORMA-ÇÕES/ AFUNDA-MENTOS ASSENTA-MENTOS [11]	DETERIO-RAÇÃO DOS TALUDES/ PARAMEN-TOS [12]	TIPO DE MATERIAL ACUMULA DO NO RESERVAT ÓRIO [13]
> 30 anos (0)	Existem projetos "as built" e avaliação do Desempenho (1)	Muito Satisfatória (2)	Satisfatória Controle a montante (1)	Totalmente Controlada Pelo sistema de drenagem (1)	Inexistente (0)	Inexistente (1)	Inexistente (0)
10 a 30 anos (1)	Existem Projetos "as built" (3)	Satisfatória (3)	Satisfatória Controle a jusante (2)	Sinais de umidecimen to nas áreas de jusante, taludes ou ombreiras (4)	Pequenos abatimentos da crista (2)	Falhas no rip-rap e na proteção de Jusante (3)	Água (1)
5 a 10 anos (2)	Só projeto Básico (5)	Suficiente (6)	Aceitável (3)	Zonas úmidas em taludes de jusante, ombreiras, área alagada a jusante devida ao fluxo (6)	Ondulações pronunciada s, Fissuras (6)	Falha nas proteções – drenagens insuficiente e sulcos nos taludes. (7)	Água Poluida (3)
< 5 anos (3)	Não existe Projeto (7)	Não satisfatório (10)	Deficiente (5)	Surgência de água em taludes, ombreiras e área de jusante (10)	Depressão na crista – Afundament os nos taludes, ou na fundação /Trincas (10)	Depressão no rip-rap Escorregam entos – sulcos profundos de Erosão, Vegetação (10)	Resíduos Tóxicos ou Potencialme nte Tóxicos (10)

NOTA: Pontuação (10) em qualquer coluna implica em intervenção na barragem, a ser definida com base em Inspeção Especial.

V > 35 – Elevada

V = 20 – 35 – Moderada a Elevada

$$V = \sum_{6}^{12} v_i$$

V = 5 a 20 – Baixa a Moderada

V < 5 – Muito baixa

TABELA 3 - Importância Estratégica (I)

VOL. ÚTIL[1] hm³ (A)	POPULAÇÃO A JUSANTE (B)	CUSTO DA BARRAGEM (C)
Grande (2) > 800	Grande (2,5)	Elevado (1,5)
Médio (1,5) 200 a 800	Média (2,0)	Médio (1,2)
Baixo (1) < 200	Pequena (1,0)	Pequeno (1,0)

NOTA:
[1] – Volume regularizado anual a partir dos dados de operação

$$I = \frac{A + B + C}{3}$$

TABELA 4 - Potencial de Risco (PR)

CLASSE	POTENCIAL DE RISCO - PR
A	> 65 (ou Vi=10) - alto
B	40 a 65 – médio
C	25 a 40 – normal
D	15 a 25 – baixo
E	< 15 – muito baixo

NOTAS:
1. Barragens com PR acima de 55 devem ser reavaliadas por critérios de maior detalhe.
2. Barragens incluídas na classe A exigem intervenção, a ser definida com base em Inspeção Especial.

$$PR = \frac{(P + V)}{2} \times I$$

TABELA 5 – Freqüência de inspeções.

TIPO DE INSPEÇÃO	CLASSIFICAÇÃO DA BARRAGEM				
	A	B	C	D	E
Rotina		12/ ano (mensal)	4/ ano (trimestral)	2/ ano (semestral)	1/ ano (anual)
Periódica		1/ ano (relatório completo)	1/ ano (relatório simplificado), 1/ 2 anos (relatório completo)	1/ 2 anos (relatório simplificado)	1/ 4 anos (relatório simplificado)
Formal		1/ 5 anos	1/ 10 anos	1/ 15 anos	1/ 15 anos
De Especialistas	Para definir intervenção e reclassificação	Em oportunidades tais como cheias excepcionais, rebaixamento rápido do reservatório, sismos etc.			
Emergência	Após eventos de magnitude especial.				

TABELA 6 – Índice de magnitude de maior gravidade aceito para cada classe de barragem.

CLASSE DA BARRAGEM	ÍNDICE DE MAGNITUDE DE MAIOR GRAVIDADE ACEITO (A anomalia observada nas inspeções deve ser corrigida no caso de Magnitudes maiores que:)
A	Barragens nessa classe devem sofrer Intervenção imediata para correção das deficiências e posteriormente ser submetida a nova reclassificação
B	I – deficiências inexistentes ou irrelevantes
C	P – pequenas deficiências
D	P – pequenas deficiências
E	M - deficiências médias

TABELA 7 – Critério "indicativo" para instrumentação.

ALTURA DA BARRAGEM (m)	DESLOCAMENTOS		TENSÕES TOTAIS	VAZÕES	PIEZÔMETROS	SISMOLOGIA
	SUPERFICIAIS	INTERNOS				
< 10	-	-	-	-	-	-
10 a 20	(x)	-	-	(x)	(x)	-
20 a 50	x se classe B ou I= 2	-	-	x vazão total se classe B ou I =2	x se classe B ou I=2	(x)
> 50	x	(x)	(x)	(x) vazão parcial ou x vazão total	x	x se classe B ou I = 2

NOTA:
x – Dispositivo obrigatório
(x) – Dispositivo opcional

TABELA 8 – Resultados após a aplicação do modelo.

		PERICULOSIDADE - P					VULNERABILIDADE - V							IMPORTÂNCIA ESTRATÉGICA - I							
Barragem	Proprietário	Dimensão (1)	Volume (2)	Tipo (3)	Tipo de Fundação (4)	Vazão de projeto (5)	Tempo de Operação (6)	Existência de Projeto "as built" (7)	Confiabilidade das Estruturas Vertentes (8)	Tomada de Água (9)	Percolação (10)	Deformações (11)	Deterioração (12)	Volume Útil (13)	População à Jusante (14)	Custo (15)	P	V	I	Pontos	Potencial de Risco	Classe
Orós	DNOCS	10	10	9	1	10	0	5	3	1	1	2	1	2	2,5	1,5	40	13	2,00	53,0	Médio	B
Banabuiú	DNOCS	10	10	9	1	10	0	5	3	1	1	0	3	2	2,5	1,5	40	13	2,00	53,0	Médio	B
Poço Salgado	DNOCS	3	3	10	4	10	0	7	3	3	4	2	10	1	2	1	30	29	1,33	39,3	Alto	A
Trussu	DNOCS	6	7	10	5	2	2	5	3	1	4	0	7	1	2	1,2	30	22	1,40	36,4	Normal	C
Acarape do Meio	DNOCS	6	5	6	1	7	0	5	3	5	1	0	1	1	2,5	1,5	25	15	1,67	33,3	Normal	C
Pedras Brancas	DNOCS	6	7	8	1	10	1	5	3	1	4	0	3	1,5	1,2	1,2	32	17	1,30	31,9	Normal	C
Lima Campos	DNOCS	3	5	9	1	10	0	5	3	1	1	2	4	1	2	1	28	16	1,33	29,3	Normal	C
Trici	DNOCS	3	3	4	1	10	1	5	6	3	1	0	3	1	2	1,2	21	19	1,40	28,0	Normal	C
Choró	DNOCS	6	5	10	4	10	0	5	3	1	1	0	7	1	1	1,2	35	17	1,07	27,7	Normal	C
Cedro	DNOCS	3	5	6	1	10	0	5	3	1	3	0	1	1	2	1,2	25	13	1,40	26,6	Normal	C
Jaburú I	Estado	10	7	10	4	2	1	1	6	2	10	0	3	1,5	2	1,2	33	23	1,57	43,9	Alto	A
Pacoti	Estado	6	7	10	4	2	1	5	3	1	1	0	3	1,5	2,5	1,2	29	14	1,73	37,3	Normal	C
Gavião	Estado	3	5	10	5	1	1	5	2	1	1	2	1	2	2,5	1,2	24	13	1,90	35,2	Normal	C
Pacajus	Estado	6	5	10	4	2	1	5	3	3	1	0	3	1	2,5	1,2	27	16	1,57	33,7	Normal	C
Carnaubal	Estado	3	5	10	4	10	1	5	3	2	1	0	3	1	2	1,2	32	15	1,40	32,9	Normal	C
Jaburú II	Estado	3	5	10	4	10	1	5	3	2	1	0	3	1	2	1,2	32	15	1,40	32,9	Normal	C
Olho D'água	Estado	6	5	9	8	4	2	5	3	2	10	0	7	1	1	1	32	29	1,00	30,5	Alto	A
Cipoada	Estado	6	5	10	4	10	2	5	3	2	1	0	7	1	1	1,2	35	20	1,07	29,3	Normal	C
Canoas	Estado	6	5	6	1	7	3	5	3	1	1	0	1	1	1	1,2	25	14	1,07	20,8	Baixo	D
Castro	Estado/PROURB	6	5	10	10	2	2	3	3	1	1	0	7	1	2,5	1	33	17	1,50	37,5	Normal	C
Souza	Estado/PROURB	3	5	10	10	2	3	3	3	2	6	0	3	1	2	1,2	30	20	1,40	35,0	Normal	C
Gangorra	Estado/PROURB	6	5	10	5	2	3	3	4	2	4	0	3	1	2	1,2	28	19	1,40	32,9	Normal	C
Barra Velha	Estado/PROURB	3	5	10	10	2	3	3	3	2	4	0	1	1	2	1,2	30	16	1,40	32,2	Normal	C
Sítios Novos	Estado/PROURB	6	5	10	5	2	3	3	3	1	4	0	3	1	2	1,2	28	17	1,40	31,5	Normal	C
Itaúna	Estado/PROURB	3	5	10	10	2	3	3	10	2	1	2	1	1	1	1,2	30	22	1,07	27,7	Alto	A
Flor do Campo	Estado/PROURB	6	5	10	10	2	3	3	3	2	1	0	1	1	1	1,2	33	13	1,00	24,5	Baixo	D
Angicos	Estado/PROURB	3	5	10	10	2	3	3	3	2	4	0	3	1	1	1	30	18	1,00	24,0	Baixo	D
Muquém	Estado/PROURB	6	5	10	10	2	3	3	3	2	1	0	1	1	1	1	33	13	1,00	23,0	Baixo	D
Cachoeira	Estado/PROURB	6	5	10	10	2	3	3	3	2	1	0	1	1	1	1	33	13	1,00	23,0	Baixo	D
Rosário	Estado/PROURB	6	5	10	10	2	3	3	3	2	1	0	1	1	1	1	33	13	1,00	23,0	Baixo	D
Ubaldinho	Estado/PROURB	3	5	10	10	2	3	3	3	2	1	0	1	1	1	1,2	30	13	1,07	22,9	Baixo	D
Monsenhor Tabosa	Estado/PROURB	6	3	10	5	2	3	3	3	2	4	0	3	1	1	1	26	18	1,00	22,0	Baixo	D
Jerimum	Estado/PROURB	6	5	8	5	2	2	3	3	2	1	0	3	1	1	1	26	14	1,00	20,0	Baixo	D
Benguê	Estado/PROURB	6	3	10	4	2	3	3	3	2	1	0	1	1	1	1	25	13	1,00	19,0	Baixo	D
Cauhipe	Estado/PROURB	3	3	8	5	2	3	3	3	2	1	0	3	1	1	1	21	15	1,00	18,0	Baixo	D

1997 - Artigo apresentado no XII Seminário Nacional de Recursos Hídricos, Vitória – ES.

PLANO DE AÇÕES EMERGENCIAIS PARA BARRAGENS

Rogério de A. Menescal[1]

Antônio N. de Miranda[2]

Resumo - O Estado do Ceará criou recentemente a Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Ceará - **COGERH**, com a missão de gerenciar os recursos hídricos superficiais e subterrâneos do Estado.

Para uma operação dos açudes de forma mais adequada e segura, a **COGERH** está preparando o Manual de Segurança de Barragens. Este manual define os modelos que devem ser seguidos para a elaboração de planos de Inspeção, Monitoramento, Instrumentação, Manutenção e Ações Emergenciais. Este trabalho descreve o modelo proposto para o Plano de Ações Emergenciais para Barragens, que contém todas as informações para o planejamento das medidas que devem ser tomadas em uma situação de risco iminente ou no decorrer da ruptura da barragem.

Abstract - The Ceará State, recently created the Water Resources Management Company of Ceará State - **COGERH**, to manage the superficial and underground water resources in Ceará State.

In order to operate the dams properly and safely, **COGERH** elaborated the Dams Safety Manual. This manual defines the methodology to prepare the planes of Inspection, Monitoring, Instrumentation, Maintenance and Emergencial Actions. This paper describes the proposed model for preparing the Emergencial Actions Plan, that contains all informations to implement the emergencial measures that should be taken in imminent risk situation or in case of dam failure.

Palavras-Chave - Segurança de Barragens, Gestão de Recursos Hídricos, Operação e Manutenção de Barragens.

[1] Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará - COGERH.
R. José Euclides, 376, CEP: 60.160-150, Fortaleza, CE. Tel.: (085) 227 8247 FAX: (085) 227 8850. E-mail: rogeriom@roadnet.com.br.

[2] Universidade Federal do Ceará - UFC.
Campus do Pici, Tel. (085) 227 8174 E-mail: miranda@ufc.br

INTRODUÇÃO

O Estado do Ceará vem passando por um processo de modernização do seu sistema de gestão dos recursos hídricos. Neste contexto, o Governo do Estado criou recentemente a Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Ceará - **COGERH**, com a missão de gerenciar os recursos hídricos superficiais e subterrâneos de domínio do Estado. Entre outras ações com o objetivo de tornar os açudes estaduais aptos para uma operação adequada e segura, a **COGERH** está preparando o Manual de Segurança de Barragens. Este manual define os modelos que devem ser seguidos para elaboração de planos de Inspeção, Monitoramento e Instrumentação, Manutenção e Ações Emergenciais.

De acordo com o modelo proposto, o Plano de Ações Emergenciais (**PAE**) deve conter procedimentos de emergência em relação ao acompanhamento da barragem, das medidas em relação a sua operação e de notificação das autoridades responsáveis e da população em geral para salvaguardar vidas e reduzir danos ao longo do rio na eventualidade de uma ruptura da Barragem. Assim, o **PAE** deve definir responsabilidades e indicar os procedimentos para: (a) Identificar situações não usuais, ou indesejáveis, que possam vir a comprometer a segurança da Barragem; (b) Iniciar as ações remediadoras a tempo para prevenir ou minimizar os impactos a jusante de uma eventual ruptura da barragem; (c) Iniciar as ações emergenciais para notificação das populações a jusante sobre uma ruptura iminente, ou em curso, da barragem.

Para facilitar estas ações, dados gerais sobre o açude devem ser incluídos no **PAE**, tais como: ficha técnica completa, caminho do fluxo a jusante, categoria de nível de danos a jusante (elevado, médio, baixo), número de construções na região de inundação a jusante, descrição das propriedades etc.

O objetivo do presente trabalho é descrever a metodologia utilizada e relatar a experiência acumulada pela Divisão de Engenharia de Segurança de Obras Hídricas (**DESOH**) da **COGERH** na elaboração deste manual.

UM MODELO DE PLANO DE AÇÕES EMERGENCIAS PARA AÇUDES ESTADUAIS

O desenvolvimento do modelo de PAE seguiu, a princípio, as diretrizes estabelecidas em FEMA (1987), Eletrobrás (1987), Gehring (1987), Menescal (1994), USBR (1995) e Menescal et al. (1996).

As seções em que foi dividido o modelo proposto são apresentadas a seguir.

Atribuição de Responsabilidades

A lista de atribuição de responsabilidades indica quem é responsável pela tomada de ações específicas, para cada situação emergencial na barragem. Desta maneira as tarefas podem ser bem distribuídas de forma que em uma situação emergencial ninguém seja sobrecarregado além do necessário. Estas atribuições devem incluir: (a) a operação e manutenção diária da barragem; (b) a identificação de condições que requeiram ações emergenciais e (c) a tomada das medidas previstas no **PAE**.

Mapa de Inundação

Um mapa de inundação deve ser preparado, indicando as áreas e construções que poderão ser afetadas por ondas de cheia causadas por um súbito rompimento da barragem. Neste mapa deve ser incluindo um zoneamento das áreas que serão gradativamente atingidas pela água com o decorrer do tempo após a ruptura.

Tipos de Ruptura

Para a elaboração do **PAE** foram consideradass três condições em que a ruptura de uma barragem pode ser classificada, são elas: **Ruptura em Progressão**, **Ruptura Iminente** e **Ruptura em Desenvolvimento Lento**. Para cada uma delas são previstas as correspondentes ações.

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: (a) Implementar imediatamente a **Lista de Notificação**; (b) Coordenar esforços com outras instituições e proprietários de barragens a jusante para reduzir a onda de cheia, se aplicável.

Caso a ruptura de uma barragem seja iminente, mas não tenha iniciado ainda, os seguintes passos devem ser seguidos imediatamente: (a) Implementar imediatamente a **Lista de Notificação**; (b) Iniciar as ações preventivas descritas no **PAE**; (c) Efetuar todos os esforços possíveis para reduzir a onda de cheia a jusante (e.g. reduzir a entrada de água no reservatório, operar os dispositivos de liberação de água etc.)

Caso uma ruptura em desenvolvimento lento ou situação não usual esteja ocorrendo, onde a ruptura não seja iminente, mas possa ocorrer se nenhuma ação for efetivada, o pessoal encarregado deverá: (a) Contatar a **COGERH** - Departamento de Engenharia de Segurança de Obras Hídricas e a Secretaria dos Recursos Hídricos - Diretoria Técnica, para uma inspeção da barragem; (b) Verificar,

durante estes contatos, se existe alguma ação imediata que possa ser tomada para reduzir o risco de ruptura; (c) Iniciar, caso necessário, as ações preventivas descritas no **PAE**; (d) Caso a situação torne-se mais grave, preparar para implementar a **Lista de Notificação**.

Situações de Emergência

Para as Situações de Emergência, são relacionados a seguir, alguns dos eventos que podem contribuir diretamente para a ruptura da barragem.

Para cada um desses eventos foi elaborada uma seqüência de etapas a serem seguidas na tentativa de estabilizar a situação, bem como os procedimentos a serem seguidos ao término da situação emergencial e ações complementares.

Abalo Sísmico

Caso um tremor de terra com magnitude igual ou superior a 5 graus na escala Richter tenha ocorrido nas proximidades, ou as pessoas tenham percebido tremores de terra na área da barragem, dever-se-á:

- Efetuar uma inspeção visual da barragem e estruturas complementares;
- Se a barragem estiver rompendo seguir imediatamente as instruções descritas no Item de **Ruptura em Progressão**;
- Se a barragem estiver danificada ao ponto de acarretar em aumento de fluxo para jusante, executar imediatamente os procedimentos descritos para **Ruptura Iminente**;
- 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 **DESOH** para maiores instruções.
- Caso não exista perigo iminente de ruptura da barragem, o operador deverá inspecionar detalhadamente: o coroamento e ambos os taludes da barragem procurando por trincas, recalques ou infiltrações; ombreiras por possíveis deslocamentos; drenos ou vazamentos, por alguma turbidez ou lama na água ou aumento de vazão; estrutura do sangradouro para confirmar uma continuidade da operação em segurança; dispositivos de descarga, casa de controle, túnel e câmara da comporta por integridade estrutural; áreas no reservatório e a jusante, por deslizamentos de terra; outras estruturas complementares.
- Os aspectos observados devem ser relatados para o **DESOH** e todas as outras instituições contatadas anteriormente durante a emergência. A barragem deve ser observada cuidadosamente nas próximas duas a quatro semanas já que alguns danos podem não aparecer imediatamente após o abalo.

Enchente

Um estudo da propagação da Cheia Afluente de Projeto indicará se o sangradouro irá ou não suportar a cheia sem problemas. No caso de um evento de cheia maior, procedimentos especiais devem ser efetuados para assegurar vidas e propriedades à jusante.

- Assim, se algo acontecer causando elevação do nível da água no reservatório até 0,6m abaixo da crista da barragem, contate o **DESOH** imediatamente relatando: (a) nível atual do reservatório e borda livre; (b) Taxa de elevação do nível do reservatório; (c) Condições climáticas - passado, presente e previsão; (d) Condições de descarga dos riachos e rios a jusante e (e) Vazão dos drenos.
- No momento em que o nível de água do reservatório exceder a cota da soleira do sangradouro, pelo menos 1 inspeção diária da barragem deve ser efetuada.
- Se o nível do reservatório atingir 0,3m da crista da barragem, implementar imediatamente os seguintes procedimentos: (a) Contatar o **DESOH**; (b) Aumentar gradualmente a descarga no sangradouro e/ou tomada d'água se possível; (c) Tentar notificar as pessoas residentes a jusante sobre o aumento de vazão, e aumentar as vazões em estágios para evitar atingir o pessoal a jusante; (d) Verificar o pé da barragem e ombreiras a jusante procurando por novas infiltrações ou percolações anormais no dreno do pé. Se existir alguma indicação de fluxo com carreamento de argila ou silte ou aumento das vazões, implementar os procedimentos de **Ruptura Iminente**; (e) Verificar o aumento/ redução de percolação devido à variação do nível da água; (f) Verificar trincas, abatimentos, umedecimentos, deslizamentos ou outros sinais de perigo próximos às ombreiras ou crista.

Erosão, Abatimento, Encharcamento e Trincamento

No caso de erosões, abatimentos, encharcamentos e trincamentos, 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 **DESOH** para instruções.

Novas Fontes, Infiltração, Charcos, Aumento de Fluxo ou Sumidouros

Caso ocorra um rápido aumento de antigas infiltrações, um aumento de fluxo no dreno de pé ou aparecimento de novas fontes, infiltrações ou zonas úmidas, então deve-se determinar a sua localização, extensão, descarga estimada, aspecto da água de descarga e as elevações de água no reservatório e na região a jusante.

Deslizamento

Todo deslizamento na região de montante que tenha potencial para deslocar rapidamente grandes volumes pode gerar grandes ondas no reservatório ou sangradouro. Do mesmo modo, deslizamentos na região de jusante que possam impedir o fluxo de água normal também são relevantes. Assim, todos os deslizamentos devem ser relatados ao **DESOH**. 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.

Descarga Súbita de Água

No caso de grandes descargas súbitas de água, planejadas ou não, pelo sangradouro ou dispositivos de tomada d'água (e.g. abertura de comportas e válvulas etc.), as populações residentes a jusante devem ser notificadas juntamente com as instituições e organismo envolvidos, sobre o aumento do fluxo.

Leitura de Instrumentação Anormal

Após a obtenção de toda leitura de instrumentação da barragem, os valores obtidos devem ser comparados com os das leituras anteriores para o mesmo nível de água no reservatório e os valores limites estabelecidos no Plano de Instrumentação. Caso a leitura pareça anormal, dever-se-á:

- Determinar a origem das alterações das leituras normais, os níveis de água no reservatório e na região a jusante, as condições climáticas e outros fatores pertinentes;
- Contatar o **DESOH** e o engenheiro projetista.

No caso de ocorrência de outros problemas que possam por a barragem em risco de segurança, contatar o **DESOH** e explicar a situação da melhor maneira possível.

Uma vez que as condições indicam não mais haver emergência na região da barragem e as pessoas e entidades responsáveis (e.g. **DESOH** ou um profissional de engenharia) terem declarado que a barragem está segura, as autoridades locais deverão ser contatadas, para dar por terminada a situação emergencial.

Ações Preventivas

Em função da situação emergencial, algumas medidas podem ser tomadas, a fim de prevenir ou retardar a ruptura. Algumas destas ações são:

- Abrir os dispositivos de descarga até o seu limite máximo de segurança;
- Posicionar sacos de areia, aterro ou enrocamento ao longo da crista da barragem para aumentar a borda livre e forçar um maior fluxo pelo sangradouro e dispositivos de descarga;
- Providenciar proteção no talude de jusante, instalando lonas plásticas ou outros materiais resistentes a erosão no caso de galgamento;
- Derivar, se possível, parte da vazão afluente na região do reservatório;
- Aumentar a descarga de sangria efetuando, em último caso, aberturas em pequenos aterros, diques ou barragens auxiliares, onde os materiais de fundação forem mais resistentes à erosão.
- Implementar uma inspeção detalhada da área afetada, observando sinais de deslizamentos, trincamentos ou percolação concentrada.
- Rebaixar o nível da água no reservatório a uma taxa e até uma cota consideradas seguras, dadas as condições da ruptura. Caso os dispositivos de descargas estejam danificados, bloqueados ou com vazão insuficiente, a instalação de moto-bombas, sifões ou a abertura controlada do aterro pode ser necessária;
- Estabilizar deslizamentos no talude de jusante acrescentando material (e.g. solo, enrocamento, pedregulho etc.) no pé da superfície de ruptura.
- Estancar o fluxo de erosões regressivas com qualquer material disponível (e.g. bentonita, lona plástica etc.) caso a entrada de fluxo esteja no reservatório e executar um filtro invertido com areia e brita sobre a área de saída do fluxo;
- Implementar medidas temporárias para proteger estruturas danificadas, tal como fechar a tomada d'água ou posicionar proteção temporária para um sangradouro danificado;
- Reduzir o fluxo que passa por um sangradouro danificado abrindo totalmente os dispositivos de descargas;
- Providenciar uma proteção temporária nos pontos de erosão no sangradouro, como a colocação de sacos de areia, enrocamentos ou lonas plásticas presas por sacos de areia etc.;
- Tentar impedir o fluxo de água através de trincas em uma barragem de concreto, instalando lonas plásticas na face de montante;

Recursos e Suprimentos de Emergência

Em uma situação emergencial, equipamentos e suprimentos (e.g. sacos de areia, enrocamentos, materiais argilosos, equipamentos de terraplanagem, trabalhadores etc.) podem ser necessários em um curto espaço de tempo. Assim, uma relação de possíveis fornecedores de cada item, com o nome da pessoa de contato e telefone, deve ser incluída no **PAE**.

Aprovação, Distribuição e Atualização do Pae

Em relação a aprovação, distribuição e atualização do **PAE**, o manual prevê:

- As pessoas que revisaram o Plano de Ações Emergenciais e contribuíram com os procedimentos de notificação propostos, tais como Proprietário da Barragem, Operador da Barragem, Defesa Civil, **DESOH** etc. devem assinar o **PAE**.
- Uma cópia completa do **PAE** deve estar disponível para todos os operadores, pessoal de operação emergencial, defesa civil e autoridades locais e a sua localização deve ser registrada para a troca quando de sua atualização.
- A atualização de informações (e.g. telefone; suprimentos e sua localização; mudanças de pessoal; endereços; alterações na barragem etc.) no **PAE** deve ser feita anualmente e/ou quando ocorram alterações importantes.

Lista de Notificação

A Lista de Notificação do **PAE** deve conter uma relação de:

- construções a jusante primeiramente afetadas por águas de enchente, incluindo nome, endereço, telefone e o número de residentes na construção;
- contatos na Defesa Civil ou Polícia, incluindo nome, posição e telefone;
- contatos na Secretaria dos Recursos Hídricos e **COGERH**, incluindo nome, posição e telefone.

As listas de notificação devem ser afixadas na barragem e no centro de operação de emergência local, devendo ser mantidas próximas aos telefones e rádios existentes nas proximidades da barragem.

COMENTÁRIOS FINAIS

A cobrança pelo uso da água é entendida como fundamental para a racionalização do seu uso e conservação e instrumento de viabilização de recursos para o seu gerenciamento. A idéia inicial é de que seja estabelecida uma tarifa pelo uso da água que cubra, pelo menos, os custos de manutenção, operação e recuperação da infra-estrutura hídrica existente.

O Ceará dispõe hoje de um completo modelo para elaboração de planos concernentes ao controle de situações de emergência em suas barragens. No entanto, é preciso que seja preparado para cada açude o seu plano individual. Para isto faz-se necessária a mobilização de recursos humanos e financeiros, o que não ocorrerá sem o convencimento da sociedade e em particular da comunidade técnica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ELETROBRÁS. Avaliação da Segurança de Barragens Existentes. Centro da Memória da Eletricidade no Brasil, Rio de Janeiro, 1987, 170p.

FEMA. Dam Safety: An Owner's Guidance Manual. United States Federal Emergency Management Agency, Denver, 1987, 117p.

GEHRING, J.G. Aspectos Atuais na Avaliação da Segurança de Barragens em Operação. Dissertação de Mestrado, USP, São Paulo, 1987, 249p.

MENESCAL, R.A. Apresentação de Projetos para Pequenos Barramentos - Roteiro de procedimentos. IOCE/SRH, Fortaleza, 1994, 40p.

MENESCAL, R.A.; Gondim Filho, J.G.C. & Oliveira, Y.C. A recuperação de açudes no âmbito da gestão dos recursos hídricos do Estado do Ceará. III SRHNE, Salvador, 1996, pp. 91-97.

USBR. Safety Evaluation of Existing Dams. United States Department of Interior, Bureau of Reclamation, Denver, 1995, 170p.

1999 - Artigo apresentado no XIII Seminário Nacional de Recursos Hídricos, Belo Horizonte - MG.

QUANTIFICAÇÃO DOS RISCOS AMBIENTAIS E EFEITO DAS AÇÕES MITIGADORAS – ESTUDO DE CASO: AÇUDE ARACOIABA

Rogério de Abreu Menescal[1]
Vicente de Paulo Pereira Barbosa Vieira[2]
Francisco Suetônio Bastos Mota[3]
Marisete Dantas de Aquino[4]

RESUMO: Este trabalho apresenta uma metodologia de quantificação de impactos ambientais em bases não determinísticas, com a estimativa de riscos ambientais – probabilísticos e difusos – e a conseqüente priorização de ações mitigadoras. O açude público Aracoiaba, no Estado do Ceará, é utilizado como estudo de caso, verificando-se que as ações mitigadoras projetadas reduzem e até eliminam riscos de componentes individuais, além de diminuir, de forma significativa, o risco global de deterioração ambiental.

ABSTRACT: This paper presents a methodology for quantification of environmental impacts, in non-deterministic terms, with the estimate of environmental risks – probabilistic and fuzzy – and the consequent priorization of mitigating actions. The Aracoiaba public dam, in the State of Ceará, is used as case study, resulting that the projected mitigating actions reduce or even eliminate risks on individual components, leading as well to significant global environmental deterioration.

INTRODUÇÃO

A avaliação de impactos decorrentes de obras hidráulicas, notadamente de barragens, tem sido objeto de inúmeros estudos e pesquisas, quer por força da legislação ambiental vigente, quer pela necessidade do desenvolvimento de metodologias mais apropriadas, especialmente no que concerne aos seus aspectos quantitativos.

[1] Engenheiro da Cia. de Gestão dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará - COGERH
[2] Professor Titular da Universidade Federal do Ceará - UFC
[3] Professor Titular da Universidade Federal do Ceará - UFC
[4] Professora Adjunta da Universidade Federal do Ceará - UFC

A apresentação dos impactos ambientais, na forma de matrizes, com indicadores qualitativos e escalas ordenadas de valores, correlacionando ações impactantes e componentes ambientais, é a metodologia geralmente adotada, na tentativa de sintetizar os efeitos das obras no meio ambiente.

O objetivo deste trabalho é o de traduzir os impactos ambientais, classificados nas matrizes, numa escala única de valores, de forma a permitir a agregação destes impactos, sem tirar-lhes no entanto o seu caráter subjetivo e nitidamente não determinístico. As abordagens probabilística e difusa se ajustam plenamente a essa condição, e sua aplicação é feita em um estudo de caso.

Os riscos ambientais resultantes da implantação da obra serão então estimados, verificando-se sua incidência sobre as diversas componentes ambientais individualmente e em conjunto, analisando-se por fim a influência das ações mitigadoras preconizadas no projeto, na redução ou eliminação daqueles riscos.

O AÇUDE ARACOIABA

Características do empreendimento

O Açude será executado no município de Aracoiaba, no Estado do Ceará, a jusante da confluência do Rio Aracoiaba com o Rio Susto, a cerca de 1,50 km a montante do distrito de Vazantes.

A barragem do açude será de terra, com a seguintes características:

- Tipo: homogênea, com filtro inclinado e tapete horizontal
- Comprimento da crista, incluindo vertedouro de emergência: 2.000 m
- Cota da crista: 100,00m
- Altura máxima: 35 m
- Volume total do aterro: 1.680.000 m^3
- Largura da crista: 7 m.

O volume de água a ser armazenado no Açude Aracoiaba será de cerca de 175 milhões de metros cúbicos e sua bacia hidráulica abrangerá uma área de 2.134 ha.

Impactos ambientais do empreendimento

Não se pode questionar os benefícios resultantes da construção de um açude em uma região carente de água como a do interior do Estado do Ceará, onde as próprias condições naturais adversas são responsáveis por impactos ambientais negativos.

No entanto, a construção de um reservatório pode resultar em impactos adversos aos níveis físico, biótico e antrópico, nas áreas de influência do mesmo, os quais devem ser identificados e avaliados, para que sejam adotadas medidas visando a minimizá-los ou evitá-los.

Os impactos ambientais do Açude Aracoiaba foram identificados e avaliados utilizando-se o método da matriz de impactos.

A matriz de impactos resultante (SRH/GEONORTE, 1998), indicando e qualificando os impactos causados pelos diferentes componentes do empreendimento no sistema ambiental, encontra-se apresentada na Tabela 1.

Os impactos foram identificados, na matriz, em função das diversas fases do empreendimento, nas suas áreas de influência direta e indireta, e considerando os meios abiótico, biótico e antrópico.

O Estudo de Impacto Ambiental propôs diversas medidas mitigadoras de impactos, constando de: Recuperação das Áreas Degradadas, Monitoramento da Qualidade da Água, Controle da Drenagem e da Erosão, Plano de Proteção da Fauna e Flora, Plano de Proteção dos Recursos Hídricos e Programa de Educação Ambiental.

METODOLOGIA

Para a consecução dos objetivos do trabalho foi seguida a seqüência de etapas a seguir discriminada:

i) Elaboração da escala de valores
ii) Obtenção da matriz transformada
iii) Escolha das componentes agregadas
iv) Determinação das distribuições triangulares
v) Determinação do risco probabilístico
vi) Determinação do risco difuso
vii) Verificação da influência das ações mitigadoras

Elaboração da escala de valores

Para o caso em estudo a matriz de impactos considera quatro tipos de atributos para cada impacto. São eles:

- Caráter: (+) se benéfico e (-) se adverso
- Importância: (1) se não significativa, (2) se moderada e (3) se significativa
- Magnitude: (P) se pequena, (M) se média e (G) se grande
- Duração: (4) se curta, (5) se média, (6) se longa e (7) se permanente

Assim, o atributo resultante para cada impacto é oriundo da composição destes 4 tipos. O estabelecimento dos atributos para cada impacto foi efetuada por equipe multidisciplinar durante a elaboração do EIA. Como exemplo, para um impacto adverso, de moderada importância, grande magnitude e longa duração foi atribuído o símbolo "-2G6" e assim por diante.

Para a ordenação dos atributos resultantes foi estabelecido que os atributos individuais têm o mesmo peso e foi adotado o critério do produto para a composição dos atributos. Por este critério as componentes receberam valores crescentes, conforme indicado na Tabela 2.

O valor resultante da aplicação do critério é o produto dos valores de cada atributo. Assim para o símbolo 2M5, a aplicação do critério resultou num valor de 2x2x2 = 8. A aplicação do critério para todos os possíveis atributos, resultou em valores (em módulo) variando de 1 a 36, que após uma reordenação seqüencial resultou em uma escala de valores de 13 níveis, sendo 1P4 o nível 1 com menor grau de impacto e 3G7 o nível 13 com maior grau de impacto, conforme apresentado na Tabela 3. Os atributos relativos ao caráter foram utilizados para indicar o sinal do impacto. Após a aplicação do sinal resultam 26 níveis de ordenação.

Algumas hipóteses de variação de pesos entre os atributos "Importância", "Magnitude" e "Duração", foram consideradas, verificando-se não ter havido alteração significativa na escala dos valores ordenados (Tabela 4)

Determinação da matriz transformada

A determinação da matriz transformada foi obtida pela substituição do atributo alfanumérico inicial pelo seu respectivo valor reordenado, incluindo o sinal. A matriz transformada resultante encontra-se apresentada na Tabela 5.

Escolha das componentes agregadas

O número total de componentes do sistema ambiental considerado foi de 66. Para simplificar a análise, estas componentes foram reunidas em 19 grupos de similaridade, conforme apresentado na Tabela 6.

Determinação das distribuições triangulares

Para cada um dos 19 grupos de similaridade foi adotada uma distribuição triangular para a distribuição de probabilidades e para a análise difusa. Os valores mínimo, modal e máximo de cada uma destas distribuições foram considerados

como sendo, respectivamente, a média dos valores mínimos, média dos valores médios e média dos valores máximos das componentes integrantes do grupo.

O cálculo destes valores encontram-se apresentados na parte inferior da matriz modificada (Tabela 5).

Determinação do risco probabilístico

Para a análise de risco probabilístico foi utilizada a Simulação de Monte Carlo (Vieira, 1998 e Menescal & Vieira, 1999).

Para a geração da variável a partir de um número aleatório utilizou-se a função de probabilidade acumulada para a distribuição triangular, apresentada a seguir (Vose, 1996).

$$x = \sqrt{F(x).(c-a).(b-a)} + a \quad \textbf{para} \quad x \le b$$

$$x = c - \sqrt{(c-b)^2 - \left[F(x) - \frac{(b-a)}{(c-a)}\right].(c-a).(c-b)} \quad \textbf{para} \quad x \ge b$$

Onde: a, b e c são os valores mínimo, modal e máximo da distribuição triangular e F(x) é a variável randômica gerada na simulação.

Todas as variáveis foram consideradas como independentes e o valor resultante do impacto para cada uma das 20.000 simulações foi considerado como a soma dos valores individuais de cada um dos 19 grupos.

A definição utilizada para o risco é a da probabilidade de ocorrência de um evento indesejável, ou seja, que o impacto resultante seja negativo (<0). Para o cálculo do risco global foi considerado, pelo Teorema do Limite Central, que a distribuição resultante aproxima-se de uma distribuição do tipo normal.

Os riscos dos grupos individuais e o global resultante para cada um dos casos analisados encontram-se apresentados na Tabela 7.

Determinação do risco difuso

Para a análise de risco difuso foi utilizada a teoria dos conjuntos difusos. Assim para cada variável foi considerado um número difuso triangular com um valor mínimo (a) e máximo (c), com pertinência zero, e um valor intermediário (b) com pertinência igual a 1.

Segundo Kaufmann (1991), as operações aritméticas com números difusos podem ser consideradas operações com intervalos de confiança, realizadas para cada nível de pertinência α, onde $\alpha \in [0,1]$.

Sejam os números difusos $\widetilde{A}$ e $\widetilde{B}$, e sejam A_α e B_α seus intervalos de confiança para o nível α:

$$A_\alpha = \left[a_1^{\alpha}, a_2^{\alpha}\right]$$
$$B_\alpha = \left[b_1^{\alpha}, b_2^{\alpha}\right]$$

A soma de e pode ser obtida através da soma desses intervalos. Assim:

Procedendo-se desta forma para os 19 grupos foi obtido o número difuso do conjunto.

Os riscos difusos individuais para cada um dos grupos e o global encontram-se apresentados na tabela a seguir para cada um dos casos analisados.

No cálculo do risco difuso (Ganoulis, 1994) foram utilizadas as seguintes fórmulas:

Risco Difuso = 1 (ou 100%), para c<0

Risco Difuso = $1 - \dfrac{c^2}{(c-b).(c-a)}$, para c>0 e b<0

Risco Difuso = $\dfrac{a^2}{(b-a).(c-a)}$, para a<0 e b>0

Risco Difuso = 0 , para a>0

Verificação da influência das ações mitigadoras

As ações mitigadoras correspondem às ações 23 a 28 no eixo das ordenadas da matriz de impactos. São elas:

- Ação 23 - Recuperação das Áreas Degradadas
- Ação 24 - Monitoramento da Qualidade da Água
- Ação 25 - Controle da Drenagem e da Erosão
- Ação 26 - Plano de Proteção da Fauna e Flora
- Ação 27 - Plano de Proteção dos Recursos Hídricos
- Ação 28 - Programa de Educação Ambiental

Para avaliação do efeito das ações mitigadoras no risco do conjunto, foi calculado o risco probabilístico e difuso individual para cada grupo e do conjunto para diversos casos com e sem a consideração da aplicação das medidas mitigadoras propostas. No caso do risco probabilístico foram consideradas duas hipóteses: variáveis independentes e variáveis dependentes (correlação 1,0)

Na análise, foi calculado o efeito de cada uma das ações mitigadoras isoladamente e agrupadas. O agrupamento foi considerado por ordem decrescente do efeito na redução do risco difuso.

Assim, considerando a eficiência na redução do risco de um impacto global negativo, as ações mitigadoras podem ser classificadas na seguinte ordem de prioridade:

1. Ação 28 - Programa de Educação Ambiental
2. Ação 27 - Plano de Proteção dos Recursos Hídricos
3. Ação 24 - Monitoramento da Qualidade da Água
4. Ação 26 - Plano de Proteção da Fauna e Flora
5. Ação 23 - Recuperação das Áreas Degradadas
6. Ação 25 - Controle da Drenagem e da Erosão

Portanto, para a otimização da aplicação dos recursos financeiros disponíveis, as ações mitigadoras deverão ser implementadas considerando essa ordenação.

CONCLUSÕES

Tendo em vista o exposto, podemos apresentar algumas conclusões interessantes:

a) A metodologia apresentada transforma, de maneira bastante simples e racional, embora subjetiva, a matriz tradicional de impactos ambientais determinísticos em uma matriz de valores probabilísticos ou difusos, mais consentânea com a percepção da realidade física.
b) A estimativa dos riscos ambientais permite a identificação das componentes ambientais mais vulneráveis, sujeitas a maiores riscos, bem como possibilita a priorização das ações mitigadoras estabelecidas no projeto.
c) As avaliações dos riscos probabilísticos e difusos conduzem a resultados bastante similares.
d) A análise de sensibilidade, com relação aos pesos diferenciados imputados aos atributos *importância*, *magnitude* e *duração*, não provocou alteração substancial nos resultados alcançados.
e) As ações mitigadoras preconizadas no projeto do Açude Aracoiaba reduzem

o risco ambiental de valores no entorno de 15% para a faixa de apenas 2%.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GANOULIS, J.G. (1994). Engineering Risk Analysis of Water Pollution – Probabilities and Fuzzy Sets, VCH, Weinheim, Germany.

KAUFMANN, A. & GUPTA, M. (1991). Introduction to Fuzzy Aritmetic – Theory and Applications, VNR, New York, USA.

MENESCAL, R.A. & VIEIRA, V.P.P.B. (1999). Manutenção de sangradouro de açude e risco de ineficiência hidráulica. XXIII Simpósio Nacional de Grandes Barragens, Belo Horizonte-MG.

MOTA, F.S.B. & VIEIRA, V.P.P.B. (1995). Avaliação qualitativa e quantitativa dos impactos ambientais de reservatórios de água no nordeste brasileiro. XI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Recife-PE, ABRH, pp. 297-301.

SRH/GEONORTE (1998). Estudo de Impacto Ambiental do Açude Aracoiaba. PROURB-CE, Fortaleza-CE, 240 p.

VIEIRA, V.P.P.B. (1998). Análise de risco aplicada a Recursos Hídricos. Notas de Aula do Curso de Doutorado em Recursos Hídricos da UFC, Fortaleza-CE.

VOSE, D. (1996). Quantitative Risk Analysis – A Guide to Monte Carlo Simulation Modelling, Wiley, Chichester, UK.

Tabela 1 – Matriz original de impactos ambientais.

COMPONENTES DO SISTEMA AMBIENTAL (MEIO IMPACTADO) / COMPONENTES DO EMPREENDIMENTO (AÇÃO IMPACTANTE)				ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA																								
				MEIO ABIÓTICO																				MEIO BIÓTICO				
				CLIMA				AR			GEOLOGIA/GEOMORFOLOGIA					SOLO			ÁGUA SUPERFICIAL		ÁGUA SUBTERÂNEA		FLORA			FAUNA	
				Temperatura	Insolação	Umidade Relativa	Evaporação	Circulação dos Ventos	Poeiras	Ruídos	Erosão	Assoreamento	Estabilidade dos Taludes	Relevo	Recursos Minerais	Uso e Ocupação	Qualidade	Disponibilidade	Qualidade	Disponibilidade	Qualidade	Disponibilidade	Caatinga	Mata Ciliar	Vegetação Antrópica	Terrestre e Aérea	Aquática
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
FASES DO EMPREENDIMENTO	ESTUDOS E PROJETOS		Levantamento Topográfico	1																		-1P4		-1P4		
			Estudos Geotécnicos	2							-1P5	-1P5											-1P4				
			Projeto Básico	3																							
			Cadastro	4																							
	CONSTRUÇÃO	Pré-Implantação	Indenização dos Proprietários	5																							
			Reassentamento da População	6					-1P4	-1P4	-2M4	-2M4				+3G7	+2P6	+2P6	+2M7	+2M7			-2P6		-2P6	-2P6	-2P6
			Instalação do Canteiro de Obras	7					-1P4	-1P4	-1P4								-1P4		-1P4		-1P4			-1P4	
			Remoção das Infra-estruturas existentes	8					-1P4	-1P4																	
			Desvio Provisório das Águas	9							-2P4	-2P4								-2G4			-1P4	-1P4	-1P4	-1P4	-1M4
		Implantação	Desmatamento	10	-2M4	-2M4	-2M4	-2M4	-2M4	-2M4	-3G4	-2M4		-2M7					-2M5	-2M5			-3G7	-3G7	-3G7	-3G6	-3M6
			Terraplanagem	11					-2M4	-2M4	-2M4	-2M4		-2M7			-2M6		-2P4	-2P4							
			Explosão de Jazidas	12					-1P4	-1P4	-1P4	-1P4		-3G7	-3M7	-3G7		-3M6		-3M6		-1P5	-3G7	-3M7	-3M7	-3M6	
			Construção da barragem	13					-2M4	-2M4																	
			Construção da Adutora	14																			-1P4		-1P4	-1P4	
	PRÉ-OPERAÇÃO		Desmobilização do Canteiro de Obras	15					-1P4	-1P4								+1P6	-1P4		-1P4						
			Enchimento do Reservatório	16							-2M4	-2M4	-1P4		-2M7			-3G7	-3G5		-1P4				-3G5	-2M5
			Manejo da Fauna	17																					+3M4		
	OPERAÇÃO		Formação do Lago	18	+2M7		+2M7	-2M7	+2M7							+3G7	+2M7	-3G7	+3G5	+3G7		+2M7		+3G7		+3G7	+3G7
			Abastecimento de Água	19																							
			Irrigação	20																					+3G7		
			Piscicultura	21																							+3G7
			Turismo e Lazer	22															-2M7								-2M7
	MONITORAMENTO E CONTROLE AMBIENTAL		Recuperação das Áreas Degradadas	23																							
			Monitotamento da Qualidade da Água	24																							
			Controle da Drenagem e da Erosão	25																							
			Plano de Proteção da Fauna e Flora	26																			+3G7	+3G7	+3G7	+3G7	+3G7
			Plano de Proteção dos Recursos Hídricos	27																							
			Programa de Educação Ambiental	28																							

Tabela 1 – Matriz original de impactos ambientais. (Continuação)

COMPONENTES DO EMPREENDIMENTO (AÇÃO IMPACTANTE)				COMPONENTES DO SISTEMA AMBIENTAL (MEIO IMPACTADO)	ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA																	
					MEIO ANTRÓPICO																	
					POPULAÇÃO								INFRA-ESTRUTURA								ECONOMIA			
					Mobilidade	Emprego e Renda	Expectativa	Relações Sociais	Nível de Saúde	Nível de Educação	Tradições/Costumes	Associativismo	Estrutura Fundiária	Habitação	Saúde	Educação	Recreação e Lazer	Rede Viária e Transporte	Energia	Comunicação	Setor Primário	Setor Secundário	Setor Terciário	Setor Público
					25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
FASES DO EMPREENDIMENTO	ESTUDOS E PROJETOS			Levantamento Topográfico	1		+1P4	-1P4															+1P4	+1P4
				Estudos Geotécnicos	2		+1P4	-1P4															+1P4	+1P4
				Projeto Básico	3																			
				Cadastro	4			-3M4															+2M4	+2M4
	CONSTRUÇÃO	Pre-implantação		Indenização dos Proprietários	5			+1P4	+1P4					+3M7									+1P4	+1P4
				Reassentamento da População	6	+3G4	+3G7	-3M4	+3M7	+3M7	+3M7	-3M6	+3M7	+3G4	+3G7	+3G7	+3M7	+3M7	+3M7	+3M7	+3M7	+3M7	+3M7	
				Instalação do Canteiro de Obras	7		+1P4		-1P4	-1P4		-1P4											+1P4	+1P4
				Remoção das Infra-estruturas existentes	8		+1P4											-2M4	-2M4	-2M4				
				Desvio Provisório das Águas	9		+1P4																+1P4	+1P4
		Implantação		Desmatamento	10		+2M4		+1P4														+1P4	+1P4
				Terraplanagem	11		+1P4																+1P4	+1P4
				Exploração de Jazidas	12		+1P4																+1P4	+1P4
				Construção da barragem	13	+2M4	+2M4											-2M4					+2M4	+2M4
				Construção da Adutora	14		+1P4																+1P4	+1P4
	PRÉ-OPERAÇÃO			Desmobilização do Canteiro de Obras	15																			
				Enchimento do Reservatório	16																			
				Manejo da Fauna	17																			
	OPERAÇÃO			Formação do Lago	18	+2M7									+2M7		+2M7							
				Abastecimento de Água	19					+3G7	+3M7			+3G7								+3G7	+3G7	
				Irrigação	20	+3G7	+3G7					+3M7	+3M7								+3G7	+3G7	+3G7	+3G7
				Piscicultura	21		+3M7																+3G7	+3G7
				Turismo e Lazer	22										+2P7		+3G7						+2M7	
	MONITORAMENTO E CONTROLE AMBIENTAL			Recuperação das Áreas Degradadas	23																			
				Monitotamento da Qualidade da Água	24																			
				Controle da Drenagem e da Erosão	25																			
				Plano de Proteção da Fuana e Flora	26																			
				Plano de Proteção dos Recursos Hídricos	27																			
				Programa de Educação Ambiental	28																			

Tabela 2 – Atributos e escala de valores.

ATRIBUTO	VALOR
Caráter +	Sinal +
Caráter -	Sinal -
Importância 1	1
Importância 2	2
Importância 3	3
Magnitude P	1
Magnitude M	2
Magnitude G	3
Duração 4	1
Duração 5	2
Duração 6	3
Duração 7	4

Tabela 3 – Valores calculados e reordenados

ATRIBUTO RESULTANTE	VALOR RESULTANTE APÓS APLICAÇÃO DO CRITÉRIO	VALOR APÓS REORDENAÇÃO
1P4	1	**1**
1P5	2	**2**
1M4	2	**2**
2P4	2	**2**
1P6	3	**3**
1G4	3	**3**
3P4	3	**3**
1M5	4	**4**
2P5	4	**4**
2M4	4	**4**
1P7	4	**4**
1M6	6	**5**
1G5	6	**5**
2P6	6	**5**
2G4	6	**5**
3P5	6	**5**
3M4	6	**5**
2M5	8	**6**
1M7	8	**6**
2P7	8	**6**
1G6	9	**7**
3P6	9	**7**
3G4	9	**7**
2M6	12	**8**
2G5	12	**8**
3M5	12	**8**
1G7	12	**8**
3P7	12	**8**
2M7	16	**9**
2G6	18	**10**
3M6	18	**10**
3G5	18	**10**
2G7	24	**11**
3M7	24	**11**
3G6	27	**12**
3G7	36	**13**

Tabela 4 – Pesos diferenciados e ordenação de valores.

SIGLA	VALOR			PESO			PROD.	ORDEM	PESO			PROD.	ORDEM	PESO			PROD.	ORDEM	PESO			PROD.	ORDEM
	IMP	MAG	DUR	IMP	MAG	DUR			IMP	MAG	DUR			IMP	MAG	DUR			IMP	MAG	DUR		
				1	1	1			2	1	1			1	2	1			1	1	2		
+1P4	1	1	1	1	**1**	1	1	**1**	2	1	**1**	2	**1**	1	2	1	2	**1**	1	**1**	2	2	**1**
+1M4	1	2	1	1	2	1	2	**2**	2	2	**1**	4	**2**	1	4	1	4	**2**	1	2	2	4	**2**
+1P5	1	1	2	1	**1**	2	2	**2**	2	1	2	4	**2**	1	2	2	4	**2**	1	**1**	4	4	**2**
+2P4	2	1	1	2	**1**	1	2	**2**	4	1	**1**	4	**2**	2	2	1	4	**2**	2	**1**	2	4	**2**
+1G4	1	3	1	1	3	1	3	**3**	2	3	**1**	6	**3**	1	6	1	6	**3**	1	3	2	6	**3**
+1P6	1	1	3	1	**1**	3	3	**3**	2	1	3	6	**3**	1	2	3	6	**3**	1	**1**	6	6	**3**
+3P4	3	1	1	3	**1**	1	3	**3**	6	1	**1**	6	**3**	3	2	1	6	**3**	3	**1**	2	6	**3**
+1M5	1	2	2	1	2	2	4	**4**	2	2	2	8	**4**	1	4	2	8	**4**	1	2	4	8	**4**
+1P7	1	1	4	1	**1**	4	4	**4**	2	1	4	8	**4**	1	2	4	8	**4**	1	**1**	8	8	**4**
+2M4	2	2	1	2	2	1	4	**4**	4	2	**1**	8	**4**	2	4	1	8	**4**	2	2	2	8	**4**
+2P5	2	1	2	2	**1**	2	4	**4**	4	1	2	8	**4**	2	2	2	8	**4**	2	**1**	4	8	**4**
+1G5	1	3	2	1	3	2	6	**5**	2	3	2	12	**5**	1	6	2	12	**5**	1	3	4	12	**5**
+1M6	1	2	3	1	2	3	6	**5**	2	2	3	12	**5**	1	4	3	12	**5**	1	2	6	12	**5**
+2G4	2	3	1	2	3	1	6	**5**	4	3	**1**	12	**5**	2	6	1	12	**5**	2	3	2	12	**5**
+2P6	2	1	3	2	**1**	3	6	**5**	4	1	3	12	**5**	2	2	3	12	**5**	2	**1**	6	12	**5**
+3M4	3	2	1	3	2	1	6	**5**	6	2	**1**	12	**5**	3	4	1	12	**5**	3	2	2	12	**5**
+3P5	3	1	2	3	**1**	2	6	**5**	6	1	2	12	**5**	3	2	2	12	**5**	3	**1**	4	12	**5**
+1M7	1	2	4	1	2	4	8	**6**	2	2	4	16	**6**	1	4	4	16	**6**	1	2	8	16	**6**
+2M5	2	2	2	2	2	2	8	**6**	4	2	2	16	**6**	2	4	2	16	**6**	2	2	4	16	**6**
+2P7	2	1	4	2	**1**	4	8	**6**	4	1	4	16	**6**	2	2	4	16	**6**	2	**1**	8	16	**6**
+1G6	1	3	3	1	3	3	9	**7**	2	3	3	18	**7**	1	6	3	18	**7**	1	3	6	18	**7**
+3G4	3	3	1	3	3	1	9	**7**	6	3	**1**	18	**7**	3	6	1	18	**7**	3	3	2	18	**7**
+3P6	3	1	3	3	**1**	3	9	**7**	6	1	3	18	**7**	3	2	3	18	**7**	3	**1**	6	18	**7**
+1G7	1	3	4	1	3	4	12	**8**	2	3	4	24	**8**	1	6	4	24	**8**	1	3	8	24	**8**
+2G5	2	3	2	2	3	2	12	**8**	4	3	2	24	**8**	2	6	2	24	**8**	2	3	4	24	**8**
+2M6	2	2	3	2	2	3	12	**8**	4	2	3	24	**8**	2	4	3	24	**8**	2	2	6	24	**8**
+3M5	3	2	2	3	2	2	12	**8**	6	2	2	24	**8**	3	4	2	24	**8**	3	2	4	24	**8**
+3P7	3	1	4	3	**1**	4	12	**8**	6	1	4	24	**8**	3	2	4	24	**8**	3	**1**	8	24	**8**
+2M7	2	2	4	2	2	4	16	**9**	4	2	4	32	**9**	2	4	4	32	**9**	2	2	8	32	**9**
+2G6	2	3	3	2	3	3	18	**10**	4	3	3	36	**10**	2	6	3	36	**10**	2	3	6	36	**10**
+3G5	3	3	2	3	3	2	18	**10**	6	3	2	36	**10**	3	6	2	36	**10**	3	3	4	36	**10**
+3M6	3	2	3	3	2	3	18	**10**	6	2	3	36	**10**	3	4	3	36	**10**	3	2	6	36	**10**
+2G7	2	3	4	2	3	4	24	**11**	4	3	4	48	**11**	2	6	4	48	**11**	2	3	8	48	**11**
+3M7	3	2	4	3	2	4	24	**11**	6	2	4	48	**11**	3	4	4	48	**11**	3	2	8	48	**11**
+3G6	3	3	3	3	3	3	27	**12**	6	3	3	54	**12**	3	6	3	54	**12**	3	3	6	54	**12**
+3G7	3	3	4	3	3	4	36	**13**	6	3	4	72	**13**	3	6	4	72	**13**	3	3	8	72	**13**

Tabela 5 – Matriz transformada.

COMPONENTES DO EMPREENDIMENTO (AÇÃO IMPACTANTE)			ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA																								
			MEIO ABIÓTICO																				MEIO BIÓTICO				
			CLIMA				AR			GEOLOGIA/GEOMORFOLOGIA					SOLO			ÁGUA SUPERFICIAL		ÁGUA SUBTERRÂNEA		FLORA			FAUNA	
		COMPONENTES DO SISTEMA AMBIENTAL (MEIO IMPACTADO)	Temperatura	Insolação	Umidade Relativa	Evaporação	Circulação dos Ventos	Poeiras	Ruídos	Erosão	Assoreamento	Instabilidade dos Taludes	Relevo	Recursos Minerais	Uso e Ocupação	Qualidade	Disponibilidade	Qualidade	Disponibilidade	Qualidade	Disponibilidade	Caatinga	Mata Ciliar	Vegetação Antrópica	Terrestre e Aérea	Aquática
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
FASES DO EMPREENDIMENTO	ESTUDOS E PROJETOS	Levantamento Topográfico	1																			-1		-1		
		Estudos Geotécnicos	2							-2	-2											-1				
		Projeto Básico	3																							
		Cadastro	4																							
	CONSTRUÇÃO – Pré-implantação	Indenização dos Proprietários	5																							
		Reassentamento da População	6					-1	-1	-4	-4				13	5	5	9	9			-5		-5	-5	-5
		Instalação do Canteiro de Obras	7					-1	-1	-1								-1		-1		-1			-1	
		Remoção das Infra-estruturas existentes	8					-1	-1																	
		Desvio Provisório das Águas	9							-2	-2								-5			-1	-1	-1	-1	-2
	CONSTRUÇÃO – Implantação	Desmatamento	10	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-7	-4		-9				-6	-6			-13	-13	-13	-12	-10
		Terraplanagem	11					-4	-4	-4	-4			-9		-8		-2	-2							
		Exploração de Jazidas	12					-1	-1	-1	-1			-13	-11	-13		-10	-10		-2	-13	-11	-11	-10	
		Construção da barragem	13					-4	-4																	
		Construção da Adutora	14																			-1		-1	-1	
	PRÉ-OPERAÇÃO	Desmobilização do Canteiro de Obras	15					-1	-1								3	-1		-1						
		Enchimento do Reservatório	16							-4	-4	-1		-9			-13	-10		-1					-10	-6
		Manejo da Fauna	17																						5	
	OPERAÇÃO	Formação do Lago	18	9		9	-9	9							13	9	-13	10	13		9		13		13	13
		Abastecimento de Água	19																							
		Irrigação	20																					13		
		Piscicultura	21																							13
		Turismo e Lazer	22															-9								-9
	MONITORAMENTO E CONTROLE AMBIENTAL	Recuperação das Áreas Degradadas	23																							
		Monitotamento da Qualidade da Água	24																							
		Controle da Drenagem e da Erosão	25																							
		Plano de Proteção da Fauna e Flora	26																			13	13	13	13	13
		Plano de Proteção dos Recursos Hídricos	27																							
		Programa de Educação Ambiental	28																							
		No. de VALORES		2	1	2	2	2	8	8	8	7	1	3	2	3	3	5	8	6	3	2	9	5	8	10	8
		SOMA		5	-4	5	-13	5	-17	-17	-25	-21	-1	-31	-20	13	6	-28	-10	-1	-3	7	-23	1	-6	-9	7
		MÍNIMO		-4	-4	-4	-9	-4	-4	-4	-7	-4	-1	-13	-11	-13	-8	-13	-10	-10	-1	-2	-13	-13	-13	-12	-10
		MÉDIO		2,5	-4	2,5	-6,5	2,5	-2,125	-2,125	-3,125	-3	-1	-10,33	-10	4,3333	2	-5,6	-1,25	-0,167	-1	3,5	-2,556	0,2	-0,75	-0,9	0,875
		MÁXIMO		9	-4	9	-4	9	-1	-1	-1	-1	-1	-9	-9	13	9	5	10	13	-1	9	13	13	13	13	13
		DESVIO PADRÃO		9,19		9,19	3,54	9,19	1,55	1,55	2,03	1,29		2,31	1,41	15,01	8,89	8,88	7,48	9,11	0,00	7,78	7,73	12,54	9,65	8,99	10,33
		No. de VALORES		7				18			21					11			14		5		22			18	
		SOMA		-7				-29			-98					-9			-11		4		-28			-2	
		MÉDIA DOS MÍNIMOS		-5,25				-4			-7,2					-11,33			-10		-1,5		-13			-11	
		MÉDIA DOS MÉDIOS		-1,375				-0,583			-5,492					0,2444			-0,708		1,25		-1,035			-0,013	
		MÉDIA DOS MÁXIMOS		2,5				2,3333			-4,2					9			11,5		4		13			13	

Tabela 5 – Matriz transformada. (Continuação)

COMPONENTES DO SISTEMA AMBIENTAL (MEIO IMPACTADO) / COMPONENTES DO EMPREENDIMENTO (AÇÃO IMPACTANTE)			ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA – MEIO ANTRÓPICO																				
			POPULAÇÃO								INFRA-ESTRUTURA								ECONOMIA				
			Mobilidade	Emprego e Renda	Expectativa	Relações Sociais	Nível de Saúde	Nível de Educação	Tradições/Costumes	Associativismo	Estrutura Fundiária	Habitação	Saúde	Educação	Recreação e Lazer	Rede Viária e Transporte	Energia	Comunicação	Setor Primário	Setor Secundário	Setor Terciário	Setor Público
			25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
FASES DO EMPREENDIMENTO	ESTUDOS E PROJETOS	Levantamento Topográfico	1		1	-1															1	1
		Estudos Geotécnicos	2		1	-1															1	1
		Projeto Básico	3																			
		Cadastro	4			-5															4	4
	CONSTRUÇÃO – Pré-implantação	Indenização dos Proprietários	5			1	1					11									1	1
		Reassentamento da População	6	7	13	-5	11	11	11	-10	11	7	13	13	11	11	11	11	11		11	
		Instalação do Canteiro de Obras	7		1		-1	-1		-1											1	1
		Remoção das Infra-estruturas existentes	8		1											-4	-4	-4				
		Desvio Provisório das Águas	9		1																1	1
	CONSTRUÇÃO – Implantação	Desmatamento	10		4		1														1	1
		Terraplanagem	11		1																1	1
		Exploração de Jazidas	12		1																1	1
		Construção da barragem	13	4	4											-4					4	4
		Construção da Adutora	14		1																1	1
	PRÉ-OPERAÇÃO	Desmobilização do Canteiro de Obras	15																			
		Enchimento do Reservatório	16																			
		Manejo da Fauna	17																			
	OPERAÇÃO	Formação do Lago	18	9									9		9							
		Abastecimento de Água	19				13	11				13								13	13	
		Irrigação	20	13	13				11	11									13	13	13	13
		Piscicultura	21		11																13	13
		Turismo e Lazer	22										6		13						9	
	MONITORAMENTO E CONTROLE AMBIENTAL	Recuperação das Áreas Degradadas	23																			
		Monitoramento da Qualidade da Água	24																			
		Controle da Drenagem e da Erosão	25																			
		Plano de Proteção da Fuana e Flora	26																			
		Plano de Proteção dos Recursos Hídricos	27																			
		Programa de Educação Ambiental	28																			
		No. de VALORES		4	13	5	4	3	2	3	2	1	3	3	1	3	3	2	2	2	2	16	13
		SOMA		33	53	-11	12	23	22	0	22	7	37	28	11	33	3	7	7	24	26	76	43
		MÍNIMO		4	1	-5	-1	-1	11	-10	11	7	11	6	11	9	-4	-4	-4	11	13	1	1
		MÉDIO		8,25	4,0769	-2,2	3	7,6667	11	0	11	7	12,333	9,3333	11	11	1	3,5	3,5	12	13	4,75	3,3077
		MÁXIMO		13	13	1	11	13	11	11	11	7	13	13	11	13	11	11	11	13	13	13	13
		DESVIO PADRÃO		3,77	4,86	2,68	5,42	7,57	0,00	10,54	0,00		1,15	3,51		2,00	8,66	10,61	10,61	1,41	0,00	5,09	4,44
		No. de VALORES		36								18								33			
		SOMA		154								133								169			
		MÉDIA DOS MÍNIMOS		1,25								4								6,5			
		MÉDIA DOS MÉDIOS		5,3492								7,3333								8,2644			
		MÉDIA DOS MÁXIMOS		10,5								11,25								13			

Tabela 5 – Matriz transformada. (Continuação)

COMPONENTES DO SISTEMA AMBIENTAL (MEIO IMPACTADO) / COMPONENTES DO EMPREENDIMENTO (AÇÃO IMPACTANTE)				ÁREA DE INFLUÊNCIA INDIRETA																					
				MEIO ABIÓTICO								MEIO BIÓTICO				MEIO ANTRÓPICO									
				CLIMA			SOLO			ÁGUA		FLORA		FAUNA		POPULAÇÃO			INFRA-ESTRUTURA			ECONOMIA			
				Temperatura	Evaporação	Qualidade do Ar	Recursos Minerais	Qualidade	Disponibilidade	Superficiais	Subterrâneas	Terrestre	Aquáticas	Terrestre e Aérea	Aquática	Saúde Pública	Mobilidade	Emprego e Renda	Educação	Habitação	Recreação/Lazer	Setor Primário	Setor Secundário	Setor Terciário	Setor Público
				45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66
FASES DO EMPREENDIMENTO	ESTUDOS E PROJETOS		Levantamento Topográfico	1														1						1	1
			Estudos Geotécnicos	2														1						1	1
			Projeto Básico	3														1							1
			Cadastro	4														1						1	1
	CONSTRUÇÃO	Pré-implantação	Indenização dos Proprietários	5													1		1	11				4	4
			Reassentamento da População	6																		5	5	5	
			Instalação do Canteiro de Obras	7														1						1	
			Remoção das Infra-estruturas existentes	8																					
			Desvio Provisório das Águas	9																					
		Implantação	Desmatamento	10	-1	-1	-1											1						1	1
			Terraplanagem	11														1						1	1
			Exploração de Jazidas	12														1						1	1
			Construção da barragem	13														4						4	4
			Construção da Adutora	14								-1		-1				1						1	1
	PRÉ-OPERAÇÃO		Desmobilização do Canteiro de Obras	15																					
			Enchimento do Reservatório	16																					
			Manejo da Fauna	17										5											
	OPERAÇÃO		Formação do Lago	18																	9				
			Abastecimento de Água	19												13			11	11			13	13	13
			Irrigação	20																			11	11	11
			Piscicultura	21														11						11	11
			Turismo e Lazer	22														6						6	6
	MONITORAMENTO E CONTROLE AMBIENTAL		Recuperação das Áreas Degradadas	23																					
			Monitoramento da Qualidade da Água	24																					
			Controle da Drenagem e da Erosão	25																					
			Plano de Proteção da Fauna e Flora	26								11	11	11	11										
			Plano de Proteção dos Recursos Hídricos	27																					
			Programa de Educação Ambiental	28																					
			No. de VALORES		1	1	1	0	0	0	0	0	2	1	3	1	1	1	12	2	2	1	1	3	15	14
			SOMA		-1	-1	-1	0	0	0	0	0	10	11	15	11	13	1	30	12	22	9	5	29	62	57
			MÍNIMO		-1	-1	-1	0	0	0	0	0	-1	11	-1	11	13	1	1	1	11	9	5	9	1	1
			MÉDIO		-1	-1	-1	0	0	0	0	0	5	11	5	11	13	1	2,5	6	11	9	5	9,6667	4,1333	4,0714
			MÁXIMO		-1	-1	-1	0	0	0	0	0	11	11	11	11	13	1	11	11	11	9	5	13	13	13
			DESVIO PADRÃO										8,49		6,00				3,12	7,07	0,00			4,16	4,27	4,43
			No. de VALORES		3			0			0		3		4		14			5			33			
			SOMA		-6			0			0		21		26		44			43			153			
			MÉDIA DOS MÍNIMOS		-2			0			0		5		5		5			7			3			
			MÉDIA DOS MÉDIOS		-2			0			0		8		8		5,5			8,6687			5,7179			
			MÉDIA DOS MÁXIMOS		-2			0			0		11		11		8,3333			10,333			11			

Tabela 6 – Grupos de componentes

GRUPO	COMPONENTES DO SISTEMA AMBIENTAL	DESCRIÇÃO
1	1, 2, 3 e 4	DAbC – Área de influência direta, meio abiótico, clima
2	5, 6 e 7	DAbAr - Área de influência direta, meio abiótico, ar
3	8, 9, 10, 11 e 12	DAbG - Área de influência direta, meio abiótico, geologia
4	13, 14 e 15	DAbS - Área de influência direta, meio abiótico, solo
5	16 e 17	DAbAsup – Área de influência direta, meio abiótico, água superficial
6	18 e 19	DAbAsub – Área de influência direta, meio abiótico, água subterrânea
7	20, 21 e 22	DBFl – Área de influência direta, meio biótico, flora
8	23 e 24	DBFa – Área de influência direta, meio biótico, fauna
9	25, 26, 27, 28, 29, 30, 31 e 32	DAnPop – Área de influência direta, meio antrópico, população
10	33, 34, 35, 36, 37, 38, 39 e 40	DAnIe - Área de influência direta, meio antrópico, infra-estrutura
11	41, 42, 43 e 44	DAnE - Área de influência direta, meio antrópico, economia
12	45, 46 e 47	IAbC – Área de influência indireta, meio abiótico, clima
13	48, 49 e 50	IAbS – Área de influência indireta, meio abiótico, solo
14	51 e 52	IAbAg - Área de influência indireta, meio abiótico, água
15	53 e 54	IBFl – Área de influência indireta, meio biótico, flora
16	55 e 56	IBFa – Área de influência indireta, meio biótico, fauna
17	57, 58 e 59	IAnPop – Área de influência indireta, meio antrópico, população
18	60, 61 e 62	IAnIe - Área de influência indireta, meio antrópico, infra-estrutura
19	63, 64, 65 e 66	IAnE - Área de influência indireta, meio antrópico, economia

Tabela 7 – Riscos individuais e globais.

CASO	GRUPO INDIVIDUAL																			GLOBAL
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
RISCO PROBABILÍSTICO (%)																				
Variáveis Independentes																				
Sem Medidas Mitigadoras 23 a 28	78,6	71,0	100,0	55,8	48,9	15,0	71,9	51,7	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0	5,8	0,0	0,0	0,0	0,048
Só com Medida Mitigadora 23	79,1	70,4	64,4	39,1	49,3	14,8	59,0	49,5	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0	5,7	0,0	0,0	0,0	0,010
Só com Medida Mitigadora 24	79,0	70,8	100,0	54,2	40,1	2,4	72,3	52,2	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0	5,2	0,0	0,0	0,0	0,000
Só com Medida Mitigadora 25	78,3	71,0	96,4	37,9	39,2	15,5	73,3	52,4	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0	5,5	0,0	0,0	0,0	0,012
Só com Medida Mitigadora 26	78,7	70,7	100,0	54,2	50,4	14,8	53,3	46,5	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,000
Só com Medida Mitigadora 27	79,1	70,9	100,0	53,7	39,4	2,4	69,8	46,5	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,000
Só com Medida Mitigadora 28	79,5	70,3	100,0	49,6	43,2	4,4	52,8	45,8	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,000
Só com Medidas Mitigadoras 28 e 27	79,2	69,7	100,0	50,3	37,5	2,4	50,5	41,6	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,000
Só com Medidas Mitigadoras 28, 27 e 24	79,2	69,9	100,0	49,8	34,5	1,9	51,5	40,7	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,000
Só com Medidas Mitigadoras 28, 27, 24 e 26	79,1	71,0	100,0	49,1	33,6	2,0	45,4	38,2	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,000
Só com Medidas Mitigadoras 28, 27, 24, 26 e 23	79,6	70,2	63,9	37,8	33,6	1,7	43,3	36,5	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,000
Com Medidas Mitigadoras 28, 27, 24, 26 , 23 e 25	78,9	71,0	58,7	33,7	31,4	1,5	43,6	36,6	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,000
Variáveis Dependentes																				
Sem Medidas Mitigadoras 23 a 28	78,9	70,5	100,0	53,9	49,3	15,1	72,2	51,3	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0	5,6	0,0	0,0	0,0	14,35
Só com Medida Mitigadora 23	79,6	70,3	63,0	38,8	49,1	14,7	58,2	49,1	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0	5,4	0,0	0,0	0,0	11,35
Só com Medida Mitigadora 24	78,2	70,0	100,0	53,8	39,0	2,3	71,7	51,4	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0	5,3	0,0	0,0	0,0	5,86
Só com Medida Mitigadora 25	79,8	71,5	96,5	39,0	39,4	14,5	73,2	52,3	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0	5,3	0,0	0,0	0,0	12,30
Só com Medida Mitigadora 26	79,5	70,8	100,0	54,7	50,1	15,0	53,8	46,3	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,31
Só com Medida Mitigadora 27	79,5	70,7	100,0	54,6	38,8	2,3	69,7	45,3	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,86
Só com Medida Mitigadora 28	79,2	71,0	100,0	50,2	43,8	4,1	54,3	46,6	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,10
Só com Medidas Mitigadoras 28 e 27	78,6	69,9	100,0	49,5	37,7	2,0	51,0	41,3	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,53
Só com Medidas Mitigadoras 28, 27 e 24	79,8	71,3	100,0	50,2	34,0	1,8	51,9	41,5	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,35
Só com Medidas Mitigadoras 28, 27, 24 e 26	79,1	70,7	100,0	50,4	34,0	2,0	46,5	38,2	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,31
Só com Medidas Mitigadoras 28, 27, 24, 26 e 23	79,4	70,5	64,1	38,1	34,3	1,9	44,2	37,3	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,21
Com Medidas Mitigadoras 28, 27, 24, 26 , 23 e 25	79,7	71,1	59,3	34,8	32,2	1,9	44,4	37,7	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,19
RISCO DIFUSO (%)																				
Sem Medidas Mitigadoras 23 a 28	79,2	70,5	100,0	54,6	49,6	14,9	72,3	51,9	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0	5,6	0,0	0,0	0,0	15,47
Só com Medida Mitigadora 23	79,2	70,5	63,9	39,0	49,6	14,9	58,9	49,6	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0	5,6	0,0	0,0	0,0	12,46
Só com Medida Mitigadora 24	79,2	70,5	100,0	54,6	39,4	2,6	72,3	51,9	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0	5,6	0,0	0,0	0,0	5,02
Só com Medida Mitigadora 25	79,2	70,5	96,3	39,0	39,4	14,9	72,3	51,9	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0	5,6	0,0	0,0	0,0	13,52
Só com Medida Mitigadora 26	79,2	70,5	100,0	54,6	49,6	14,9	53,7	45,9	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,56
Só com Medida Mitigadora 27	79,2	70,5	100,0	54,6	39,4	2,6	69,5	45,9	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,28
Só com Medida Mitigadora 28	79,2	70,5	100,0	49,6	43,1	4,0	53,7	45,9	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,22
Só com Medidas Mitigadoras 28 e 27	79,2	70,5	100,0	49,6	37,3	2,2	51,2	41,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,99
Só com Medidas Mitigadoras 28, 27 e 24	79,2	70,5	100,0	49,6	33,8	1,8	51,2	41,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,89
Só com Medidas Mitigadoras 28, 27, 24 e 26	79,2	70,5	100,0	49,6	33,8	1,8	45,7	37,7	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,82
Só com Medidas Mitigadoras 28, 27, 24, 26 e 23	79,2	70,5	63,9	37,8	33,8	1,8	43,6	36,7	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,59
Com Medidas Mitigadoras 28, 27, 24, 26 , 23 e 25	79,2	70,5	58,4	34,0	31,4	1,8	43,6	36,7	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,54

MANUAL BÁSICO DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DE EQUIPAMENTOS HIDROMECÂNICOS DE AÇUDES

Rogério de Abreu Menescal – Eng. Civil - Coordenador
Valério R.S. Carvalho – Eng. Mecânico - Consultor
Yuri Castro de Oliveira – Eng. Agrônomo – Apoio Técnico

APRESENTAÇÃO

Até 1987, predominou no Ceará a ação do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas –DNOCS, com a construção de açudes públicos de médio e grande porte. Através de um programa de cooperação com os proprietários rurais, o DNOCS participou também do projeto e financiou a construção de um grande número de açudes particulares de médio porte. Nesta fase, destaca-se ainda, em relação à construção de barragens, o trabalho dos seguintes órgãos:

- Departamento dos Poços e Açudes, da Superintendência de Obras do Estado do Ceará -SOEC, com a construção de açudes públicos de porte médio e açudes pequenos em propriedades privadas;
- Secretaria de Obras e Serviços Públicos -SOSP, com o projeto e construção do açude Jaburu I, em Tianguá –CE;
- Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará -CAGECE, que com o apoio do extinto Departamento Nacional de Obras e Saneamento -DNOS, projetou e construiu os barramentos que Pacoti-Riachão e Gavião que integram o Sistema de Abastecimento da Região Metropolitana de Fortaleza;
- Outras instituições, tais como Departamento Autônomo de Estradas e Rodagens -DAER, INCRA e Secretaria de Ação Social, e programas governamentais com a construção de aterros barragem e pequenos açudes em épocas de emergência, devido à seca;

O trabalho do DNOCS, dos demais organismos e dos proprietários rurais resultou em um imenso número de obras hidráulicas que possibilitaram ao Ceará conviver com as características peculiares do seu meio físico e as irregularidades climáticas da Região Nordeste. Entre estas obras podemos ressaltar as seguintes

N°	Denominação	Bacia Hidrográfica (Km^2)	Volume Acumulado (hm^3)	Tipo	Altura (m)	Data de Conclusão da Obra	Construção
1	Orós	25.000	1.940,0	BET	54,0	1962	DNOCS
2	Banabuiú	13.500	1.700,0	BTZ	57,7	1966	DNOCS
3	Araras	3.520	891,0	BTH	38,0	1958	DNOCS
4	Pedras Brancas	1.787	434,0	BTZ	33,6	1978	DNOCS
5	Pentecoste	2.840	395,6	BTH	29,4	1957	DNOCS
6	Pacoti	1.110	370,0	BTH	27,0	1979	DNOS/CAGECE
7	General Sampaio	1.720	322,2	BTZ	37,6	1935	DNOCS
8	Truçu	1.590	260,6	BTH	36,3	1996	DNOCS
9	Serrote	1.765	250,5	BTZ	43,0	1987	DNOCS
10	Jaburu I	380	210,0	BTZ	44,0	1983	SOSP
11	Caxitoré	1.450	202,0	BTH	41,0	1962	DNOCS
12	Pacajus	4284	148,0	BTH	20,0	1992	CAGECE
13	Choró	322	143,0	BTH	31,0	1934	DNOCS
14	Cedro	224	126,0	BGA	17,5	1906	DNOCS
15	Fogareiro	5.200	118,8	BTZ	32,0	1995	DNOCS

CONVENÇÃO: BTH -Barragem de Terra Homogênea

BTZ -Barragem de Terra Zoneada

BET -Barragem Mista de Terra e Enrocamento

BGA -Barragem de Gravidade em Alvenaria de Pedra

barragens:

Além destas, um levantamento preliminar realizado em 1997 pela Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos -COGERH indicou a existência de 1.700 barragens com capacidade de acumulação acima de 1 milhão de m^3. Ainda, existem estimativas que apontam o impressionante número total de 20.000 barramentos construídos no Ceará, incluindo aí os pequenos açudes particulares.

Estas barragens foram operadas e mantidas de forma diferenciada. Os açudes públicos construídos pelo DNOCS eram operados por equipes sediadas junto aos reservatórios e recebiam manutenção satisfatória. O mesmo pode ser dito em relação aos barramentos da CAGECE na Região Metropolitana de Fortaleza. Já os açudes públicos construídos pelo Estado eram normalmente entregues às Prefeituras e quase não recebiam cuidados de manutenção. Quanto à manutenção dada aos açudes particulares, esta varia muito em função do interesse e disponibilidade financeira dos proprietários rurais.

A partir de 1987, deu-se um marcante salto qualitativo na gestão dos recursos hídricos do Ceará. Com a criação da Secretária dos Recursos Hídricos -SRH (Lei

n. 11.306 de 01/04/87) no primeiro governo Tasso Jereissati, teve início a efetiva estruturação institucional e o planejamento do setor hídrico do Ceará, concomitante ao estabelecimento de uma política de recursos hídricos. Nesta fase, alguns marcos importantes na estruturação do setor hídrico do estado são:

- Início da Elaboração do Plano Estadual de Recursos Hídricos -1987;
- Criação da Superintendência de Obras Hidráulicas -SOHIDRA -Lei n. 11.380 de 15/12/87;
- Criação do Sistema Integrado de Gestão dos Recursos Hídricos -SIGERH (Compreendendo o Conselho Estadual dos Recursos Hídricos -CONERH, o Fundo Estadual de Recursos Hídricos - FUNORH e o Mecanismo de Outorga) e definição da Política Estadual de Recursos Hídricos -Lei n. 11.996 de 24/07/92;
- Publicação do Plano Estadual de Recursos Hídricos -PERH -1992;
- Aprovação do Regulamento da SRH -Decreto n. 22.485 de 20/04/93;
- Criação da Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos -COGERH - Lei n. 12.217 de 18/11/93;
- Início do Programa de Desenvolvimento Urbano -PROURB -1994;
- Aprovação do Regimento Interno do CONERH -Decreto n. 23.030 de 01/02/94;
- Criação do Sistema de Outorga -Decreto n. 23.067 de 11/02/94;
- Regulamentação do Controle Técnico das Obras de Oferta Hídrica - Decreto n. 23.068 de 11/02/94;
- Publicação do Roteiro de Procedimentos para Apresentação de Projetos de Pequenos Barramentos – 1994;
- Criação do Departamento de Engenharia de Segurança de Obras Hídricas -DESOH na COGERH – 1995;
- Divulgação da Minuta de Norma da Elaboração de Projetos das Barragens do PROURB -1996.

Ainda neste esforço de atender a necessidade de controle técnico e operacional sobre as obras hídricas, foram empreendidas as seguintes ações:

- Início da Operação, Manutenção e Controle da Infra-estrutura Hidráulica;
- Criação do Painel de Inspeção e Segurança de Barragens do PROURB-PISB -1994;

- Elaboração da Minuta de Manual de Segurança de Barragens -1997;
- Estabelecimento de Normas para Elaboração de Projetos de Barragens do PROURB;
- Execução de um Cadastro Preliminar de Açudes Existentes no Estado do Ceará -1997;
- Proposição de Sistema para Acompanhamento de Obras -1995;
- Elaboração de uma Síntese de Açudes do Estado do Ceará -Volume 1 - 1997;
- Elaboração de Projeto de Recuperação de Açudes Estaduais -1ª Etapa, contemplado 18 açudes estaduais -1996;
- Concepção do Projeto Executivo de Obras de Recuperação em Açudes e Estruturas Hidráulicas na Bacia do Curu -1996.

O expressivo número de barragens existentes no Ceará e a importância destas obras na vida da população já justificariam os cuidados devidos a estes elementos essenciais da infra-estrutura estadual, mas outros aspectos devem ser lembrados em relação à segurança destas obras. Inicialmente, preocupa a disparidade com que elas são operadas e mantidas.

Uma barragem não é um elemento isolado. Mesmo uma barragem bem operada e mantida pode ter sua segurança ameaçada pelo arrombamento de pequenos açudes situados a montante. O envelhecimento das obras existentes, muitas vezes sem o necessário acompanhamento e as medidas corretivas cabíveis é outro ponto a ser considerado. Finalmente, a concentração da população, anteriormente dispersa no meio rural, em núcleos urbanos situados a jusante das barragens, agrava o risco de perdas humanas e materiais caso venha a ocorrer uma ruptura.

A ausência de um abrangente e efetivo sistema de operação, manutenção e controle das barragens situadas em território cearense não é aceitável. O trabalho da administração pública procurando dotar o estado de um Sistema Integrado de Gestão dos Recursos Hídricos (SIGERH) não completar-se-á sem a elaboração e implementação de um plano de segurança de barragens que garanta a operação confiável destas obras. Somente assim, as barragens poderão atender as necessidades da população sem representarem elemento permanente de risco. Isto é tanto mais verdade quando a experiência mundial mostra que os custos necessários à garantia da segurança de uma barragem são pequenos se comparados com aqueles que se seguem em caso de ruptura.

Este manual é parte importante deste sistema de segurança e inspeção atualmente em desenvolvimento na COGERH para todas as barragens situadas no Estado do Ceará, inclusive as operadas pelo Governo Federal e as obras particulares. As etapas propostas para consecução deste Sistema de Segurança são basicamente:

- Desenvolvimento Institucional - dotação do Departamento de Engenharia de Segurança de Obras Hídricas da COGERH de condições necessárias à orientação das equipes de operação e manutenção das barragens e realização de inspeções de segurança, rotineiras e emergenciais, nestas obras;
- Manualização - elaboração de todos os manuais técnicos relativos às atividades a serem desenvolvidas;
- Cadastro, Avaliação de Riscos e Priorização de Ações - todas as barragens de médio e grande porte serão cadastradas e submetidas a um processo de avaliação de riscos e de definição de ações prioritárias. Já em relação às pequenas barragens estes mesmos processos serão aplicados de forma amostral;
- Elaboração de Planos de Inspeção, Ações Emergenciais, Monitoramento e Manutenção - inicialmente estes planos serão elaborados especificamente para as barragens mais importantes e também em forma padronizada para conjuntos de barragem semelhantes de pequeno e médio porte;
- Instrumentação e monitoramento - em forma de programa piloto algumas barragens de grande porte serão instrumentadas e monitoradas, bem como sistemas de instrumentação já existentes serão recuperados e postos em operação;
- Operação - na medida em que os objetivos acima sejam alcançados, o sistema de segurança irá gradativamente sendo posto em funcionamento com a entrada em operação do Departamento de Engenharia de Segurança de Obras Hídricas da COGERH.

1 - INTRODUÇÃO

Este manual tem por objetivo, apresentar as informações básicas necessárias para operação e manutenção preventiva dos principais equipamentos hidromecânicos, utilizados em tomadas d'água de açudes diversos. Entende-se que, a simples leitura deste manual não dispensa uma consulta aos manuais específicos de cada fabricante, os quais detalham particularidades diversas de cada equipamento.

O manual diz respeito às recomendações para Operação e Manutenção. A operação se refere ao procedimento necessário para operar determinado equipamento. A parte referente a manutenção diz respeito aos vários ítens necessários para verificação e execução de serviços caracterizados como relativos à manutenção preventiva. Entende-se que, manutenção preventiva é a verificação e/ou execução de serviços rotineiros relecionados de acordo com um planejamento e periodicidade estabelecidos previamente.

O manual deverá ser utilizado por equipe especializada e devidamente preparada para execução dos serviços, inclusive com informações básicas sobre segurança do trabalho.

Para confecção desta literatura, vários catálogos e informes técnicos de fabricantes de equipamentos foram consultados, com o objetivo de se extrair as principais informações, as quais direcionaram a elaboração deste trabalho.

2 - RECOMENDAÇÕES GERAIS

As recomendações para operação abaixo relacionadas são de grande importância para o bom aproveitamento na execução do conteúdo deste manual:

- Os casos de acidentes com avarias são mais frequentes em manobras de fechamento do que em manobras de abertura de comportas, registros e válvulas;
- Nunca forçar os equipamentos além do habitual, para tentar eliminar totalmente o fluxo d'água. Os esforços que fazem vedar o fluxo geralmente são exercidos pela própria pressão da água, não dependendo do esforço do operador;
- O trabalho para operar uma comporta, registro ou válvula é muito importante, pois na maioria dos casos, deles dependem o atendimento das necessidades de milhares de usuários da água;
- Não dispensar o exame de mancais e peças que recebem grandes esforços, antes de iniciar uma manobra de comporta ou qualquer equipamento hidromecânico; nunca negligenciar a lubrificação;
- Os maiores esforços na manobra de comportas e demais equipamentos hidromecânicos ocorrem na operação para "descolá-los" da posição em que permaneceram por período de vários dias.

Sempre que for necessário "descolar" a comporta, opera-se inicialmente no sentido de abri-la, mesmo que seu objetivo seja fechá-la. Após descolá-la no sentido de abrir, poder-se-á então fechá-la.

3 - TUBULAÇÕES, CONEXÕES E DISPOSITIVOS METÁLICOS EM GERAL

3.1 - INFORMAÇÕES GERAIS

As tubulações são encontradas na maioria dos sistemas de tomada d'água dos açudes. Podem ser construídas em ferro dúctil ou aço carbono, conforme o caso. O aço carbono apresenta geralmente menor custo de fabricação e maior flexibilidade na montagem. Entretanto, devido às suas características técnicas, exige maior cuidado no tratamento anticorrosivo, pois se torna mais sensível ao surgimento de um processo corrosivo.

De acordo com o tipo de instalação (aérea ou enterrada), os tubos, conexões e peças em aço recebem revestimento epoxi conforme a aplicação. As normas da AWWA fornecem uma boa orientação sobre a fabricação e determinação do tipo de revestimento adequado para tubulação em aço carbono, em função do local de instalação e condições operacionais. Uma consulta ao manual M-11 da referida associação nos esclarece sobre as exigências de cada norma.

Os tubos em ferro fundido já vêm revestidos com argamassa de cimento em sua superfície interna e pintura betuminosa na superfície externa.

O Sistema de Montagem varia conforme o caso, podendo ser através de soldagem elétrica, flanges aparafusados e juntas elásticas de vedação. O manual técnico da Barbará (Ed. 1987) traz um apanhado de normas da ABNT que regem a Fabricação de Tubos e Conexões em Ferro Dúctil.

3.2 - MANUTENÇÃO

a) **Medidas de Segurança**

Os serviços de pintura, normalmente envolvem várias classes de riscos, tanto pelo manuseio de produtos tóxicos e inflamáveis, como pelos tipos de materiais ou equipamentos utilizados na preparação de superfícies, e na aplicação de tinta. Desta forma o fator segurança, deverá ser analisado pelos usuários do material.

<u>As Principais Causas de Riscos:</u>

- Inflamabilidade e toxidez de tintas;
- Manuseio de equipamentos acionados por ar comprimido;
- Equipamento de acionamento mecânico;
- Confinamento;
- Execução do serviço em locais onde haja probabilidade de queda (escadas ou andaimes).

De uma forma geral, quase todas as tintas são inflamáveis, pela incorporação de solventes, redutores, que liberam vapores inflamáveis durante a aplicação das mesmas, o que pode ocasionar incêndio e explosão.

As fontes principais de ignição são chamas, labaredas e faíscas, provenientes dos equipamentos de solda, corte ou centelhas causadas pela interrupção de circuitos elétricos. Além disso, existem os riscos relacionados a saúde como:

- Toxidez por operações de soldagem e corte por chamas;
- Envenamento direto através de absorção gastrointestinal;
- Sufocação e sensação de asfixia após a inalação de vapores de solventes;
- Irritação da pele e lesão resultante da absorção de solventes através da pele, com sintomas de irritação da via respiratória, dor de cabeça, fadiga, tremores, tontura, inapetência, etc.

As seguintes medidas preventivas podem ser tomadas tendo em vista o que foi exposto:

- Durante operações de pintura, deve-se sempre utilizar um equipamento adequado de proteção individual;
- Proibição para fumar e originar chamas;
- Em locais confinados, deve-se ter suprimento de ar suficiente para ventilação;
- Os operadores deverão utilizar máscaras em recintos fechados;
- Resíduos de tintas sobre braços e mãos deverão ser removidos, seja por meio de um pano embebido em solvente (pouco) ou preferencialmente com líquidos especiais de limpeza;
- Lavar as mãos antes das refeições e tratar imediatamente os ferimentos, para evitar infecções;
- Evitar inalação de poeiras ou névoas de tinta;
- Centelhas e faíscas provenientes da utilização de equipamentos elétricos como ferramentas abrasivas, marteletes desencrustadores, compressores, bombas e luzes elétricas, deverão ser totalmente evitadas;
- Não efetuar trabalho de soldagem durante o serviço de pintura, ou quando as camadas de tinta ainda estiverem úmidas.

b) **Preparo da Superfície**

O desempenho de um Sistema de Pintura Anticorrosiva em superfícies metálicas é função direta da escolha adequada do tipo de tinta aplicada e correto preparo da superfície.

Os métodos de tratamento de superfície mais adequados são:

- Tratamento de superfícies de aço por ferramentas manuais;
- Tratamento de superfícies de aço por ferramentas mecânicas;
- Tratamento de superfícies de aço por jateamento abrasivo.

I - Tratamento de Superfícies de Aço por Ferramentas Manuais

Compreende a utilização manual de escovas, lixas, raspadores, picadores ou outras ferramentas manuais de impacto, ou a combinação das mesmas. É exigida a remoção de carepa, ferrugem e pintura antiga soltas, bem como outras matérias estranhas prejudiciais. Não se consegue porém que, toda a carepa, ferrugem e pintura aderida sejam removidas por este processo.

O tratamento deverá consistir basicamente em:

- Remoção de quaisquer depósitos de óleos ou graxas por meio de solventes ou desengraxantes;
- Remoção de ferrugem por meio de tratamento manual, com marteletes, picadores, outras ferramentas de impacto, ou combinação das mesmas;
- Remoção de toda a carepa e ferrugem soltas ou não aderentes, pelo emprego manual de escovas de aço, lixas, raspadores ou combinação das mesmas.

No caso de preparo da superfície sobre pintura envelhecida, deverá ser removida toda a película solta e não aderente. As arestas da camada da pintura antiga que forem deixadas sobre a superfície metálica, deverão ser desbastadas, de modo que a superfície se apresente lisa, para receber a pintura. A pintura antiga que for deixada sobre a superfície metálica, deve encontrar-se de tal modo aderida, que não possa ser levantada como camada, mediante a introdução de uma espátula cega sobre a mesma.

II -Tratamento de Superfícies do Aço por Ferramentas Mecânicas

O procedimento a ser empregado deverá consistir das seguintes etapas:

- Remoção de quaisquer depósitos de óleos ou graxas;

- Remoção de ferrugem por meio de ferramentas mecânicas de impacto. Se houver presença apenas de pequenas quantidades de ferrugem, estas poderão ser removidas por meio de ferramentas manuais;
- Emprego de escovas de aço, movidas mecanicamente do tipo radial ou do tipo em forma de copo, de tamanho adequado, que possam entrar em todos os vãos acessíveis, ângulos, juntas e cantos. Os fios de aço das escovas devem ser suficientemente rígidos para que possam limpar a superfície. As escovas devem ser mantidas livres de excesso de resíduos e devem ser substituídas por outras novas, tão logo se tornem deficientes para o trabalho. A superfície deve ser limpa, porém não polida, de modo a não prejudicar a aderência da tinta a ser aplicada;
- Limpeza pelo emprego de ferramentas de impacto movidas mecanicamente, usando marteletes, picadores, descascadores, ou outras ferramentas de impacto similares. Os gumes de taias ferramentas devem ser mantidos em boas condições de afiação;
- Esmerilhamento pelo emprego de rebolos ou lixas movidas mecanicamente. Os materiais abrasivos ou lixas devem ser substituídos por outros novos, tão logo se tornem desgastados para o trabalho.

Toda escória e salpicos de soldagem devem ser removidos pelo emprego de ferramentas mecânicas.

III - TRATAMENTO DE SUPERFÍCIES DE AÇO POR JATEAMENTO ABRASIVO

A execução do tratamento por jateamento abrasivo deverá se constituir de:

- Remoção de quaisquer depósitos de óleos ou graxas;
- Remoção por meio de ferramentas mecânicas, antes da limpeza por jato abrasivo, caso a superfície apresente excessiva camada de ferrugem;
- Remoção de carepa de laminação, ferrugem, tinta e matérias estranhas de acordo com o grau de preparação de superfície metálica especificado no sistema de pintura. O tratamento abrasivo mais usual é o jateamento com areia impelida por meio de ar comprimido através de bicos aplicadores. A areia deve estar seca, peneirada e isenta de argila, mica, sal, pó, umidade ou outras contaminações. A areia deve apresentar granulometria que confira à superfície perfil de rugosidade adequado ao sistema de pintura. Após o jateamento, a superfície deve ser limpa por meio de escova, ou jato de ar seco, de forma a remover grãos de areia e poeira.

3.3 - ESPECIFICAÇÕES PARA MANUTENÇÃO

3.3.1 - Tratamento de Superfície

Os serviços de Manutenção efetuados no campo podem ser executados por ferramentas manuais pela facilidade de acesso aos locais e baixo custo, apresentando resultados satisfatórios. Tais serviços, entretanto, deverão obedecer ao padrão ST2 da norma Sueca SIS 05 5900-1967, observando-se no entanto, o grau de corrosão.

Em outros casos, dependendo do grau de corrosão e facilidade de acesso a equipamentos, podemos utilizar jateamento ao metal quase branco, padrão Sa2 ½ da norma Sueca SIS 05 5900-1967, podendo-se usar areia grossa ou média sem umidade, como abrasivo. A areia média deve ter o tamanho máximo das partículas passando na malha nº 18, enquanto a areia grossa deve ter partículas cujo tamanho máximo passe na peneira de malha nº 12.

Entre as várias normas oficiais existentes para limpeza do aço antes da pintura, destacamos o padrão SWEDISH STANDARDS INSTITUTION, o qual se refere aos padrões de preparação da Superfície de aço (SIS 055900).

Este padrão tem servido de modelo e tem sido adotado diretamente como padrão nacional em outros paises. Seus graus de limpeza Sa3, Sa2 ½ etc, são praticamente reconhecidos universalmente e são referidos através deste manual em recomendações para limpeza do aço.

O Padrão Sueco, como é usualmente chamado, foi o primeiro a empregar representações ilustradas dos graus de limpeza especificados. Outros padrões equivalentes, como o STEEL STRUCTURE PAINTING COUNCIL, U.S.A.: Especificações de Preparação da Superfície (SSPC-SP), e BRITISH STANDARDS INSTITUTION: Acabamento da Superfície do Aço jateado para Pintura (BS 4232), são descritivos e concernentes com o equipamento, materiais e o procedimento para alcançar o acabamento especificado. Ambos se referem ao Padrão Sueco como um padrão visual para o resultado final.

Um importante e único aspecto do Padrão Sueco é que ele leva em conta o estado da superfície de aço antes da limpeza e gradua o resultado de acordo, as seguintes forma:

- A: Superfície de aço inteiramente coberta com escamas de laminação aderentes e com pouco de qualquer ferrugem. (Grau A é normalmente a condição da superfície de aço um pouco depois de rodar).

- B: Superfície de aço que começou a enferrujar-se e da qual a escama de laminação começa a lascar-se. (Grau B é normalmente o estado da superfície após ter sido exposta em ambiente externo, sem proteção, a uma atmosfera razoavelmente corrosiva por dois ou três meses).
- D: Superfície de aço onde a escama de laminação já eliminou a ferrugem e onde a formação é visível a olho nu. (Grau D é normalmente o estado da superfície após ter sido exposta em ambiente externo, sem proteção, a uma atmosfera razoavelmente corrosiva por tês anos).

Somente as reproduções fotográficas publicadas pelo Swedish Standard Institution são oficialmente válidas.

Ambos os padrões Americanos e Suecos, contém especificações para outros procedimentos além da limpeza por jateamento. O British Standard, por outro lado, reconhece somente jateamento por abrasivo como preparação de superfície adequada para pintura sobre o aço.

Para comparação dos padrões, vide tabela adiante.

PADRÕES DE TRATAMENTO

Padrão Sueco	Descrição	Equivalência	Tipo de Tratamento
SIS 055900 Sa3	Remoção de toda ferrugem visível, escama de laminação, tinta e corpo estranho. Limpeza por jateamento ao metal branco. O jato passa por toda a superfície, o bastante que dê para remover toda a escama de laminação, ferrugem e corpo estranho. Finalmente, a superfície é limpa com um aspirador, com ar comprimido limpo e seco ou por meio da escova limpa. Desse modo deverá ter uma cor metálica uniforme.	SSPC-SP-5 BS 4232:	"Metal branco "Limpeza por jateamento Primeira qualidade
SIS 059000 Sa2 1/2	Limpeza por jateamento perto da pureza de metal branco até que pelo menos 95% de qualquer sessão da área da superfície esteja livre de todos os resíduos visíveis. É uma cuidadosa limpeza por jateamento. A limpeza por jateamento é mantida o tempo bastante para assegurar que escama de laminação, ferrugem e corpo estranho sejam removidos tão inteiramente que quaisquer resíduos dos mesmos, apareçam somente como leve sombras, estrias ou descoloração sobre a superfície. Finalmente, a poeira é removida com um aspirador, ou com ar comprimido limpo e seco ou por meio de escova limpa.	SSPC-SP-10 BS 4232:	"Quase branco" Limpeza por jateamento Segunda qualidade
SIS 055900 Sa2	Limpeza por jateamento até que pelo menos 2/3 de qualquer sessão da área da superfície esteja livre de todos os resíduos visíveis. É uma limpeza por jateamento completa. O jato é passado pela superfície o bastante para remover quase toda a escama de laminação, ferrugem e corpo estranho. Finalmente, a superfície é limpa com um aspirador, por meio de ar comprimido limpo e seco ou com escova limpa. Deve então apresentar-se acinzentada em cor.	SSPC-SP-6 B3 4232:	"Comercial" Limpeza por jateamento terceira qualidade
SIS 055900 St3	Extrema raspagem completa (com espátula de metal duro) e escova rotativa. A raspagem é executada primeiramente em uma direção e depois atingidos os ângulos. Após a remoção da poeira, a superfície deve apresentar um reflexo metálico pronunciado	SSPC-SP-3 BS 4232:	Limpeza por meio de ferramenta Não há equivalente

PERFIS DE SUPERFÍCIES JATEADAS

TIPOS DE ABRASIVOS	ABERTURA NOMINAL mm	TAMANHO MÁXIMO DAS PARTÍCULAS PASSANDO NA PENEIRA DE MALHA Nº	ALTURA DO MILS	MÉDIA PERFIL MICRÔMETROS
Areia muito final	0,175	80	1,5	40
Areia fina	0,420	40	2,0	50
Areia média	1,000	18	2,5	65
Areia grossa	1,700	12	2,8	70
Granalha de aço angular	0,420	40	1,3-3,0	30-75
Granalha de ferro, angular	0,700	25	3,3	85
Granalha de ferro, angular	1,000	18	3,6	90
Granalha de ferro, angular	1,200	16	4,0	100
Granalha de ferro, esférica	1,700	12	8,0	200
Granalha de aço, esférica	0,840	20	1,8-2,8	45-70
Granalha de ferro, esférica	1,000	18	3,0	75
Granalha de ferro, esférica	1,200	16	3,3	85
Granalha de ferro, esférica	1,400	14	3,6	90

3.3.2 - Soldagem

Os aços carbonos têm a vantagem de apresentar grande soldabilidade, ao contrário do ferro fundido.

Em caso de necessidade do emprego de solda em peças de aço carbono, recomenda-se o uso do eletrodo AWS E-7018, destinado a uso geral em soldas de grande responsabilidade em todas as posições. Proporciona grande velocidade de soldagem e alto grau de confiabilidade. As soldas não deverão apresentar irregularidades que possam prejudicar a vida útil das peças. No caso de necessidade de soldagem em peças de Ferro Fundido, recomenda-se o uso de eletrodo AWS E Ni Fe.

3.3.3 - Revestimento

As tubulações e peças especiais em Ferro Fundido podem ser revestidas externamente com pintura betuminosa ou epoxi alcatrão de hulha, conforme o caso. Esses tubos geralmente são fornecidos com revestimento interno em argamassa de cimento.

As tubulações e peças especiais em aço carbono requerem tratamento mais específico, em virtude das características dos aços, mais susceptíveis a corrosão. As normas da AWWA sugerem as especificações para revestimento em tubulações em aço carbono para condução de água.

Entretanto, para efeito de manutenção e reparos eventuais, no campo, podemos adotar o seguinte critério para revestimento de tubulações e peças em aço carbono, para condução de água.

a) PINTURA EM TUBULAÇÕES ABRIGADAS, ENTERRADAS E SUBMERSAS

Aplicação de Primer Epoxi interna e externamente como base e, posteriormente, aplicação de epoxi tipo alcatrão de hulha, com espessura da película seca entre 200um e 300um.

b) TUBULAÇÕES AÉREAS

Aplicação de Primer Epoxi como base e, posteriormente pintura do acabamento na cor alumínio, na superfície externa, com espessura da película em torno de 60um. A superfície interna segue o mesmo esquema de pintura para tubulações enterradas.

Tendo em vista a complexidade de parâmetros que regem a determinação do esquema de pintura, recomenda-se consultar os catálogos dos fabricantes de tintas, os quais informam as especificações detalhadas de seus produtos, como rendimento, aplicação, composição química, espessura da película etc. A vida útil de um revestimento é função direta da espessura e tipo de material empregado.

3.4 - CRIVOS

São dispositivos hidromecânicos montados na extremidade de uma tubulação (à montante) cuja finalidade é reter partículas de determinadas dimensões, impedindo-as de entrar na tubulação, o que poderia ocasionar avarias nos dispositivos de jusante, como registros, válvulas dispersoras, comportas, etc.

Os crivos são constituídos basicamente de uma chapa cilíndrica perfurada, que funciona como uma espécie de filtro, fixada em um flange montado na tubulação por meio de parafusos e porcas.

A manutenção dos crivos consiste basicamente em efetuar-se limpeza periódica ao redor da tela, retirando-se os detritos acumulados. O esquema para tratamento e pintura segue o mesmo padrão utilizado para peças e conexões em aço carbono, já mencionado anteriormente.

3.5 - GRADES

São componentes hidromecânicos, instalados à montante da tomada d'água, cuja função é reter objetos, impedindo-os de entrar na tubulação de descarga, evitando-se danificar os hidromecânicos instalados. Suas dimensões e forma construtiva dependem da determinação do projeto. São fabricadas em aço carbono e constituem-se por barras chatas e cilíndricas, montados na vertical e horizontal, respectivamente.

A manutenção das grades consiste na retirada periódica de detritos acumulados sobre a mesma, utilizando-se mergulhadores devidamente capacitados para realizar tal serviço. Por ocasião da inspeção, verifica-se o estado geral da pintura anticorrosiva, não esquecendo-se que as comportas devem estar fechadas. O tratamento e pintura seguem as mesmas especificações recomendadas para tubulações e conexões em aço carbono.

Crivos

São utilizados como filtros para impedir a entrada de corpos estranhos que possam danificar as bombas ou outros aparelhos do sistema.

Nº	Componentes	Material
1	Flange	Ferro dúctil ASTM A 536 Gr.65-45-12
2	Crivo	Chapa de Aço 1010/1020, perfurada

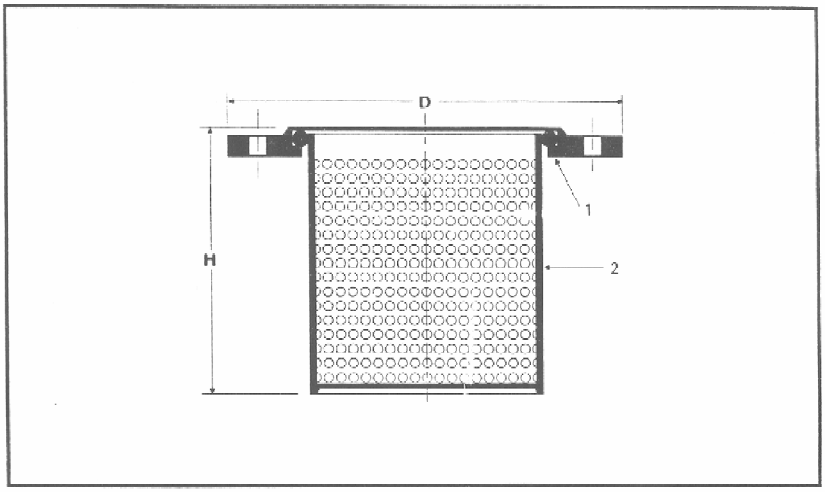


TABELA DE REFERÊNCIA		
DN	PN	Referência
75-600	10	CRI10

Diâmetro Nominal DN	D	H	Massa
	mm	mm	kg
75	194	100	4
100	220	130	5
150	285	190	9
200	340	250	12
250	395	355	18
300	445	425	25
350	505	495	30
400	565	565	37
450	615	640	47
500	670	710	59
600	780	855	77

4 - COMPORTAS COM ACIONAMENTO TIPO VIGA PESCADORA

4.1 - INFORMAÇÕES GERAIS

Nas comportas cujo acionamento é efetuado por meio de vigas pescadoras, alguns cuidados básicos deverão ser observados. A viga pescadora só deverá operar ou movimentar a comporta, quando esta estiver somente na posição vertical. Não é recomendável utilizá-la para inclinar a comporta, bem como mudá-la de posição horizontal para vertical. sob pena de danificar a estrutura da mesma.

4.2 - FECHAMENTO DA TOMADA D'ÁGUA

Os procedimentos operacionais aqui descritos são recomendados pela SERMEC S/A.

b.1) ALTERNATIVA 1

A operação do fechamento da tomada d'água, através da comporta deve ser feita preferencialmente com pressões equilibradas, ou seja, com os dispositivos de controle (registros e válvulas) de jusante fechados.

b.2) ALTERNATIVA 2

O fechamento da tomada d'água com fluxo de água, ou seja, com os dispositivos de jusante abertos é possível, devendo, entretanto, ser evitada, podendo ser usada apenas em condições de emergência, quando for impossível o fechamento prévio dos mesmos.

Quando operar a comporta nessas condições, por questões de segurança o contra peso da viga pescadora deve permanecer na posição de "Ganchos fechados" durante todas as fases de operação da comporta, a fim de eliminar a possbilidade de desacoplamento dos ganchos, devido a eventuais vibrações que possam surgir devido ao fluxo de água.

ESCLARECIMENTO:	GANCHOS FECHADOS:	Posição dos ganchos da viga pescadora para acoplar com os pontos de suspensão da comporta.
	GANCHOS ABERTOS:	Posição dos ganchos da viga pescadora para desacoplar dos pontos de suspensão da comporta.

4.3 - ABERTURA DA TOMADA D'ÁGUA

1) Fechar os dispositivos de jusante.

2) Abrir a comporta aproximadamente 5 cm e aguardar o enchimento do conduto para equilíbrio das pressões.

3) Terminar a abertura até a abertura total da tomada d'água.

4) Elevar a comporta até o topo do coroamento.

5) Armazenar a comporta, acoplada à viga pescadora de uma das seguintes formas conforme seja mais conveniente:

   - Sobre o coroamento, na posição vertical, suportada pela viga pescadora e pela talha, adequadamente calçada para evitar balanço pela ação do vento.
   - Sobre o coroamento na posição horizontal, sobre os calços de madeira. Para essa operação e para a operação inversa, não utilizar a viga pescadora. Utilizar o gancho da talha, com "estropos" de aço, após ter retirado a viga pescadora.

4.4 - COLOCAÇÃO DA COMPORTA NA RANHURA

1º) Colocar o contra peso da viga pescadora na posição de "Ganchos Fechados";

2º) Descer a viga pescadora, de forma que os ganchos coincidam com os pontos de suspensão da comporta previamente posicionada na posição vertical, continuando o movimento de descida até que ocorra o acoplamento dos ganchos com os pontos de suspensão;

3º) Certificar-se que os dois ganchos acoplaram corretamente com os pontos de suspensão da comporta;

4º) Transportar a comporta até a ranhura na qual será colocada, introduzindo-a na mesma de forma que as rodas de guia estejam corretamente encaixadas nas peças fixas de guia lateral (trilhos);

5º) Descer o conjunto formado pela comporta e viga pescadora, devidamente guiados, até uma posição que permita o acesso ao contra peso da viga pescadora.
Mudar então o contra peso, para a posição de "Ganchos Abertos", de forma suave, sem choques.
ATENÇÃO: Eliminar essa operação quando a comporta for operada com fluxo de água (item b.2. - Alternativa 2);

6º) Continuar descendo, então, o conjunto tomando o cuidado de encaixar também as rodas de guia da viga pescadora nos trilhos;

7º) Descer o conjunto até que a comporta seja apoiada e perceba-se que as correntes da talha se afrouxaram;

8º) Subir a viga pescadora, que deverá nessas condições, ter desacoplado da comporta. Certificar-se que realmente ambos os ganchos se desacoplaram, antes de retirar a viga pescadora das ranhuras.

ATENÇÃO: Eliminar essa operação quando operar a comporta com fluxo de água (Item b.2 - Alternativa 2).

4.5 - RETIRADA DO PAINEL DA RANHURA

Proceder de forma similar à descrito no item c anterior, apenas com a diferença que agora a comporta será transportada da ranhura para o local de armazenagem.

Portanto a viga pescadora será colocada sozinha nas guias, com o contra peso na posição de "Ganchos Fechados", acoplará com a comporta e subirá com a mesma e a depositará no local de armazenagem.

No caso de acionamentos que utilizam redutores manuais e/ou elétricos, consultar as instruções referentes a operação e manutenção desses conjuntos, contidas neste manual.

Para lubrificação do carro trole e talhas, pode-se usar graxa a base de sabão de lítio. A nomenclatura abaixo relacionada, indica os lubrificantes recomendados:

ESPECIFICAÇÕES DE GRAXAS: Graxa à base de sabão de lítio com aditivo de extrema pressão.

FABRICANTE	NOMENCLATURA COMERCIAL
. Bardahl	Bardahl GP
. Shell	Alvania R-2
. Esso	Beacon 2
. Petrobrás	Lubrax GMA-2
. Atlantic	Litholine 2
. Ipiranga	Isaflex EP-2
. Texaco	Multifak 2
. Castrol	LM Grease
. Mobil	Mobil Grease MP
. Valvoline	Valvoline X-5 Multipurpose

5 - COMPORTAS COM ACIONAMENTO TIPO PEDESTAL DE SUSPENSÃO

5.1 - INFORMAÇÕES GERAIS

As comportas que apresentam este sistema de acionamento geralmente têm forma construtiva simples, podendo inclusive utilizar sistema de vedação do tipo metálica. Os pedestais de suspensão possuem um fuso de acionamento que, estando acoplado a estrutura da comporta, promove a abertura e fechamento da mesma. O corpo é geralmente construído em ferro fundido, podendo apresentar ou não redução de engrenagens e indicador de posição de abertura da comporta. A haste recebe esforços de tração, durante a operação de abertura da comporta, e de compressão, quando se processa o fechamento da mesma. Este sistema também pode receber um mecanismo de acionamento tipo elétrico contendo chaves de limitação do curso da haste. O pedestal de suspensão tem acionamento positivo nos dois sentidos e caracteriza-se por ser auto-blocante, não podendo portanto, ser utilizado em comportas onde seja necessário o fechamento pelo peso próprio. O pedestal ainda apresenta a vantagem de operar o fechamento da comporta tipo gaveta com vedação metálica, mesmo estando as pressões desequilibradas.

5.2 - FECHAMENTO DA TOMADA D'ÁGUA

Para fechamento da tomada d'água pelas comportas, as pressões devem estar preferencialmente equilibradas, estando os dispositivos de controle de jusante fechados. Para descer a comporta, aciona-se o pedestal de manobras no sentido de abaixamento da haste até o final do curso. No caso de acionamento tipo elétrico, o operador deve saber como manusear a botoeira de comando ou chaves de acionamento, portanto, deve-se consultar o manual do fabricante.

5.3 - ABERTURA DA TOMADA D'ÁGUA

Estando a comporta na posição fechada, deve-se tomar as seguintes providências para procedimento de abertura do sistema:

1 - Fechar os registros ou válvulas dispersoras na jusante.

2 - Abrir o sistema 'by pass', através do respectivo pedestal de manobras, permitindo o enchimento da tubulação. Em alguns tipos de comportas com 'by pass', o sistema de elevação da comporta proporciona a abertura do mesmo promovendo o enchimento da tubulação. Em comportas com sistema de vedação metálica, o 'by pass' pode ser dispensado. Nesta caso, o enchimento da tubulação é efetuado por meio da abertura parcial da comporta (aproximadamente 5cm).

3 - Após o enchimento total da tubulação, deve-se proceder a abertura das comportas por meio do mecanismo de acionamento.

4 - Com a abertura total da comporta, procede-se a abertura dos equipamentos de controle de jusante (válvulas dispersoras, registros de gaveta, etc.).

5.4 - MANUTENÇÃO

A manutenção do equipamento deverá ser efetuada segundo indicação do plano de manutenção preventiva.

Os reparos efetuados deverão sempre obedecer as especificações originais do fabricante, para que se obtenha as mesmas características operacionais do equipamento. As articulações em geral são construídas com materiais autolubrificantes, o que dispensa a necessidade de lubrificantes tais como óleo e graxas.

O manuseio do equipamento deverá ser efetuado com muito cuidado, evitando-se movimentos bruscos que possam vir a danificar a estrutura do mesmo. As superfícies usinadas não deverão entrar em contato com peças cortantes ou outras que poderão danificar a precisão do acabamento. Nas comportas com vedação metálica, recomenda-se o máximo cuidado com a área de vedação, pois esta deve se apresentar perfeitamente plana, sem riscos e asperezas, o que compromete a capacidade de vedação.

A pintura deverá ser inspecionada periodicamente, segundo indicado no plano de manutenção. Os retoques poderão ser efetuados com primer epoxi, e posteriormente recobertos com alcatrão de hulha. As superfícies deverão estar lixadas e sem ferrugem.

As especificações para manutenção seguem o mesmo critério adotado para tubulações em aço carbono com relação à medidas de segurança para tratamento de superfície, soldagem e revestimento (pintura).

Os pedestais de suspensão deverão ter seus fusos e mecanismos lubrificados com graxas a base de sabão de lítio, ou óleo lubrificante, conforme for especificado

em cada caso.

ESPECIFICAÇÕES PARA GRAXAS : Graxa à base de sabão de lítio com aditivo de extrema pressão

FABRICANTE	NOMENCLATURA COMERCIAL
. BARDAHL	BARDAHL GP
. SHELL	ALVANIA R-2
. ESSO	BEACON 2
. PETROBRÁS	LUBRAX GM A2
. ATLANTIC	LITHOLINE 1
. IPIRANGA	ISAFLEX EP2
. TEXACO	MULTIFAK 2
. CASTROL	LM GREASE
. MOBIL	MOBIL GREASE MP
. VALVOLINE	VALVOLINE X-5 MULTIPURPOSE

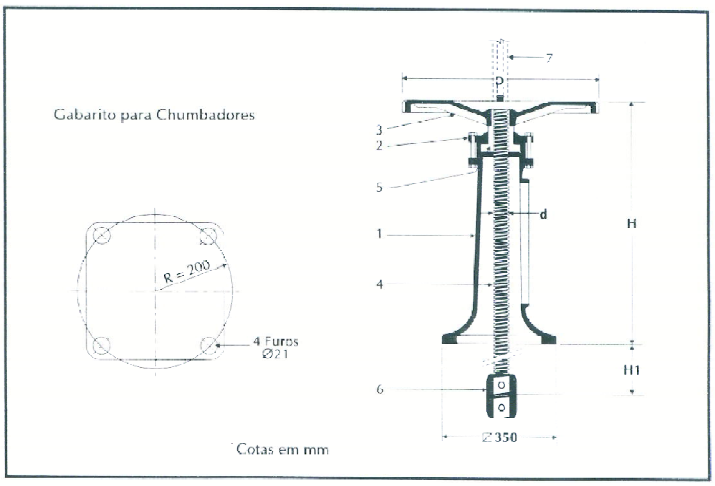
ESPECIFICAÇÕES PARA ÓLEO LUBRIFICANTE : Óleo lubrificante para caixas de engrenagens e mancais industriais, contendo aditivos de extrema pressão

FABRICANTE	NOMENCLATURA COMERCIAL
. ATLANTIC	PENAN EP 460
. BARDAHL (PROMAX)	MAXLUB MA 140 EP
. CASTROL	ILO SP460
. ESSO	SPARTAN EP460
. IPIRANGA	IPIRANGA SP 460
. MOBIL	MOBIL GEAR 634
. PETROBRÁS	LUBRAX INDUSTRIAL EGF-460 PS
. SHELL	OMALA 460
. TEXACO	MEROPA LUBRICANT 460
. VALVOLINE	GEAR OIL EP 460

Para os pedestais da suspensão acionados através de redutores, consultar as instruções referentes a manutenção desses subconjuntos.

Acessórios de manobra
Pedestais de suspensão simples

Nº	Componentes	Material
1	Corpo	Ferro dúctil NBR 6916 Classe 42012
2	Chapéu	Ferro dúctil NBR 6916 Classe 42012
3	Volante	Ferro dúctil NBR 6916 Classe 42012
4	Haste	Aço SAE 1010/1020
5	Porca	Latão Fundido
6	Luva	Ferro dúctil NBR 6916 Classe 42012
7	Indicador	Aço SAE 1010/1020



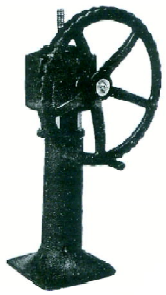
Tipo e Ref.	Mod.	H	H1	D	d	Massa
		mm	mm	mm	pol.	kg
Simples PSS(1)	01	730	57	400	1 1/8	61
	02	760	52	600	1 3/4	78
	03		152			79
	04		252			80
	05		352			81
	06		452			82
	08		652			84
	09		752			85

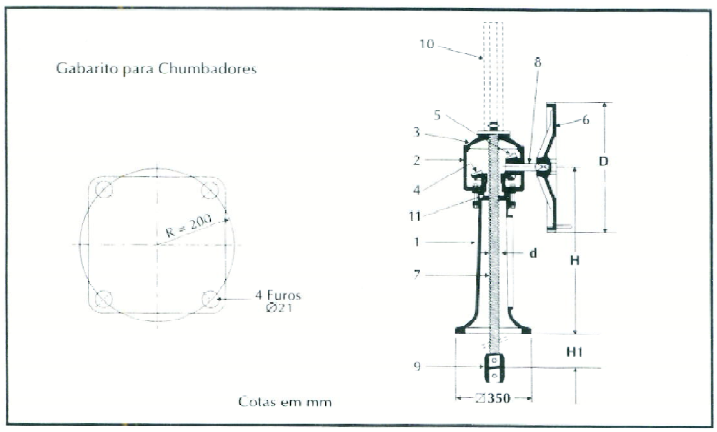
Tipo e Ref.	Mod.	H	H1	D	d	Massa
		mm	mm	mm	pol.	kg
Simples com Indicador PSSI(1)	18	730	93	400	1 1/8	64
	19	760	86	600	1 3/4	83
	20		186			84
	21		286			85
	22		386			86
	23		486			88
	25		686			94
	26		786			96
	54	730	57	400	1 1/8	65
	55					63
	56					62

(1) completar com o nº do modelo.

Acessórios de manobra
Pedestais de suspensão com engrenagens – Redução Simples

Nº	Componentes	Material
1	Corpo	Ferro dúctil NBR 6916 Classe 42012
2	Caixa	Ferro dúctil NBR 6916 Classe 42012
3	Tampa da Caixa	Ferro dúctil NBR 6916 Classe 42012
4	Engrenagem Maior	Ferro dúctil NBR 6916 Classe 42012
5	Engrenagem Menor	Ferro dúctil NBR 6916 Classe 42012
6	Volante	Ferro dúctil NBR 6916 Classe 42012
7	Haste	Aço SAE 1010/1020
8	Eixo	Aço SAE 1010/1020
9	Luva	Ferro dúctil NBR 6916 Classe 42012
10	Indicador	Aço SAE 1010/1020
11	Porca	Latão Fundido





Tipo e Ref.	Mod.	H	H1	D	d	Massa
		mm	mm	mm	pol.	kg
Com Engrenagens PES[1]	10	762	68	600	1 3/4	123
	11		168			124
	12		268			125
	13		368			126
	14		468			127
	16		668			129
	17		768			130
	46	797	-		1 1/8	125
	47		67		1 3/4	130
	48		167			135
	49		267			140
	50		377		2	155
	51		477			165
	52		677		2 1/2	195

Tipo e Ref.	Mod.	H	H1	D	d	Massa
		mm	mm	mm	pol.	kg
Com Engrenagens e Indicador PESI[1]	27	762	110	600	1 3/4	129
	28		210			130
	29		310			131
	30		410			132
	31		510			134
	33		710			138
	34		810			140
	35	797	-		1 1/8	125
	36		67		1 3/4	130
	37		167			135
	38		267			140
	39		377		2	155
	40		477			165
	41		677		2 1/2	195

(1) completar com o nº do modelo.

6 - VÁLVULA DISPERSORA TIPO HOWELL BUNGER

6.1 - INFORMAÇÕES GERAIS

As válvulas dispersoras são equipamentos constituídos basicamente por uma estrutura cilíndrica fixa, um cone difusor e uma camisa móvel, acionada por mecanismo mecânico, hidráulico ou elétrico.

O sistema de acionamento mecânico é constituído por pedestal de manobras, eixos e caixas de engrenagens. No acionamento tipo hidráulico, existe uma caixa de comando hidráulico com sistema pressurizado para acionar o mecanismo de abertura e fechamento da válvula. Este sistema pode ser acionado manualmente, por meio de volante que deve acompanhar o equipamento. O sistema de acionamento elétrico é constituído por um motor elétrico, geralmente ligado a um redutor de engrenagens com acoplamento flexível. Existe um quadro de comando elétrico para operação do sistema, composto de botoeiras em cores verde e vermelha, as quais controlam o funcionamento da abertura e fechamento da válvula. Para maiores detalhes sobre o funcionamento do quadro elétrico, deve-se consultar o fabricante do equipamento.

6.2 - RECOMENDAÇÕES BÁSICAS

As válvulas dispersoras são equipamentos projetados para operação em carga. Nunca se deve operá-las antes da abertura da comporta de tomadas d'água. Antes de iniciar a operação da válvula, deve-se verificar o nível de lubrificante dos redutores, caixas de engrenagens, etc.

No caso de válvulas com acionamento elétrico, deve-se guardar o volante em local próprio para armazenagem, e nunca na extremidade oposta do eixo do motor. Nas válvulas de fabricação SERMEC, o sistema de acionamento elétrico fica travado quando o volante não está no local de armazenagem.

6.3 - PROCEDIMENTO OPERACIONAL DE PARADA PARA MANUTENÇÃO OU INTERRUPÇÃO DO FLUXO DE ÁGUA

A paralização da válvula para manutenção obedece a determinada sequência para fechá-la. Segundo recomendações da SERMEC S/A, existem duas alternativas, sendo preferencialmente usada a primeira, a seguir.

1a. Alternativa

a: Fechar a válvula dispersora;

b: Fechar a comporta de montante para vedação da entrada de água na tubulação;

c: Abrir a válvula para escoamento da água acumulada na tubulação.

2a. Alternativa:

a: Fechar a comporta de montante, para vedação da entrada de água na tubulação;

b: Deixar a válvula dispersora aberta para escoamento da água acumulada na tubulação.

6.4 - PROCEDIMENTO OPERACIONAL PARA ÍNICIO DE FUNCIONAMENTO

Inicialmente o operador deve fazer uma inspeção geral no equipamento, verificando os níveis de óleo das caixas de engrenagens, redutores, funcionamento do quadro de comando elétrico, hidráulico, etc.

Após uma revisão geral, ou montagem do equipamento novo, deve-se operá-lo vazio, para verificação do funcionamento dos subconjuntos, isto é, redutores, mancais, regulagem do final do curso, velocidade e amperagem dos motores elétricos. Após estes testes iniciais, repetir as operações anteriores com a válvula em condição de carga.

Redomenda-se que, somente o operador deve ter acesso aos comandos do equipamento para evitar que pessoas inabilitadas possam causar acidentes ao tentar operar o equipamento. No caso de válvulas com acionamento elétrico, deve-se consultar o catálogo do fabricante para identificar a disposição da botoeira do quadro de comando elétrico, que comandam a abertura e fechamento da válvula dispersora. A determinação do curso de abertura desejado é identificado pelo indicador de abertura do equipamento. O operador deve sempre estar atento aos pontos de abertura máxima e de fechamento máximo da válvula, principalmente no caso em que o sistema de acionamento for elétrico, onde o sistema de acionamento é desligado automaticamente pelo interruptor de final de curso. Neste momento, o motor elétrico deve desligar-se automaticamente. Caso o motor continue funcionando, mesmo na posição de final de curso, deve-se desligar o sistema manualmente por meio da respectiva botoeira de comando situada no quadro elétrico. Neste caso deve-se solicitar a equipe de manutenção para verificar e corrigir as falhas no sistema.

Nas válvulas com acionamento manual, existe um pedestal de manobras que controla a abertura e fechamento da camisa. O pedestal tem acionamento positivo nos dois sentidos, e possui um indicador mecânico de abertura, graduado em escalas, o qual indica a posição de abertura da camisa em relação ao corpo da válvula.

6.5 - MANUTENÇÃO

Os equipamentos e seus componentes deverão ser manuseados com cuidado, principalmente as peças com superfícies de acabamento usinadas.

A manutenção do equipamento deverá ser executada de acordo com o plano de manutenção preventiva. Os serviços executados deverão obedecer, sempre que possível, as recomendações do fabricante do equipamento, para que se obtenham as mesmas características de projeto.

Todos os equipamentos deverão ser manipulados com cuidado, utilizando-se sempre equipamentos de elevação adequados.

Deverão ser evitados movimentos bruscos, golpes, vibrações, quedas ou içamentos por pontos inadequados, que possam provocar empenos ou deformações nas peças, dificultando ou mesmo impedindo uma boa e correta montagem das mesmas.

Cuidados especiais deverão ser tomadas com as superfícies usinadas e de aço inox, evitando-se que estas fiquem em contato diretamente com outras peças ou que sejam usadas como superfície de apoio.

A manipulação das válvulas deverá ser alvo de especial atenção a fim de se evitar que as borrachas de vedação sofram pancadas no concreto, ferragens ou outro equipamento, o que poderá danificá-las.

Deverão ser observados o estado geral das peças e estruturas, mecanismos, pintura, funcionamento, ruídos e vibrações anormais.

Caso se observe alguma anormalidade, deverá ser feita uma inspeção detalhada do equipamento, inclusive desmontando-se o subconjunto, caso necessário. Em seguida as providências cabíveis deverão ser tomadas, efetuando-se os reparos necessários.

Todo e qualquer reparo nos equipamentos deverá ser feito em estrita consonância com o projeto original, mantendo-se todas as características do mesmo.

Sempre que houver necessidade da troca de peças, estas deverão ser idênticas às originais.

Deve-se verificar o estado da pintura dos equipamentos no período recomendado no manual. Sempre que houver deterioração da pintura, efetuar a

limpeza cuidadosamente, lixar ou escovar até a retirada total da ferrugem e retocar a pintura.

As borrachas de vedação devem ser rigorosamente inspecionadas frequentemente e, caso apresentem danos, rupturas ou defeitos ou caso a válvula apresente vazamentos acima do admissível, as mesmas deverão ser substituídas. Deverão ser utilizados os mesmos perfis especificados no projeto, inclusive o tipo de material empregado na confecção da borracha.

Todos os mecanismos, elementos mecânicos e acessórios, deverão ser inspecionadas periodicamente, observando-se o movimento e funcionamento adequado. Deverá ser colocada graxa nos pontos necessários.

Todos os componentes e estruturas aparafusados deverão ser verificados, reapertando-se caso haja necessidade.

6.6 - ESPECIFICAÇÕES PARA MANUTENÇÃO

Os fusos de acionamento da camisa inox devem ser lubrificados com graxa a base de lítio, bem como outros pontos de lubrificação onde existem graxeiros. Algumas válvulas apresentam caixas de redução lubrificadas a óleo. Como existe uma variedade muito grande de marcas e modelos de caixas de redução e macacos, convém consultar os manuais dos fabricantes desses subconjuntos, para se saber qual o tipo de lubrificante recomendado para cada aplicação.

As especificações para repintura da válvula, obedecem aos mesmos critérios indicados nas instruções sobre manutenção de peças em aço carbono.

Os pedestais de manobra deverão ter seus fusos e mecanismos lubrificados com graxa a base de sabão de lítio, ou óleo lubrificante, conforme for especificado em cada caso.

ESPECIFICAÇÕES PARA GRAXAS; Graxa ã base de sabão de lítio, contendo aditivo de extrema pressão

FABRICANTE	NOMENCLATURA COMERCIAL
. BARDAHL	BARDAHL GP
. SHELL	ALVANIA R2
. ESSO	BEACON 2
. PETROBRÁS	LUBRAX GM A2
. ATLANTIC	LITHOLINE 2
. IPIRANGA	ISAFLEX EP 2

. TEXACO	MULTIFAK 2
. CASTROL	LM GREASE
. MOBIL	MOBIL GREASE MP
. VALVOLINE	VALVOLINE X-5 MULTIPURPOSE

ESPECIFICAÇÕES PARA ÓLEO LUBRIFICANTE: Óleo Lubrificante para caixas de engrenagens e mancais industriais, contendo aditivos de extrema pressão.

FABRICANTE	NOMENCLATURA COMERCIAL
. ATLANTIC	PENAN EP 460
. BARDAHL (PROMAX)	MAXLUB MA 140 EP
. CASTROL	ILO SP460
. ESSO	SPARTAN EP460
. IPIRANGA	IPIRANGA SP460
. MOBIL	MOBIL GEAR 634
. PETROBRÁS	LUBRAX INDUSTRIAL EGF 460 PS
. SHELL	OMALA 460
. TEXACO	MEROPA LUBRICANT 460
. VALVOLINE	GEAR OIL EP 460

Para válvulas acionadas por redutores e motores elétricos, deve-se consultar as instruções referentes a cada caso, no presente manual.

Válvula dispersora

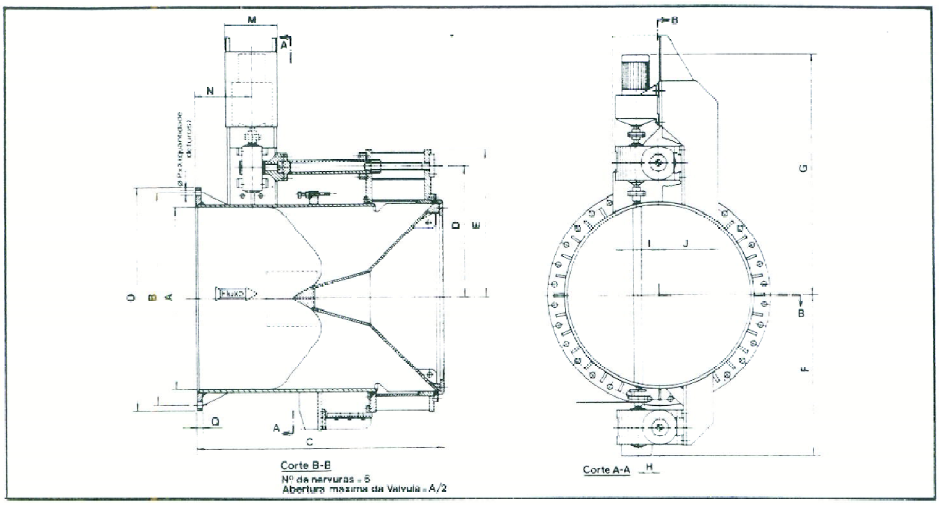


TABELA DE DIMENSÕES - SERIE MEDIA (mm)

TAMAN. DA VÁLV.	VHB-500	VHB-625	VHB-750	VHB-875	VHB-1000	VHB-1200	VHB-1400	VHB-1500	VHB-1800	VHB-2100	VHB-2400
A	500	625	750	875	1000	1200	1400	1500	1800	2100	2400
B	635	806	914	1029	1200	1422	1594	1759	2096	2426	2756
C	1200	1325	1450	1910	2035	2542	2600	2700	3070	3350	3600
D	545	610	670	770	835	970	1080	1120	1320	1470	1620
E	665	730	800	900	975	1105	1215	1255	1460	1615	1765
F	750	815	875	995	1060	1230	1340	1380	1620	1770	1920
G	1565	1630	1690	1790	1975	2150	2250	2300	2550	2700	2850
H	106	106	106	125	125	150	150	150	180	180	180
I	306	306	306	325	350	375	375	375	405	405	405
J	410	410	410	425	425	500	500	500	575	575	575
M	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
N	400	400	400	400	450	450	450	450	500	500	500
O	699	870	984	1111	1289	1511	1683	1854	2197	2534	2877
P	29	92	32	38	38	38	45	45	45	50	57
Q	29	33	35	38	38	41	50	57	67	70	76
X	20	24	28	30	30	30	32	32	38	40	44
MOTOR	2 HP	2 HP	2 HP	2 HP	3 HP	3 HP	3 HP	3 HP	3 HP	4 HP	4 HP

SUJEITO A ALTERAÇÃO SEM AVISO PRÉVIO

OUTROS PRODUTOS:

- Caldeiraria média e pesada em geral
- Estruturas metálicas médias e pesadas
- Pontes rolantes, guindastes, pórticos e guinchos
- Hidromecanismos: comportas vagão, setor, deslizante, vollet e.clapet, stop-logs, grades, blindagens, condutos forçados, válvulas borboleta de grandes dimensões, etc.
- Componentes para turbinas hidráulicas
- Equipamentos industriais tais como: tanques, vasos de pressão, trocadores de calor, fornos, filtros horizontais e rotativos, etc.
- Teleféricos
- Passarelas para pedestres, também a prova de fogo para edifícios

7 - REGISTROS DE GAVETA E VÁLVULAS BORBOLETAS

7.1 - INFORMAÇÕES GERAIS

Os registros de gaveta são aparelhos utilizados nas canalizações de água para diversos fins. São geralmente construídos em ferro dúctil ou aço carbono, e suas características construtivas obedecem a normas técnicas. Os registros de gaveta podem ser confecionados com flanges ou bolsas para fixação, e só devem operar na posição totalmente aberta, ou totalmente fechado, ou seja, não são destinados a controlar fluxo de água.

Os registros de gaveta compõem-se basicamente de um corpo para fixação à tubulação, uma tampa para alojamento da gaveta na posição aberta, uma gaveta que permite ou bloqueia passagem de água, uma haste para deslocamento da gaveta e gaxetas ou juntas de vedação.

Existem vários tipos de sistema de acionamento para tais registros dependendo da sua condição de montagem. Existem volantes de manobra, pedestal de manobras, chaves "T" e haste de prolongamento, além de atuadores elétricos, hidráulicos ou pneumáticos.

Os registros de maiores dimensões possuem redutores de engrenagens e 'by pass', para facilitar a operação. Para se saber a forma construtiva e demais características, deve-se consultar o manual do fabricante.

As válvulas borboletas são aparelhos projetados para regular ou bloquear o fluxo de água de uma tubulação, isto é, podem operar em posições intermediárias de abertura. Suas formas construtivas obedecem a critérios de normas técnicas de fabricação.

As válvulas borboletas compõem-se basicamente de um corpo, eixo de acionamento, uma borboleta, e um conjunto de peças de vedação. Podem ser acionados por mecanismo de redução, chave "T" com haste de prolongamento e alavanca, além de possibilidade de assistência hidráulica, pneumática ou elétrica, por meio de atuador.

7.2 - OPERAÇÃO

Como já foi dito, os registros de gaveta só devem operar nas posições "totalmente aberto" ou "totalmente fechado". Não é recomendável utilizá-los em posições intermediárias, como forma de controlar fluxo, pois resultará em desgaste prematuro de sua estrutura interna, em decorrência do aparecimento de vibrações.

Nos registros montados com 'by pass', estes devem ser acionados para facilitar a manobra do equipamento principal.

Em alguns açudes, encontramos frequentemente instalados dois registros dispostos em série, montados na extremidade da tubulação de descarga. O registro de montante deve permanecer totalmente aberto, enquanto o de jusante funciona para liberar ou interromper o fluxo da água. O registro de montante deve ser fechado, caso haja necessidade de se prestar manutenção do registro de jusante, ou mesmo retirá-lo do local. A configuração correta seria com uma válvula borboleta a jusante.

As válvulas borboletas podem operar em posições intermediárias de abertura. Para obtenção da vazão desejada, gira-se o volante de acionamento ou alavanca de abertura até a posição requerida.

7.3 - MANUTENÇÃO

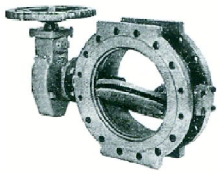
Os registros de gaveta e válvulas borboletas são projetados para operação durante muito tempo sem apresentar problemas funcionais. Suas características construtivas dispensam uma manutenção frequente em seus componentes. As buchas e mancais são auto-lubrificantes e alguns componentes internos são fabricados em aço inox, permitindo maior durabilidade ao conjunto. A manutenção da maioria destes aparelhos se resume a simples inspeções periódicas, como verificação do sistema de vedação e folgas nos componentes. Entretanto, alguns registros podem apresentar graxeiros para lubrificação ou reservatório de lubrificante, o que, evidentemente, representa pontos localizados para manutenção preventiva. Uma consulta à plaqueta de identificação do aparelho (quando houver), ou uma inspeção geral em torno do equipamento nos dá idéia sobre a existência de pontos de lubrificação e manutenção. No caso da existência de pontos de lubrificação por graxa, pode-se usar graxas à base de sabão de lítio, conforme especificado em outras instruções deste manual.

Nos registros e válvulas de montante, é importante a movimentação periódica dos mesmos, a cada mês, para evitar-se a possibilidade de engripamento do mecanismo. Deve-se observar frequentemente o estado das gaxetas quanto à sua capacidade de vedação, providenciando-se, quando necessário, a substituição da mesma.

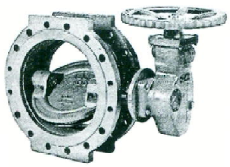
Para a remoção do registro de montante, faz-se necessário vedar a entrada da tomada d'água com 'stop-log' ou comporta

Válvulas borboleta
Tipos fabricados

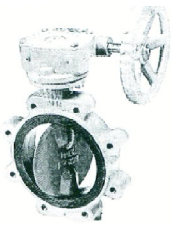
Padrão Construtivo	Série	Faixa de Diâmetros	Classe de Pressão	Pressões Admissíveis (MPa)						
				0,1	0,25	0,4	0,6	1,0	1,6	2,5
VÁLVULAS BORBOLETA com Flanges (NBR 7675) - Série AWWA										
AWWA C 504 CLASSE 150 B	CORPO CURTO	75-2000	PN 16							
			PN 10							



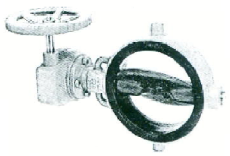
VÁLVULAS BORBOLETA com Flanges (NBR 7675) - Série ISO										
ISO 5752	SÉRIE 13 (CURTA)	200-1400	PN 16							
			PN 10							



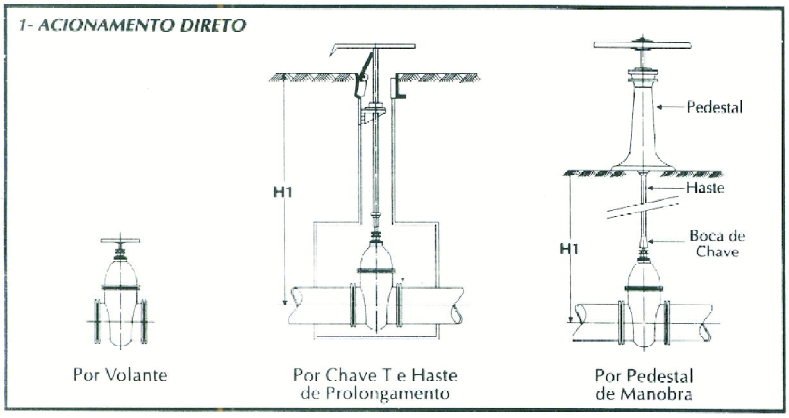
VÁLVULAS BORBOLETA sem Flanges - Tipo LUG										
AWWA C 504 CLASSE 150 B	LUG	75-200	PN 16							
		75-600	PN 10							

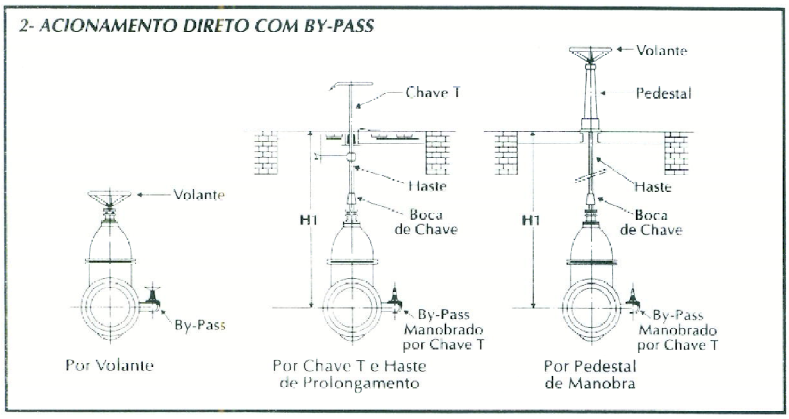


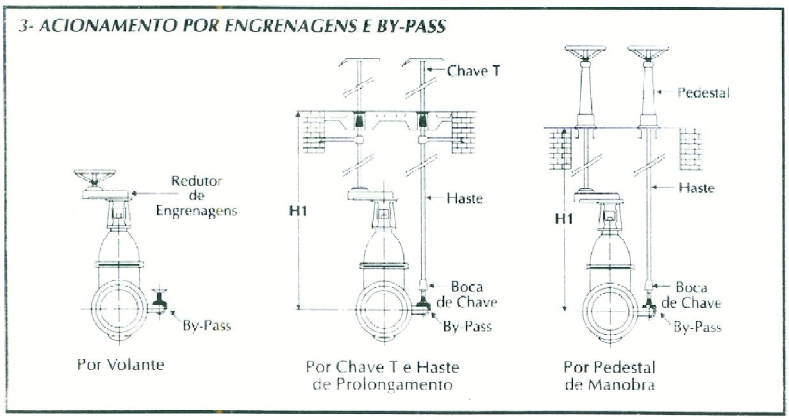
VÁLVULAS BORBOLETA sem Flanges - Tipo Wafer										
AWWA C 504 CLASSE 150 B	WAFER	75-200	PN 16							
		75-600	PN 10							



Registros de gaveta
Generalidades







8 - REDUTORES E ACIONAMENTOS

8.1 - INFORMAÇÕES GERAIS

O redutor é o elemento de ligação entre o sistema de acionamento e a máquina acionada. Ele deve ter características adequadas para atender as condições de rotação, torque e sua forma construtiva deve possibilitar uma montagem simples na máquina acionada.

Os tamanhos dos redutores são geometricamente escalonados de acordo com as normas ABNT - NB 71 e DIN 323. As indicações dos tamanhos baseiam-se na distância entre centros dos eixos. As carcaças são produzidas geralmente em ferro fundido, de acordo com a exigência de cada caso. A construção bipartida, na altura dos centros dos eixos, permite um fácil acesso a todos os seus componentes, uma vez removida a parte superior. Possuem aletas dispostas paralelamente para uma boa dissipação do calor. Os redutores usados em pedestais ou suspensão de comportas são do tipo coroa e rosca sem fim. A rosca sem-fim e o seu eixo são confeccionados como uma peça única fabricados de aço carbono SAE 1045/1050, e as hélices são geradas em máquinas especiais. A coroa helicoidal é fabricada em bronze fosforoso e fundida pelo processo de centrifugação, que garante um metal denso e homogêneo, sendo usinada em conjunto com o cubo.

As engrenagens e pinhões são normalmente lubrificados por "salpico" obtido pela imersão parcial em banho de óleo. Na maioria dos casos, o calor irradiado pela superficie exterior da caixa é suficiente para manter o sistema num regime térmico adequado. Os retentores são utilizados para garantir uma perfeita vedação contra vazamento e têm também a função de impedir a entrada de impurezas, pó, ou pequenas partículas em suspensão. São alojados internamente na tampa de entrada e saída das pontas e eixos.

Alguns redutores da marca Transmotécnica apresentam dois tipos de processos de lubrificação. Determinada categoria de tamanho possui sistema de lubrificação comum, incluindo reservatório de óleo, bujão de drenagem e abastecimento. A outra categoria possui sistema de lubrificação do tipo sintético, dispensando as inspeções periódicas, bem como a substituição do lubrificante.

A forma construtiva de redutores utilizados nos pedestais da suspensão é do tipo "U" com fixação tipo "Lanterna". Podemos identificar as características de determinado redutor através de sua plaqueta de identificação, a qual cita as principais especificações técnicas. Alguns tipos de redutores podem apresentar pontos de lubrificação por graxeiros devidamente posicionados para abastecimento de graxa.

8.2 - OPERAÇÃO

Para início de operação, deve-se verificar inicialmente os níveis de lubrificantes, através de bujões de óleo ou graxeiros instalados para tal finalidade. Deve-se observar se os redutores giram livremente, antes de fazê-lo operar. As primeiras horas de operação de um redutor são muito críticas, principalmente após uma recuperação recente, com substituição de componentes internos.

8.3 - MANUTENÇÃO

A manutenção dos redutores obedece a critérios de periodicidade constantes dos planos de manutenção apresentados no capítulo 10.

Com relação a lubrificação recomenda-se consultar a placa de identificação do redutor, observando-se a existência de recomendações sobre o tipo de lubrificante empregado. Não devemos esquecer que, para conseguirmos uma manutenção eficiente, todo o material envolvido no processo deverá estar limpo, isento de poeira, rebarbas, limalhas etc.

8.4 - ESPECIFICAÇÕES DE LUBRIFICANTES PARA REDUTORES

1 - Óleo lubrificante

- Óleo Lubrificante para caixas de engrenagens e mancais industriais, contendo aditivos de extrema pressão.

A tabela abaixo apresenta as especificações mais usuais para seleção de lubrificantes convencionais. No caso de lubrificantes tipo sintético, consultar a plaqueta de identificação do redutor ou consultar o fabricante do mesmo.

FABRICANTE	NOMECLATURA COMERCIAL
ATLANTIC	PENAN EP 460
BARDAHL (PROMAX)	MAXLUB MA 140 EP
CASTROL	ILO SP460
ESSO	SPARTAN EP460
IPIRANGA	IPIRANGA SP 460
MOBIL	MOBIL GEAR 634
PETROBRÁS	LUBRAX INDUSTRIAL EGF 460 PS
SHELL	OMALA 460
TEXACO	MEROPA LUBRICANT 460
VALVOLINE	GEAR OIL EP 460

2 - Graxa Lubrificante

As graxas utilizadas deverão ser a base de sabão de lítio, contendo aditivos de extrema pressão. A tabela abaixo contem as especificações mais usuais.

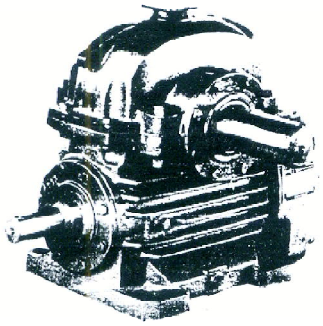
FABRICANTE	NOMENCLATURA COMERCIAL
. BARDAHL (PROMAX)	BARDAHL GP
. SHELL	ALVANIA R-2
. ESSO	BEACON 2
. PETROBRÁS	LUBRAX GM A2
. ATLANTIC	LITHOLINE 2
. IPIRANGA	ISAFLEX EP 2
. TEXACO	MULTIFAK 2
. CASTROL	LM GREASE
. MOBIL	MOBIL GREASE MP
. VALVOLINE	VALVOLINE X-5 MULTIPURPOSE

A nomenclatura das especificações acima podem sofrer alterações ou substituições em virtude da introdução de novos lubrificantes no mercado e avanço tecnológico.

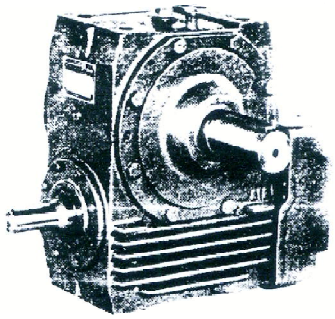
8.5 - ACOPLAMENTOS ELÁSTICOS

São componentes utilizados para absorver choques e vibrações prejudiciais ao funcionamento das máquinas acopladas. Apresentam a vantagem de compensar desalinhamento axial, radial e angular sobre os eixos. Não contêm peças móveis sujeitas à lubrificação e manutenção permanente.

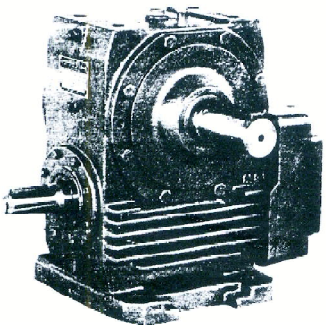
A manutenção se resume a simples verificações periódicas sobre seu funcionamento e estado de conservação.



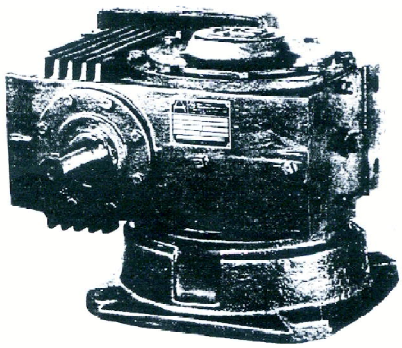
Modelo **básico**, tipo "B", carcaça com pés inteiriços. Reduções de 1:10 até 1:60.



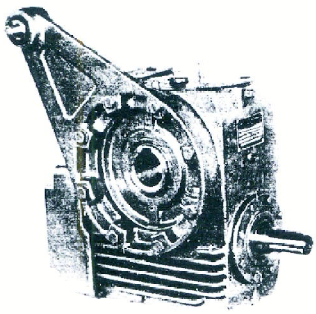
Modelo **universal**, tipo "U", para fixação diretamente na carcaça, sem pés. Eixo de saída convencional. Reduções de 1:10 até 1:60.



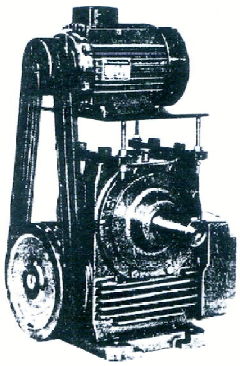
Tipo "U", para fixação com pés postiços.



Tipo "U", para fixação com lanterna.



Tipo "U", com eixo de saída vazado, montagem sobre o eixo acionado, posicionamento por braço de torção.



Tipo "U", com base para motor e acionamento por correias.

9 - MOTORES ELÉTRICOS

9.1 - OPERAÇÃO

Para os equipamentos acionados por motores elétricos, antes de operá-los, deve-se tomar alguns cuidados básicos, principalmente quando estiverem parados por muito tempo.

ENTRADA EM SERVIÇO

Antes de ser dada a partida inicial a um motor, será necessário:

a) Verificar se o mesmo poderá rodar livremente, removendo-se todos os dispositivos de bloqueio e calços usados durante o transporte;

b) Verificar se o motor está corretamente fixado e se os elementos de acoplamento estão corretamente montados e alinhados;

c) Certificar-se de que a tensão e a frequência estão de acordo com o indicado na placa de identificação. O motor operará satisfatoriamente caso a tensão da rede esteja dentro de uma faixa de mais ou menos 10% do valor indicado na placa, ou a frequência dentro de 5% ou variação combinada de tensão e frequência dentro de 10%;

d) Observar se as ligações estão de acordo com o esquema de ligação impresso na placa de identificação e verificar se todos os parafusos e porcas dos terminais estão devidamente apertados;

e) Verificar se o motor está devidamente aterrado. Desde que não haja especificações exigindo montagem isolada do motor, será necessário aterrá-lo, obedecendo às normas vigentes para ligação de máquinas elétricas à terra. Para isso deverá ser usado o parafuso identificado para esse fim. Geralmente existente na caixa de ligação ou no pé da carcaça;

f) Verificar se os cabos de ligação do motor à rede, bem como a fiação dos controles, a proteção contra sobrecarga estão de acordo com as normas técnicas da ABNT;

g) Se o motor estiver estocado em local úmido, ou estiver parado por muito tempo, medir a resistência de isolamento, conforme indicado nas instruções de armazenagem;

h) Acionar o motor desacoplado para verificar se está girando livremente e no sentido desejado.

Para inverter a rotação do motor trifásico, basta inverter as ligações à rede de dois terminais quaisquer.

9.2 - MANUTENÇÃO

A manutenção dos motores elétricos, adequadamente aplicados, resume-se numa inspeção periódica quanto aos níveis de isolamento, elevação de temperatura, desgastes, lubrificação dos rolamentos e eventuais exames no ventilador, quanto ao correto fluxo de ar.

A freqüência com que devem ser feitas as inspeções, depende do tipo de motor e das condições locais de aplicação.

a) - LIMPEZA

Os motores devem ser mantidos limpos, isentos de poeira, detritos e óleos. Para limpá-los, deve-se utilizar escovas ou panos limpos. Deve-se limpar a sujeira da tampa defletora e eliminar toda acumulação de pó contida nas pás do ventilador e nas aletas de refrigeração, quando houver.

Os detritos impregnados de óleo ou umidade podem ser limpos com panos embebidos em solventes adequados.

Em motores com proteção IP44, recomenda-se uma limpeza na caixa de ligação. Esta deve apresentar os bornes limpos, sem oxidação, em perfeitas condições mecânicas e sem depósitos de pó nos espaços vazios.

b) - LUBRIFICAÇÃO

A finalidade de manutenção, neste caso, é prolongar o máximo possível, a vida útil do sistema de mancais.

A manutenção abrange:

a) Observação do estado geral em que se encontram os mancais;

b) Lubrificação e limpeza;

c) Exame mais minucioso dos rolamentos.

O ruído nos motores deverá ser observado em intervalos regulares. Um zumbido uniforme é sinal de que o rolamento está trabalhando em perfeitas condições.

A temperatura poderá ser controlada permanentemente com termômetros, colocados do lado de fora do mancal, ou com termoelementos embutidos.

Os motores são normalmente equipados com rolamentos de esfera ou de rolos, lubrificados com graxa.

Os rolamentos devem ser lubrificados para evitar o contato metálico entre os corpos rolantes e também para proteger os mesmos contra corrosão e desgaste.

As propriedades dos lubrificantes deterioram-se em virtude de envelhecimento e trabalho mecânico, e além disso todos os lubrificantes sofrem contaminação em serviço, razão pela qual devem ser completados ou trocados de tempo em tempo.

INTERVALOS DE LUBRIFICAÇÃO

Os motores elétricos são fornecidos com graxa suficiente para um período longo de funcionamento.

O período de relubrificação depende do tamanho do motor, da velocidade de rotação, das condições de serviço e do tipo de graxa utilizado. O plano de manutenção apresenta a periodicidade de revisões.

Qualidade e Quantidade de Graxa

É importante que seja uma lubrificação correta, isto é, aplicar a graxa correta e em quantidade adequada, pois tanto uma lubrificação excessiva,ou deficiente trazem efeitos prejudiciais.

A lubrificação em excesso acarreta elevação de temperatura, devido à grande resistência que oferece ao movimento das partes rotativas, e principalmente devido ao batimento da graxa, que acaba por perder completamente suas características de lubrificação.

Isto pode provocar vazamento, penetrando a graxa no interior do motor e depositando-se sobre as bobinas, anéis, coletores ou escovas.

Para a lubrificação dos rolamentos em máquinas elétricas, vem sendo empregado de modo generalizado, graxa à base de Lítio, por apresentar boa estabilidade mecânica, e insolubilidade em água.

Essa graxa nunca deverá ser misturada com outras que tenham base de sódio ou cálcio.

Instruções para Lubrificação

Alguns motores elétricos não possuem graxeiras para lubrificação.

A relubrificação dos rolamentos é feita por ocasião das revisões gerais, quando os motores são desmontados.

Limpeza e Lubrificação dos Rolamentos

Com o motor desmontado e sem remover os rolamentos do eixo, deve-se retirar toda a graxa e lavar os rolamentos com óleo diesel, querosene ou outro diluente até ficarem completamente limpos.

Após a lavagem, preencher imediatamente com graxa os espaços existentes entre as esferas ou rolos e as gaiolas dos rolamentos. Nunca fazer girar os rolamentos secos após a lavagem.

Na realização dessas operações, recomenda-se o máximo cuidado e limpeza a fim de evitar qualquer penetração de detritos e poeiras que poderiam causar danos aos rolamentos. Todos as peças externas devem ser limpas antes da remontagem.

Nos motores que possuem graxeiras para lubrificação dos rolamentos, o sistema de lubrificação é projetado para que na relubrificação dos rolamentos, toda a graxa seja removida das pistas dos rolamentos e expelida através de um dreno que permite a saída e impede a entrada de poeira ou outros contaminantes nocivos ao rolamento.

Este dreno também evita a danificação dos rolamentos pelo excesso de relubrificação excessiva.

É aconselhável fazer a relubrificação durante o funcionamento do motor, de modo a permitir a renovação de graxa no alojamento do rolamento.

Se isto não for possível devido a presença de peças girantes perto da engraxadeira (polias, luvas, etc) que podem por em risco a integridade física do operador procede-se da seguinte maneira:

- injeta-se aproximadamente metade da quantidade total estimada da graxa e coloca-se o motor a girar durante aproximadamente 1 minuto a plena rotação; desliga-se o motor e injeta-se o restante da graxa.

A injeção de toda a graxa com o motor parado pode levar a penetração de parte do lubrificante no interior do motor, através da vedação interna da caixa do rolamento.

É importante manter as graxeiras limpas antes da introdução da graxa a fim de evitar a entrada de materiais estranhos no rolamento.

Para lubrificação, deve-se usar pistola engraxadeira manual.

Etapas da Lubrificação

1. Limpar com pano a região próxima ao orifício da graxeira.

2. Com o rotor em funcionamento, adicionar a graxa por meio de uma pistola engraxadeira manual até que a graxa comece a sair pelo dreno ou até ter sido introduzida a quantidade de graxa recomendado pelo fabricante do motor.

3. Deixar o motor funcionando durante o tempo suficiente para que se escoe todo o excesso de graxa.

c) SUBSTITUIÇÃO DE ROLAMENTOS

A desmontagem de um motor para trocar um rolamento, somente deverá ser feita por pessoal competente.

Na desmontagem dos rolamentos deve-se usar ferramentas adequadas tipo extrator.

As garras do extrator deverão ser aplicadas sobre a face lateral do anel interno a ser desmontado, ou sobre uma peça adjacente.

É essencial que a montagem dos rolamentos seja efetuada em condições de rigorosa limpeza para assegurar um bom funcionamento dos rolamentos novos que deverão ser retirados da embalagem somente no momento de serem montados.

Antes da colocação do rolamento novo, será necessário verificar se o encaixe no eixo, apresenta sinais de rebarba ou sinais de pancadas.

Os rolamentos não podem receber golpes diretos durante a montagem. O apoio para prensar ou bater o rolamento deve ser aplicado sobre o anel interno.

Após a montagem do motor, deve-se girá-lo com a mão, observando a existência de atrito nas tampas e carcaça.

d) ESPECIFICAÇÃO DE GRAXAS PARA ROLAMENTOS

A tabela abaixo apresenta as especificações mais usuais para seleção de graxas para rolamentos, à base de lítio, inclusive equivalência de fabricantes. São indicadas para temperatura normal de trabalho variando de - 20ºC a 130º C.

FABRICANTE	NOMENCLATURA COMERCIAL
. BARDAHL	BARDAHL GP
. SHELL	ALVANIA R2
. ESSO	BEACON 2
. PETROBRÁS	LUBRAX GM A2
. ATLANTIC	LITHOLINE 2
. IPIRANGA	ISAFLEX EP2
. TEXACO	MULTIFAK 2
. CASTROL	LM GREASE
. MOBIL	MOBIL GREASE MP
. VALVOLINE	VALVOLINE X-5 MULTIPURPOSE

Deve-se lembrar que, as especificações acima podem ser alteradas pelo fabricante, inclusive nomenclatura, devido ao avanço tecnológico e a introdução de novos lubrificantes no mercado.

e)PINTURA

A pintura executada nos motores elétricos de aplicação geral é de fácil execução, consistindo basicamente na aplicação de primer com esmalte sintético alquídico. O acabamento deve ser efetuado conforme a necessidade da cor, usando-se tinta com a mesma base alquídica. As medidas de segurança e procedimentos para tratamento de superfície são as mesmas indicadas nas instruções sobre manutenção de tubulações e conexões metálica em geral.

QUADRO DE IDENTIFICAÇÃO DE DEFEITOS EM MOTORES E ELÉTRICOS

DEFEITOS	CAUSAS PROVÁVEIS	PROVIDÊNCIAS
MOTOR NÃO CONSEGUE PARTIR	1. Sem tensão de alimentação	• Verificar as ligações da alimentação ao sistema de comando e desta para o motor.
	2. Baixa tensão de alimentação	• Verificar a tensão de alimentação e comparar com a tensão nominal constante na placa de identificação do motor.
	3. Ligações de comando erradas	• Conferir as ligações com o esquema de ligação que está na placa de identificação do motor.
	4. Conexão frouxa em algum borne	• Apertar todas as conexões.
	5. Carga excessiva	• Verificar se o motor parte quando desconectado da carga. Caso afirmativo o motor pode ter sobrecarga ou mecanismo de acionamento bloqueado. Reduzir a carga para carga nominal do motor com maior conjugado.
	6. Escovas	• As escovas podem estar gastas, sujas ou colocadas incorretamente.
NÍVEL DE RUÍDO MUITO ALTO	1. Desbalanceamento	• Vibrações podem ser eliminadas com rebalanceamento do rotor. Se a Carga está diretamente acoplada ao eixo do motor, a carga pode estar desbalanceada.
	2. Eixo torto.	O eixo pode estar empenado. Verificar o balanceamento do rotor e a excentricidade.
	3. Alinhamento incorreto.	Verificar o alinhamento do motor com o equipamento acionado
	4. Entre ferro não uniforme	• Verificar o empenamento do eixo ou desgaste dos rolamentos.
	5. Sujeira no entre ferro	Desmontar o motor e retirar a sujeira ou pó com um jato de ar seco.
	6. Objetos presos entre o ventilador e as tampas laterais do motor	Desmontar o motor e limpá-lo. Remover todo o lixo ou detritos que houver perto do motor.
	7. Fundações do motor frouxas.	Apertar os parafusos de assentamento. Se for necessário, alinhar de novo o motor.
	8. Rolamentos gastos.	Verificar a lubrificação substituir o rolamento se o ruído for persistente e excessivo
SUPERAQUECIMENTO DOS ROLAMENTOS	1. Graxa em demasia.	Retirar o bujão de escapamento da graxa e deixar o motor funcionando até que se verifique a saída do excesso de graxa.
	2. Excessivo esforço axial ou radial da correia	• Diminuir o esforço da correia.
	3. Eixo toro.	• Mandar alinhar o eixo e verificar o balanceamento do rotor.
	4. Rugosidade na superfície do rolamento	• Substituir os mancais antes destes danificarem o eixo.
	5. Tampas laterais do motor frouxas ou mal colocadas	• Verifiar se as tampas laterais do motor se adaptam em toda a circunferência e se estão suficientemente apertadas.
	6. Falta de graxa.	• Adicionar graxa no rolamento.
	7. Graxa endurecida ocasionando o travamento das esferas.	• Substituir os rolamentos.
	8. Matéria estranha na graxa	• Lavar os alojamentos e lubrificar novamente.

DEFEITOS	CAUSAS PROVÁVEIS	PROVIDÊNCIAS
VIBRAÇÃO EXCESSIVA NOS MANCAIS	1. Rotor desbalanceado 2. Rolamento sujo ou desgastado 3. Anéis do rolamento muito apertados no eixo e/ou na caixa 4. Presença de partículas sólidas no rolamento	• Balanceá-lo estática e dinamicamente. Se os anéis do rolamento estiverem em perfeitas condições, basta limpálos e engraxá-lo novamente; caso contrário, será necessário substituí-lo • Antes de modificar as dimensões do eixo ou da caixa, é conveniente verificar se as dimensões do rolamento correspondem as especificações pelo fabricante. • O rolamento deve ser desmontado e limpo. Só poderá ser montado se suas superfícies rolantes e de apoio não tiverem sofrido danos.
SUPERAQUECIMENTO DO MOTOR	1. Obstrução do sistema de ventilação 2. Sobrecarga 3. Tensões e frequências incorretas 4. Frequentes reversões. 5. Rotor arrastando no estator 6. Carga elétrica desequilibrada (fusível queimado, comando errado)	• Os motores devem estar limpos e secos, inspecionar periodicamente as passagens de ar e os enrolamentos • Verificar a aplicação, medindo a tensão e corrente em condições normais de funcionamento. • Conferir os valores marcados na placa do motor com os de fornecimento de energia, verificar também a tensão nos terminais do motor a plena carga. • Substituir o motor por outro adequado para esta aplicação. • Verificar o desgaste dos rolamentos e a courvatura do eixo. • Verificar se há desequilíbrio das tensões ou funcionamento com uma única fase.

10 – PLANO DE MANUTENÇÃO

Válvula Dispersora

	Período				
	Semanal	Mensal	Semestral	Anual	Trienal
- Efetuar limpeza externa da válvula		o			
- Verificar o estado da camisa deslizante inox removendo incrustações sobre a mesma	o				
- Verificar o sistema de vedação do cone difusor e camisa inox ao corpo da válvula		o			
- Lubrificar os pontos de lubrificação (graxeiros), aplicando graxa conforme necessidade		o			
- Verificar o funcionamento da válvula quanto a folgas de engrenagens e ruídos diversos			o		
- Verificar o estado das guias inox de deslocamento		o			
- Trocar o lubrificante dos fusos de acionamento da camisa inox			o		
- Verificar o nível de óleo lubrificante, nos pontos necessários. Complementar se for o caso	o				
- Verificar a existência de vazamentos diversos		o			
- Verificar o funcionamento dos pedestais de manobra, lubrificando os graxeiros, onde for necessário		o			
- Verificar o nível de óleo lubrificante dos redutores de acionamento. Completar, se necessário	o				
- Verificar o estado do acoplamento de controle de torque		o			
- Efetuar limpeza externa nos motores elétricos		o			
- Verificar a existência de ruídos anormais nos motores elétricos		o			
- Lubrificar os pontos de graxa (graxeiros) dos motores elétricos		o			
- Verificar a tensão nas correias do acionamento	o				
- Verificar funcionamento do sistema hidráulico de acionamento da válvula		o			
- Verificar a existência de vazamentos nas tubulações e conexões hidráulicas	o				
- Refazer a pintura externa da válvula, se necessário					
- Substituir o óleo lubrificante do sistema hidráulico				o	
- Verificar o funciomanto do fim de curso		o			
- Substituir óleo lubrificante dos redutores de acionamento • Lubrificação Convencional				o	
• Lubrificação por óleo Sintético				o	
- Verificar funcionamento do quadro de comando elétrico dos acessórios e eletrodutos		o			

Comportas com acionamento tipo viga pescadora

	Período				
	Semanal	Mensal	Semestral	Anual	Trienal
- Verificar o sistema de vedação da comporta			o		
- Verificar o estado da camisa deslizante inox removendo incrustações sobre a mesma					o
- Verificar o estado das guias de deslizamento da comporta			o		
- Lubrificar os rolamentos da rodas			o		
- Desmontar as rodas e substituir a graxa dos rolamentos					o
- Lubrificar os pontos de graxa da Talha e Trolley			o		
- Verificar a folga existente entre as bucahs de teflon e bronze. Não lubrificar			o		
- Verificar o estado dos cabos de içamento e seu mecanismo de acionamento, inclusive as roldanas			o		
- Verificar o estado da tubulação de aeração			o		
- Verificar o estado das ferragens em geral, inclusive reaperto dos parafusos			o		
- Verificar o acoplamento flexível e/ou controle de torque do acionamento		o			
- Efetuar limpeza externa dos motores elétricos		o			
- Verificar a existência de ruídos anormais nos motores elétricos		o			
- Lubrificar os pontos de graxa dos motores elétricos		o			
- Verificar a tensão das correias de acionamento	o				
- Verificar o funcionamento do sistema hidráulico de acionamento		o			
- Verificar a existência de vazamentos nas tubulações e conexões hidráulicas	o				
- Substituir o óleo lubrificante dos redutores de acionamento a) Lubrificação Convencional				o	
b) Lubrificação com óleo sintético					o
- Substituir o óleo lubrificante do sistema hidráulico				o	
- Verificar a existência de rachaduras ou trincamentos			o		
- Verificar o quadro de comando elétrico dos acessórios e eletrodutos		o			

Comportas com acionamento tipo pedestal de suspensão

	Período				
	Semanal	Mensal	Semestral	Anual	Trienal
- Verificar o sistema de vedação da comporta			o		
- Verificar o estado geral da pintura anticorrosiva					o
- Verificar o estado das guias de deslizamento da comporta			o		
- Verificar o funcionamento dos pedestais de acionamento, inclusive do ByPass		o			
- Verificar o sistema de fixação de hastes diversas para acionamento da comporta			o		
- Verificar níveis de óleo dos redutores dos pedestais de manobra. Completar se necessário	o				
- Lubrificar os pontos de graxa existentes nos acessórios de manobra, inclusive talha e trolley da monovia			o		
- Verificar o estado da tubulação da aeração					
- Verificar o funcionamento da Talha e Trolley da monovia		o			
- Verificar o estado das ferragens em geral, inclusive reaperto dos parafusos			o		
- Verificar o estado do acoplamento de controle de torque		o			
- Efetuar limpeza externa dos motores elétricos		o			
- Verificar a existência de ruídos anormais nos motores elétricos		o			
- Lubrificar os pontos de graxa (graxeiros) dos motores elétricos		o			
- Verificar a tensão das correias de acionamento	o				
- Verificar o funcionamento do sistema hidráulico de acionamento		o			
- Verificar a existência de vazamentos nas tubulações e conexões hidráulicas	o				
- Substituir o óleo lubrificante dos redutores de acionamento a) Lubrificação Convencional				o	
b) Lubrificação com óleo sintético					o
- Substituir o óleo lubrificante do sistema hidráulico				o	
- Verificar a existência de rachaduras ou trincamentos			o		
- Verificar o quadro de comando elétrico dos acessórios e eletrodutos		o			

Registro de Gaveta e Válvula Borboleta

	Período				
	Semanal	Mensal	Semestral	Anual	Trienal
- Lubrificar pontos de graxa		o			
- Verificar a existência de vazamentos diversos		o			
- Verificar o fuso de acionamento (registro de gaveta)		o			
- Verificar o funcionamento do mecanismo de redução		o			
- Verificar a estanqueidade nas junções com a tubulação		o			
- Verificar a existência de folgas diversas			o		
- Verificar a existência de rachaduras ou trincamentos			o		
- Verificar o aperto dos parafusos em geral			o		

Tubulações, Conexões, Grade de Proteção e Crivo

	Período				
	Semanal	Mensal	Semestral	Anual	Trienal
- Verificar a existência de vazamentos nos flages, bolsas e juntas mecânicas		o			
- Verificar a superfície externa quanto a corrosão			o		
- Verificar o estado dos parafusos e porcas			o		
- Efetuar limpeza e examinar a pintura anticorrosiva da grade de proteção e crivo				o	
- Verificar o estado das soldas nas peças em aço			o		
- Refazer a pintura externa da tubulação, se necessário					o

BIBLIOGRAFIA

- Canalizações de Pressão
  Cia. Metalúrgica Barbará . Ed. 1987
- Manual de Motores Elétricos
  Eberle
- STEEL PIPE DESIGN AND INSTALATION M-11
  AWWA - American Water Works Association
- Redutores Industriais
  Transmotécnica S/A
- Tintas Industriais
  Kauri Sigma S/A
- Manual de Operação e Manutenção para o Açude Mundaú
  SERMEC S/A
- Comportas Hidráulicas
  Paulo C.F. ERBISTE - ED. CAMPUS

2001 - Artigo apresentado no XIV Seminário Nacional de Recursos Hídricos, Aracajú – SE.

A PROBLEMÁTICA DAS ENCHENTES NA REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA

Rogério de Abreu Menescal[1]
Nelson Neiva de Figueiredo[2]
Silvia Rodrigues Franco[3]

Resumo - A Região Metropolitana de Fortaleza - CE sofre anualmente no período de chuvas intensas, que ocorrem nos meses fevereiro a maio, com inundações em diversos locais, principalmente, nas bacias dos rios Cocó/Coaçu e Ceará/ Maranguape. O objetivo deste estudo é levantar as causas das inundações, avaliar seus efeitos, relatar as principais medidas em andamento e recomendar ações de controle para minimizar os prejuízos sociais, econômicos e ambientais.

Abstract - The city of Fortaleza and its vicinities, in Ceará State, suffer annually with floods in several localities, from february to may, when intense rainfall events occurs, mainly in Cocó/Coaçu and Ceará/Maranguape rivers basins. The purpose of this study is to find out the causes of the floods, evaluate the effects relate the on going measures and recommend control actions to minimize social, economical and enviromnamental damage.

INTRODUÇÃO

Um dos principais campos da hidrologia está relacionado à ocorrência de eventos hidrológicos extremos, os quais, no caso de eventos máximos, referem-se aos estudos das cheias, e no de eventos mínimos, aos estudos das secas. Em áreas urbanas, os eventos extremos máximos provocam enchentes, que causam grandes prejuízos materiais, sociais e de saúde pública, destruindo bens, desabrigando populações e propiciando a disseminação de doenças.

A chuva em áreas urbanas cai principalmente sobre superfícies impermeabilizadas, escoando para bueiros e finalmente atingindo os rios. A infiltração

[1] COGERH – Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos – Diretor de Operações e Monitoramento
[2] COGERH – Engenheiro da Diretoria de Operações e Monitoramento
[3] COGERH – Engenheira da Diretoria de Planejamento

é praticamente inexistente e uma das conseqüências é a alta freqüência de inundações após chuvas fortes. No caso de cidades litorâneas, os efeitos da maré alta, principalmente nas marés de sizígia, elevam o nível das águas na região próxima à costa, dificultando o escoamento natural e agravando os efeitos das chuvas intensas.

O presente estudo visa levantar as principais causas das enchentes na Região Metropolitana de Fortaleza - RMF, avaliar seus efeitos, relatar as principais medidas em andamento e propor medidas preventivas e corretivas.

CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DAS BACIAS DA RMF

A RMF situa-se na porção norte do estado do Ceará, limitando-se ao norte com o oceano Atlântico; ao sul com os municípios de Caridade, Palmácia, Redenção, Acarape, Pacajus e Horizonte; a leste com o município de Pindoretama e com o oceano Atlântico; e a oeste com os municípios de São Gonçalo do Amarante e Pentecoste; perfazendo uma área de 3.373,1km². A RMF é integrada por nove municípios, conforme apresentado na Tabela1.

Segundo COGERH (2000), a heterogeneidade temporal do regime pluviométrico é uma característica da região, com a precipitação concentrada no primeiro semestre do ano e com uma acentuada variação inter-anual. O trimestre mais chuvoso é o de fevereiro a abril, ou março a maio, correspondendo de 65 a 70% da precipitação anual. No primeiro semestre este percentual supera os 90%.

A análise inter-anual da precipitação mostra a ocorrência de anos muito secos com o índice de precipitação de cerca de 1/4 a 1/5 da média anual, com uma freqüência de 10 a 20% para períodos longos. Anos com pluviometria elevada não são muito raros, mas ocasionam enchentes e causam prejuízos sociais e materiais.

Os maiores índices de precipitação verificam-se no litoral de Fortaleza e nas serras de Maranguape, Aratanha e Baturité, onde chuvas orográficas elevam os índices pluviométricos acima de 1.400mm, e induzem a ocorrência de microclima.

Nas Baixadas litorâneas atingidas pela influência das marés, encontram-se os manguezais, atualmente mais expressivos na foz dos rios Ceará/Maranguape e Cocó/Coaçu, que exibem alterações de profundidade variável em seu aspecto original decorrentes, principalmente, de intervenções antrópicas provocadas pelo acelerado processo de urbanização (desmatamentos, aterramentos, lançamentos de resíduos sólidos etc). A atividade salineira, também, tem contribuído para a degradação dos manguezais, sendo constatada a presença de salinas nas regiões próximas às desembocaduras dos rios Ceará/Maranguape e Cocó/Coaçu, na sua maioria desativadas.

Em termos de rede de açudagem, COGERH (2000) apresenta um levantamento por imagem de satélite em que são identificados aproximadamente 1.500 barramentos com espelho d'água acima de 4 ha para toda a área das Bacias Metropolitanas (15.085 km^2). Nas Figuras 1 e 5 os pequenos pontos pretos demonstram este levantamento.

As áreas da Região Metropolitana de Fortaleza mais afetadas por problemas de enchentes estão localizadas em basicamente duas bacias hidrográficas: Bacia do Rio Cocó/Coaçu e Bacia do Rio Ceará / Maranguape. Estas bacias são caracterizadas a seguir:

Bacia do Rio Cocó/Coaçu

A bacia hidrográfica do Rio Cocó, Figura 1, ocupa parte dos municípios de Fortaleza, Maracanaú, Aquiraz, Maranguape e Pacatuba, entre os paralelos 3^o 40' 00'' e 4^o 00' 00'' de latitude sul, e os meridianos 38^o 26' 00'' e 38^o 32' 00'' de longitude oeste, drenando cerca de 60% da Região Metropolitana de Fortaleza (Nóbrega, 1998).

O Rio Cocó drena uma área de 304,64km², se desenvolvendo no sentido sul/ norte por longo trecho de seu percurso, formando em direção a foz uma acentuada curva de sudoeste para leste. Com comprimento do talvegue de 42,5km, o Rio Cocó apresenta uma configuração longilínea, que se traduz no elevado índice de compacidade de 1,60 e fator de forma reduzido de 0,17. Na presente bacia está contido um dos principais reservatórios do Sistema de Abastecimento de Água Bruta da Região Metropolitana de Fortaleza, açude Gavião, cuja bacia hidrográfica tem uma área de 99,35km², correspondente a 33% da área total da bacia, e é responsável pelo abastecimento da ETA – Gavião.

O Rio Coaçu, principal afluente do Rio Cocó, se desenvolve ao longo de 32,5km, drenando uma área de 194,8km², apresentando índices de compacidade de 1,35 e fator de forma de 0,18. Este rio tem confluência com o Rio Cocó pouco antes do encontro com o mar, compartilhando com este da mesma foz.

O trabalho de Nóbrega (1998) relata que o clima predominante na bacia do Rio Cocó/Coaçu é o tropical úmido, com precipitações concentradas no período de março a maio, com média anual de cerca de 1.400mm. Essa precipitação é a principal contribuição para o fluxo no Rio Cocó/Coaçu, no entanto, em períodos de estiagem, o trecho a jusante do açude Gavião é perenizado pelas águas de lavagem dos filtros da Estação de Tratamento de Água do Gavião (ETA Gavião), cerca de 4.000m³ por dia (46,3 l/s), e mais 8 a 10 l/s de perdas e vazamentos na operação.

Bacia do Rio Ceará / Maranguape

Inserida quase que na sua totalidade no Município de Caucaia, limita-se em pequenos espaços com os Municípios de Fortaleza, Maracanaú e Maranguape. Está situada aproximadamente entre as coordenadas de 3º 40' 00'' e 4º 00' 00'' de latitude sul e 38º 30' 39'' de longitude oeste, (Costa,1998).

Apresentando uma configuração espacial "retangular", a bacia do Rio Ceará, Figura 1, drena uma área de 555,9km², desenvolvendo-se no sentido sudoeste-norte ao longo de 52,5km, apresentando índices de compacidade de 1,60 e fator de forma de 0,20, (Cruz, 1998).

Os padrões de drenagem têm conformação dendrítica e a duração do escoamento tem estreita dependência do regime pluviométrico. Os solos, via de regra, são predominantemente rasos e as associações se distribuem de acordo com a compartimentação morfo-estrutural.

A bacia do rio Maranguape, também denominado Maranguapinho, Figura 1, ocupa parte dos municípios de Maranguape e Maracanaú, tendo os limites geográficos entre os paralelos 4º 20' 00'' e 4º 10' 00'' de latitude sul, e os meridianos 38º 40' 00'' e 38º 30' 00'' de longitude oeste. A parte superior de sua bacia apresenta uma conformação estreita, por estar situada entre as Serras de Maranguape e de Aratanha, e seus divisores têm prolongamento no alinhamento geral da bacia do Rio Ceará.

O rio Maranguape apresenta uma bacia de contribuição com área de 223,80 km² e comprimento do talvegue de 37,5 km, resultando num índice de compacidade de 1,82 e fator de forma de 0,16. Este rio conflui com o Rio Ceará pouco antes do encontro com o mar, compartilhando, portanto, da mesma foz.

Apresenta suas nascentes em região serrana, o que implica em declividades acentuadas, ocasionando altas velocidades do rio e seus afluentes, nos altos cursos. Estas características do rio acentuam-se na estação chuvosa, época em que ocorrem deslizamentos da serra, os quais provocam assoreamento do seu leito natural e, consequentemente, transbordamentos e alagamentos de grandes proporções.

A Tabela 2 apresenta um resumo dos parâmetros hidrológicos das bacias acima descritas.

APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA

A ocorrência de enchentes encontra-se associada, a priori, a duas causas básicas, os fatores climáticos, ou seja, intensidade e duração das precipitações que

ocorrem na área das bacias, e os fatores fisiográficos (e.g. área, formato, declividades, tipo do solo, cobertura vegetal etc.), que determinam o maior ou menor grau com que são sentidos os efeitos de uma precipitação nas bacias hidrográficas. Outro fator determinante para a manifestação de enchentes é o desmatamento e a ocupação desordenada das áreas de várzeas, com conseqüente assoreamento do leito dos cursos d'água. Esse tipo de degradação é relativamente comum no território das bacias metropolitanas, contribuindo para agravar a incidência de enchentes. Os Principais rios da RMF com áreas sujeitas a inundações periódicas são: Ceará/ Maranguape e Cocó/Coaçu, justamente os que mais têm sofrido a ação antrópica.

A Região Metropolitana de Fortaleza - RMF sofreu nos últimos anos grande expansão de sua área urbana, com crescimento da população à taxa acima de 2 % a.a. (IBGE, 2000), e conseqüente mudança no uso e ocupação do solo, que se reflete em um quadro de degradação ambiental. As ondas de cheia que ocorrem são, portanto, resultado da integração de processos naturais associados às ações antrópicas nas bacias que drenam a RMF.

Na RMF, a ocupação indiscriminada ao longo da rede de drenagem tem se tornado cada vez mais intensa, principalmente pela proliferação de favelas nas margens dos cursos e mananciais d'água que banham a área urbana. Esse processo de ocupação que se mostra crescente a cada período de seca em virtude do êxodo rural, aliado a outros fatores de ordem político-sócio-econômica, tem contribuído significativamente para exacerbar a incidência das enchentes, através do assoreamento dos cursos d'água causado pela remoção da cobertura vegetal marginal e pelo lançamento de lixo e outros dejetos nesses ambientes.

As enchentes contribuem para agravar ainda mais a situação de comunidades localizadas em áreas de perigo, favorecendo o aumento dos índices de doenças, principalmente aquelas de veiculação hídrica, acarretando problemas de saúde pública (Tabela 3). As doenças mais diagnosticadas pela equipe do Centro de Saúde Meireles nas áreas alagadas de Fortaleza são: Virose (resfriado comum) - 40%, Dermatoses (escabioses e tinhas) - 25%, Verminoses - 20% e Diarréias - 15%. Entretanto, estima-se que um elevado número de casos de doenças não chegam a integrar estas estatísticas, seja pela dificuldade de integração dos dados de atendimentos médicos, seja pelo problema da automedicação.

Os principais fatores que contribuem para as enchentes na RMF são:

- Chuvas intensas
- Ocupação da calha dos rios
- Obstruções e assoreamentos
- Desmatamento nas cabeceiras
- Efeitos da maré e Ventos do quadrante norte

No evento crítico registrado durante a semana santa de 2001, a Defesa Civil do estado informou que chuvas de até 150mm em 24h ocorridas nas cabeceiras dos rios Maranguape e Ceará aumentaram o volume dos rios que alagaram comunidades ribeirinhas (Figura 2). Nesta ocorrência o agravamento se deu também pela ocorrência de marés de sizígia, que atingiram até 3m de altura, conforme indicação da Tábua de Marés do Porto do Mucuripe. A situação era incontrolável, principalmente na periferia, sendo mais crítica nos bairros às margens de rios e lagoas, consideradas áreas de perigo.

Pela estatística da Defesa Civil, 5.993 famílias (ou 30.000 pessoas) ficaram vulneráveis ao alagamento e/ou inundação, 1.125 casas foram destruídas e foram constatadas quatro mortes. A Figura 3 e a Tabela 4, obtidas de CEDEC (2001), apresentam um cadastro das principais áreas de perigo relacionadas com alagamentos e inundações na RMF.

Assim, a cada período de precipitações intensas, situações de calamidade pública estabelecem-se em zonas de perigo. De acordo com dados da Defesa Civil Estadual, citado por Brandão (1995), no ano de 1995, quando se registrou em Fortaleza uma das quadras invernosas mais severas da última década (1.460mm no período janeiro a abril), 1.705 famílias foram desalojadas, temporariamente impossibilitadas de ocupar suas casas, e 251 ficaram desabrigadas, ou seja, perderam suas casas em conseqüência dos alagamentos ao longo dos rios Cocó e Maranguape. As áreas mais atingidas foram: Lagoa do Zeza, Lagoa do Tijolo, Lagoa do Gengibre, Baixada Itaperi, Ancuri, Lagoa do Gavião, Boa Vista e Parque São Miguel, na Bacia do Cocó/Coaçu, e Ilha Dourada, João XXIII, Genibaú, Autran Nunes, Granja Portugal, Bom Jardim e Canindezinho, na Bacia do Ceará/Maranguape.

MEDIDAS PARA CONTROLE E MITIGAÇÃO DOS EFEITOS DAS INUNDAÇÕES

As ações que podem ser adotadas para controle e mitigação dos efeitos das inundações, podem ser divididas em medidas estruturais e não-estruturais.

As medidas estruturais são aquelas que envolvem planejamentos de longo e médio prazo e modificam o sistema fluvial, necessitando da devida aprovação por parte dos órgãos governamentais; dependem da contratação de empresas de projeto e construção, requerendo recursos de moderados a grandes, além da formalização de procedimentos de operação e manutenção.

Dentre as medidas de caráter estrutural, podemos citar:

- Açudes para amortecimento de cheia;
- Reservatório para armazenamento temporário;
- Diques de proteção;

Considera-se também como medida estrutural, bacia do tipo sedimentação, que tem por finalidade evitar o rápido assoreamento do córrego e canais a jusante, e que requer constante manutenção. A adoção de reservação temporária é uma medida cabível no controle de cheias em açudes. No caso de áreas urbanas, pode-se utilizar dispositivos de armazenamento temporário da água de precipitações intensas, atenuando o pico do hidrograma e permitindo a recuperação da capacidade de amortecimento perdida devido à impermeabilização. Segundo Tucci (2000), este processo denomina-se OSD - "On-site Storm Water Detention" e pode ser implementado em nível de micro e macrodrenagem, e a água armazenada pode ser utilizada para irrigação de grama, lavagem de superfícies etc. Esta solução está sendo proposta em São Paulo através de um projeto de lei, que obriga novos empreendimentos com mais de 500 m² de área impermeabilizada, a reter água de uma chuva correspondente a 80 mm.

As medidas ditas não-estruturais, ao contrário das estruturais, não envolvem grandes investimentos, sendo de caráter imediato, podendo ser implementadas por associações, indivíduos ou empresas privadas, pois requerem recursos menores. As medidas não-estruturais tendem a ser mais adequadas a áreas rurais e de caráter preventivo, enquanto as estruturais tendem a ser mais adequadas a áreas urbanas e mitigatórias.

Dentre as medidas de caráter não-estrutural, podemos citar:

- Previsão de cheias e Sistema de Alerta contra enchentes
- Evacuação temporária da região afetada;
- Zoneamento da área da várzea;
- Aumento da capacidade de escoamento do canal (dragagem);
- Controle do uso do solo;
- Controle de erosão e reflorestamento;

Na área de inundação, não deve ser permitida qualquer ocupação. Entre essa área e os limites da planície de inundação, podem ser permitidos usos que resultem em baixas taxas de ocupação, tais como: parques; áreas de esportes; áreas de preservação; vias de transporte que possam ser fechadas temporariamente; construções com estruturas abertas para suportar as inundações; culturas agrícolas, pecuária etc.

Um aspecto importante para a eficácia das medidas não-estruturais é a educação ambiental, pois a participação da comunidade como um todo é importante. A disposição do lixo urbano, principalmente aquele jogado nas ruas, que nos primeiros

instantes de uma chuva forte são carreados e entopem bueiros, galerias e canais, dificultando e até impedindo o escoamento das águas, agravando os efeitos da cheia nas populações que ocupam as áreas de perigo.

O trabalho de Pereira (1998) apresenta uma proposta de sistema automático de alerta contra enchente, o qual consiste do monitoramento do nível cursos d'água e da precipitação, com emissão de alertas automáticos transmitidos diretamente das estações telemétricas a serem instaladas (Figura 4). Uma vez dado o alerta da ocorrência de um nível anormal deve-se fazer a evacuação da região a ser afetada, para se minimizar danos sociais e materiais.

Uma outra medida de grande importância é o controle do uso do solo das várzeas, demarcando as áreas inundáveis e prevenindo a sua ocupação em épocas de estiagem com uma fiscalização efetiva.

Para a identificação de ocorrência de fenômenos meteorológicos (e.g. formação e evolução de nuvens, nevoeiros e precipitações) utiliza-se o radar meteorológico, pois através deste é possível prever chuva em tempo real. O radar meteorológico possui um transmissor, um receptor, um sistema de coleta de dados e análise das informações, e uma antena, que capta parte da onda eletromagnética gerada pelo transmissor, este sinal é amplificado pelo receptor e armazenado no sistema de análise de informações.

Na cidade de Fortaleza, a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME) dispõe de um radar meteorológico do tipo Doppler X com alcance de 30, 60 e 120 km para acompanhar a formação e o deslocamento de nuvens, com o objetivo, entre outros, de acionar a defesa civil. Entretanto, problemas de manutenção dificultaram as previsões e alertas para 2001.

Menescal e Miranda (1997) propõem um Plano de Ações Emergenciais para situações operacionais críticas em açudes que expõem as populações a jusante de um vale ao risco de ruptura ou descarga descontrolada de um açude.

Ainda dentre as ações desenvolvidas por diversas instituições podemos citar:

- Vacinação, Atendimento Médico e Fumacê para combate de doenças,
- Distribuição de lonas, alimentos e roupas,
- Recuperação de vias atingidas por erosão,
- Limpeza de galerias e bocas de lobo e retirada de vegetação e desassoreamento de canais e sarjetas
- Desobstrução de sangradouro de açudes,

COMENTÁRIOS FINAIS

O problema do controle de enchentes em áreas urbanas é complexo, envolvendo ações multidisciplinares e abrangentes, que levem em conta a bacia hidrográfica como um sistema dinâmico e integrado. Ações isoladas podem apenas transferir de local as inundações.

Encontram-se em andamento estudos pertinentes à construção das barragens Maranguape I, II e Ceará (Figura 5). As barragens Maranguape I e II deverão ser dimensionadas considerando um volume de espera e um critério operacional que permita amortecer cheias. A barragem Ceará, apesar da restrição da cota pela interferência com a BR 020, poderia ser operada de forma a permitir amenizar cheias.

Devido a uma restrição operacional da ETA – Gavião, a qual é responsável pelo abastecimento de Fortaleza recebendo água por gravidade, o açude Gavião deve ser mantido na cota mínima de 35,20m. A cota de sangria do açude Gavião é de 35,50m (Figura 6), existindo somente uma margem de segurança e operação de 30cm, correspondendo a um volume de 1,71 hm³.

Encontram-se em estudo possíveis modificações estruturais e na forma de operar o açude Gavião que, apesar de controlar somente 33% da bacia do rio Cocó, poderá contribuir mais para a redução da enchente. Este açude, em decorrência do evento crítico ocorrido na semana santa do ano de 2001, sangrou um volume de 10.750.000m³, representando aproximadamente 1/3 de sua capacidade. Este volume poderia ser perfeitamente absorvido não fossem as restrições operacionais citadas.

Estudos hidrológicos e hidráulicos desenvolvidos pela SEINFRA (2001), para um trecho do rio Maranguapinho, consistem no desassoreamento e no deslocamento das famílias ribeirinhas para futura implantação do projeto piloto do Boulevard Maranguapinho, uma via de rolamento que isolará a área de várzea da área habitada. Estão sendo construídas, em regime de mutirão, habitações para transferir as famílias que moram em áreas de perigo (Gato Morto, Zeza, Tijolo, Mangue e Gengibre).

Durante a ocorrência de inundações as equipes da COGERH (Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos) são constantemente requisitadas pela Defesa Civil para apoiar em ações pontuais para amenizar os efeitos. A COGERH tem sempre ajudado no que é possível, mas observa que, apesar do esforço hercúleo de alguns órgãos, faz-se necessário uma ação continuada articulando as ações das diversas áreas envolvidas, pois a maior parte dos esforços estão sendo despendidos com medidas corretivas, que além de custosas são muitas vezes paliativas, ao contrário do combate às causas, através de medidas preventivas. Uma proposta

seria a definição de uma instituição gestora, formado por uma comissão mista composta por representantes de entidades públicas, privadas e da sociedade, tendo como principal função articular o acompanhamento sistemático das medidas preventivas contra enchentes na RMF junto às diversas entidades envolvidas (Tabela 5).

A inevitável expansão da RMF englobando outras bacias (e.g. Pacoti, São Gonçalo, Cauhipe, Choró etc.) impõe que seja desenvolvido um trabalho para planificação e fiscalização rigorosa da ocupação dos leitos dos principais rios e afluentes nestas regiões, antes que esta ocupação se dê de forma desordenada.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer o suporte físico fornecido pela COGERH e as informações técnicas disponibilizadas pelo CEDEC, FUNCEME e SEINFRA.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Brandão, R.L.; 1995. "Diagnóstico Geoambiental e os Principais Problemas de Ocupação do Meio Físico da Região Metropolitana de Fortaleza", CPRM, Fortaleza-CE.

CEDEC; 2001. "Áreas de Perigo na Região Metropolitana de Fortaleza", Coordenadoria Estadual de Defesa Civil, Fortaleza-CE.

COGERH; 2000. "Plano de Gerenciamento das Águas das Bacias Metropolitanas" Fortaleza-CE.

Costa, O.O.; 1998. "Perfil Sanitário do Rio Maranguapinho no Estado do Ceará". Tese de Mestrado, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE.

Cruz, M.L.B.; 1998. "Cartografia Temática dos Atributos Geoambientais da Bacia do Rio Ceará". Tese de Mestrado, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE.

Freitas, M.A.V.; 2001. "Introdução ao Gerenciamento de Recursos Hídricos". Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, Agência Nacional de Águas – ANA, Brasília - DF.

IBGE; 2000. "Censo 2000". www.ibge.gov.br

Menescal, R.A. & **Miranda**, A.N.; 1997. "Plano de Ações Emergenciais para Barragens". XII Seminário Nacional de Recursos Hídricos, Vitória, ES.

Nóbrega, M.T.; 1998. "Simulação do Comportamento dos Transientes Hidráulicos na Calha do Rio Cocó". Tese de Mestrado, Universidade Federal do Ceará,

Fortaleza-CE.

O Povo; 2001. Reportagem sobre chuva intensa na RMF e seus impactos, registrada em 10/04/2001. Jornal O Povo, Fortaleza-CE.

Pereira, M.; 1998. "Projeto Executivo e Implantação do Sistema Automático de Alerta de Enchente da Lagoa do Cazumba e da Zeza", COGERH, Fortaleza, Ceará.

SEINFRA, 2001. "Estudos Hidrológicos e Hidráulicos do Boulevard Maranguapinho". Secretaria de Infra-Estrutura do Estado do Ceará - SEINFRA", Aguasolos, , Fortaleza, Ceará.

Tucci, C.E.M. & **Marques**, D.M.L.M.M.; 2000. "Avaliações e Controle da Drenagem Urbana". Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre-RS.

Tabela 1 - Municípios que integram a RMF

	Município	Área (km²)	População
1	AQUIRAZ	480,7	60.574
2	CAUCAIA	1.190,3	250.246
3	EUZÉBIO	77,7	31.505
4	FORTALEZA	312,4	2.138.234
5	GUAIÚBA	270,1	19.883
6	ITAITINGA	154,6	29.216
7	MARACANAÚ	98,1	174.599
8	MARANGUAPE	651,9	87.770
9	PACATUBA	137,3	51.812
	Total	**3.373,1**	**2.843.839**

Fonte: IBGE (2000)

Tabela 2 – Principais Parâmetros Morfológicos das Bacias Metropolitanas

BACIA	ÁREA (km²)	PERÍMETRO (km)	TALVEGUE (km)	ÍNDICE DE COMPACIDADE	FATOR DE FORMA
COCÓ	304,64	100,0	42,5	1,60	0,17
COAÇU	194,80	67,5	32,5	1,35	0,18
CEARÁ	555,9	135,0	52,5	1,60	0,20
MARANGUAPE	223,8	97,5	37,5	1,82	0,16

Tabela 3 – Doenças relacionadas com a água. Modificado de Freitas (2001).

Grupo	Doenças		Via de saída do Corpo Humano	Via de Entrada no Corpo Humano
	Tipo	Causa		
Doenças transmitidas pela água	Cólera	B	F	O
	Febre Tifóide	B	F, U	O
	Leptospirose		U, F	P, O
	Giardíase	P	F	O
	Amebíase	P	F	O
	Hepatite infecciosa	V	F	O
Doenças controladas pela limpeza com água	Escabiose		C	C
	Sepsia dérmica			
	Bouba		C	C
	Lepra		C	C
	Tifo			B (Piolho e Pulgas)
	Tracoma		B	B
	Conjutivite		C	C
	Disenteria bacilar	B	C	C
	Salmonelose	B	F	O
	Diarréias por enterovirus	V	F	O
	Febre paratifóide	B		O
	Ascaridíase	H	F	O
	Meningite Linfocitana			O, C
	Leptospirose			O, C
	Poliomielite	V		O
	Brucelose			O, C
	Tricurose		F	O
	Enterobiose		F	O
	Ancilostomose	H	F	O
Doenças associadas à água	Esquistossomose urinária	H	U	P
	Esquistossomose rental		F	P
	Dracunculose	H	C	O
Doenças cujos vetores se relacionam com a água	Febre amarela	B	B	B Mosquito
	Dengue e febre hemorrágica por dengue		B	B Mosquito
	Febre do oeste do Nilo e do Vale do Rift	B	B	B Mosquito
	Encefalite por arbovirus	V	B	B Mosquito
	Filiarose Bancroft		B	B Mosquito
	Malária	P	B	B Mosquito
	Ancorcercose		B	B Mosca simulium
	Doenças do sono		B	B Tsé - Tsé
Doenças associadas ao destino dos dejetos	Necatoriose		F	P
	Clonorquíase		F	Peixe
	Difilobotríase		F	Peixe
	Fasciolose		F	Planta Comestível
	Paragonimíase		F, S	Camarão de água doce
Outras	Gripe	V		
	Sarampo			
	Turbeculose	B		
	Raiva			
	Saturnismo (Chumbo)	PQ		O
	Fluorose (Flúor)	PQ		O

Via: F = Fezes; O = Oral; U = Urina; P = Percutâneo; C = Cutâneo; B = Picada; N = Nariz; S = Saliva

Causas : B = Bactérias; V = Vírus; P = Protozoários; H = Helmintos (vermes); PQ = Produtos químicos, R = radiação; F = fungos

Os grupos do quadro acima têm a seguinte origem:	
Doenças transmitidas pela água	A água atua somente como um veículo passivo para o agente infeccioso. Todas essa s doenças dependem também das precárias condições
Doenças controladas pela limpeza com água	A falta de água e a higiene pessoal insuficiente criam condições favorávcis para a sua disseminação. As infecções intestinais neste grupo resultam também da falta de disposição adequada de dejetos
Doenças associadas à água	Parte necessária do ciclo de vida do agente infeccioso se passa num animal aquático. Algumas são também afetadas pela disposição de dejetos. Não incluímos aqui as infecções que não tenham sido propagadas pelo contato da água ou por sua ingestão
Doenças cujos vetores se relacionam com a água	As doenças são propagadas por insetos que nascem na água ou picam perto dela. O encanamento nas casas faria com que as pessoas se agastassem das áreas onde são picadas, ou permitiria que elas dispensassem o uso de pontes para a armazenagem de água, onde os insetos proliferam. Não são afetadas pela disposição de dejetos
Doenças associadas ao destino de dejetos e muito pouco afetadas pela água mais diretamente	Estas constituem o extremo de um espectro de doenças, na maioria controladas pela limpeza com a água, juntamente com um grupo de infecções do tipo associadas à água, que podem ser transmitidas somente através da ingestão de peixe ou de outros organismos aquáticos crus

Tabela 4 – Relação de áreas de perigo de alagamento e inundação na RMF. (CEDEC, 2001)

N.º	Bairro	Região	*Nº de Família	Perigo	Observações
01	Jardim Iracema (Riacho Doce)	I	39	Alagamento	Embora exista um canal nas proximidades, não há como solucionar o problema de intensos alagamentos, pois o mesmo durante o período invernoso transborda
02	Bairro Ellery (Açude João Lopes)	I	50	Alagamento e Inundação	Famílias ocupam áreas às margens do Açude João Lopes e ao longo do canal
03	Praia do Futuro (Favela do Côco)	II	15	Alagamento	Terreno com desnível, dificultando no período invernoso, escoamento das águas gerando conseqüências graves às famílias
04	Mucuripe (Favela Maceió)	II	25	Inundação	Famílias ocupando às margens do Riacho Macció, exposta à inundações
05	Serviluz	II	19	Alagamento	Com a incidência de chuvas, as ruas ficara alagadas
06	Antônio Bezerra (Favela da Muriçoca)	III	55	Alagamento e Inundação	Trasbordamento do canal
07	Antônio Bezerra (Favela do Cal e Bubu)	III	41	Inundação	Famílias ocupam as proximidades da margem do Rio Maranguapinho
08	Antônio Bezerra (Favela Unidos Venceremos)	III	153	Alagamento	A existência de um muro dificulta o escoamento necessário das águas
09	Genibaú (Favela do Capim)	III	239	Inundação	Dada a proximidade com o riacho Maranguapinho, as famílias ficam expostas a inundações
10	Autran Nunes (Tupinambá da Frota)	III	303	Alagamento	Famílias ocupam às margens da Lagoa do Rio Maranguapinho
11	Caucaia/São Miguel	III	232	Inundação	Observa-se um acréscimo considerável de famílias ocupando às margens do Riacho Maranguapinho, numa área de preservação ambiental
12	Quintino Cunha (Ilha Dourada)	III	14	Inundação	As famílias ocupam a área urbanizada e de preservação ambiental do rio Ceará
13	Km 10 (Associação José de Andrade)	III	161	Inundação e Alagamento	Inundação das casas localizadas às margens do Rio Maranguapinho
14	Antônio Bezerra (Favela do Sossego)	III	35	Alagamento	Alagamento provocado pelo transbordamento do riacho que passa dentro da favela
15	Caucaia - FRIFORT (Ocupação Zizi Gavião)	III	67	Alagamento	Alagamento por conta do transbordamento do Rio Maranguapinho
16	Caucaia - FRIFORT (Ocupação Paz e Moradia)	III	83	Alagamento	Alagamento por conta do transbordamento do Rio Maranguapinho
17	Caucaia (Parque das Nações)	III	85	Inundação e Alagamento	Famílias ocupam área próximo ao Rio Maranguapinho
18	Pan Americano (Favela do Papoco)	IV	116	Alagamento	Alagamentos em razão de barramento das águas, ocasionado por construção de habitações que não permitem escoamento normal
19	Itaperi (Baixada)	IV	20	Inundação	Famílias ocupam a baixada que recebe águas da sangria do Açude Osmani
20	Vila União (Lagoa do Opaia)	IV	122	Inundação	Margens da lagoa, consideravelmente ocupada
21	Dias Macedo Parque Sidrião Fazenda Uirapuru	IV	95	Inundação	Famílias habitam a bacia hidrográfica do Açude Uirapuru
22	Aerolândia (Favela Maravilha)	IV	115	Inundação	Famílias habitam às margens do riacho Tauape
23	Serrinha (Comunidade do Riacho da Rosinha)	IV	62	Alagamento	Famílias que residem nas proximidades do riacho, sofrerão fortes alagamentos no período invernoso, porque o mesmo está assoreado sem condições de escoamento normal das águas
24	Autran Nunes (Favela do Canil	V	159	Inundação	Famílias habitam às proximidades da margem do Rio Siqueira
25	Genibaú II	V	42	Alagamento	Famílias ocupam áreas nas proximidades do Rio Siqueira
26	Genibaú IV	V	38	Inundação	Alto índice de famílias ocupando às margens do Rio Siqueira
27	Autran Nunes (Alto do Bode)	V	315	Inundação	Observa-se um alto índice de habitações às margens do Rio Maranguapinho
28	Granja Portugal (Santa Clara)	V	72	Inundação	Famílias residindo próximo às margens do Rio Maranguapinho

Tabela 4 – continuação

N.º	Bairro	Região	*Nº de Família	Perigo	Observações
29	Granja Portugal (Cachoeira Dourada)	V	95	Inundação	Famílias habitam às margens do Rio Maranguapinho
30	Granja Portugal (Lumes)	V	164	Inundação	Observa-se a ocupação de famílias na margem esquerda do Rio Siqueira
31	Granja Portugal (Novo Mundo)	V	24	Alagamento	Famílias habitam áreas próximo a uma Lagoa
32	Parque Jerusalém I e II	V	72	Inundação	Área de urbanização não concluída, proporcionou a ocupação indevida de habitações indo até as margens do Rio Siqueira
33	Edson Queiroz (Dendê)	VI	240	Inundação	Famílias habitam a área do mangue próximo ao Rio Cocó
34	Jardim das Oliveiras (Vila Cazumba)	VI	158	Inundação	Famílias ocupam margens da Lagoa
35	Jardim das Oliveiras (Lagoa da Zeza)	VI	510	Inundação	É crescente o número de famílias que habitam as margens da Lagoa
36	Jardim das Oliveiras (Lagoa do Tijolo)	VI	299	Inundação	Margens da Lagoa totalmente habitada
37	Jardim das Oliveiras (Gato Morto)	VI	340	Inundação	Famílias habitam as margens do Rio Cocó
38	Castelão	VI	360	Inundação	Observa-se a existência de famílias ocupando as margens do Rio Cocó
39	Castelão(Favela do Cal)	VI	368	Inundação	Área próximo as margens do Rio Cocó, com um elevado número de famílias
40	Castelão(Santa Maria Gorete)	VI	220	Alagamento	Área habitada, encontra-se em um desnível da Av. Paulino Rocha
41	Jangurussu (Nova Ocupação)	VI	360	Inundação	Famílias habitam às margens de um afluente do Rio Cocó
42	Parque Santa Maria (Conjunto Vitória)	VI	11	Alagamento	Perigo existente por falta de escoamento das águas, em razão de construções desordenadas
TOTAL			**5.993**		

(*) Nº de Famílias Vulneráveis aos Perigos da Quadra Invernosa
Fonte: CEDEC (2001)

Tabela 5 - Composição Proposta da Comissão Mista do Órgão Gestor

Recursos Hídricos e Meteorologia	Saúde	Ação Social	Educação	Suporte	Sociedade	Meio Ambiemte	Saneamento	Justiça
SRH COGERH SOHIDRA FUNCEME Comitê de Bacias	Secretarias de Saúde (Estadual e Municipal)	Defesa Civil	Secretarias de Educação (Estadual e Municipal)	Bombeiros, DERT, COELCE	Assembléia Legislativa Câmaras Municipais Universidades Associações Técnicas Associações Comunitárias	Secretaria de Meio Ambiente	CAGECE	Ministério Público

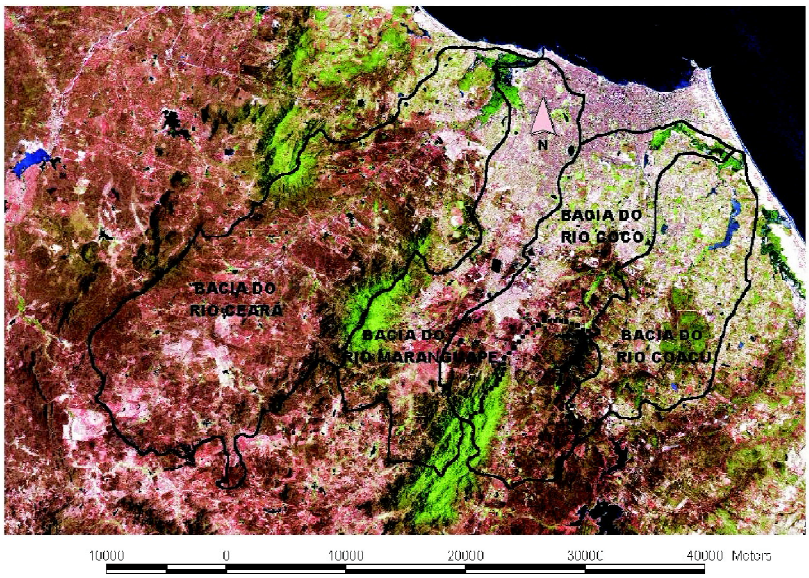


Figura 1 – Imagem de satélite da RMF com a delimitação das principais bacias hidrográficas.

Chove até 150 mm na Região Metropolitana

A Região Metropolitana de Fortaleza sofreu ontem com as chuvas, que variaram de 103,2 mm (Maranguape) a 150 mm (Pacajus). As águas inundaram casas no Eusébio, pararam a linha de trem em Maracanaú , provocaram deslizamentos na Serra de Maranguape, além do decreto de estado de calamidade pública por trinta dias em Caucaia. A falta de infra-estrutura para épocas de chuva provocou transtornos graves para a população, inclusive a morte de uma adolescente de apenas 15 anos no Parque São Miguel. Hoje, a Cáritas Arquidiocesana e Igreja Universal do Reino de Deus estão angariando doações de alimentos aos desabrigados. A Igreja Católica está recebendo doações nas paróquias e na Rua Rufino de Alencar, 80, ou pelo telefone 231.8826. A Universal, na Catedral da Fé, localizada à Rua 24 de Maio, 670 e demais templos.

Com as últimas chuvas caídas nas cabeceiras dos açudes que abastecem Fortaleza e região metropolitana de Fortaleza, é afastada qualquer ameaça de racionamento de água durante o ano de 2001. "E se continuar chovendo até julho, já está garantido também o abastecimento para o ano 2002", a afirmação é do diretor de operações da Companhias de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (Cogerh), Rogério Menescal.

O diretor da Cogerh esclarece que a sangria do açude Gavião não tem nenhuma relação com o fato dos rios de Fortaleza terem transbordados com a última chuva, causando inundações das áreas ribeirinhas em vários pontos de Fortaleza. "O açude Gavião funciona como uma espécie de caixa d'água, pois nela está localizado a Estação de Tratamento de Água (ETA), portanto, ele deve sempre está com um grande volume de água, recebendo o líquido dos açudes Pacoti e Riachão. Portanto não é de se espantar que ele tenha sangrado", explica Menescal.

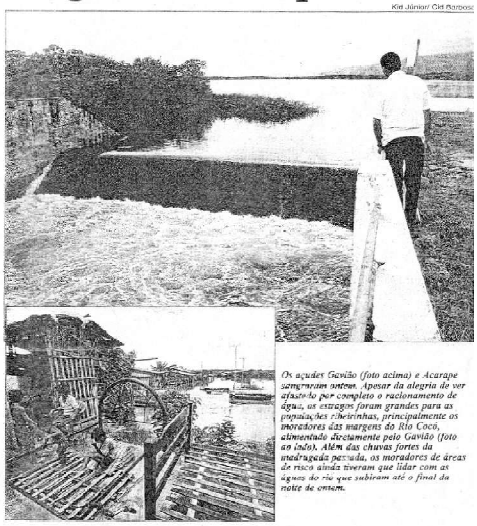
Os outros açudes que abastecem Fortaleza estão apresentando, segundo a Cogerh, uma boa percentagem em seu abastecimento. O Riachão está atualmente com 18 milhões de metros cúbicos, o que representa, 39% da sua capacidade total que é de 47 milhões. E o açude Pacoti, com 36,2%, ou seja 134 milhões de metros cúbicos de sua capacidade total que é de 380 milhões.

Desde o ano de 1993, Fortaleza passou a contar também em seu abastecimento com o açude Pacajus. Este está recarregado em 63% de sua capacidade total, apresentando um volume hídrico de 240 milhões de metros cúbicos.

Outra açude que também está sangrando é o Acarape, apresentando o seu volume total de 31,5 milhões de metros cúbicos. Este açude abastece os municípios de Maranguape, Pacatuba, Guaiúba, Distrito Industrial de Maracanaú.

"Quanto maior o valor de água acumulada, maior tempo poderemos contar para garantir o suprimento hídrico de Fortaleza e região Metropolitana", ressaltou o diretor de operações.

Kid Júnior/ Cid Barbosa



Os açudes Gavião (foto acima) e Acarape sangraram ontem. Apesar da alegria de ver afastado por completo o racionamento de água, os estragos foram grandes para as populações ribeirinhas, principalmente os moradores às margens do Rio Coco, alimentado diretamente pelo Gavião (foto ao lado). Além das chuvas fortes da madrugada passada, os moradores de áreas de risco ainda tiveram que lidar com as águas do rio que subiram até o final da noite de ontem.

Figura 2 – Reportagem sobre chuva intensa na RMF, registrada em 10/04/2001, e seus impactos. (O Povo, 2001)

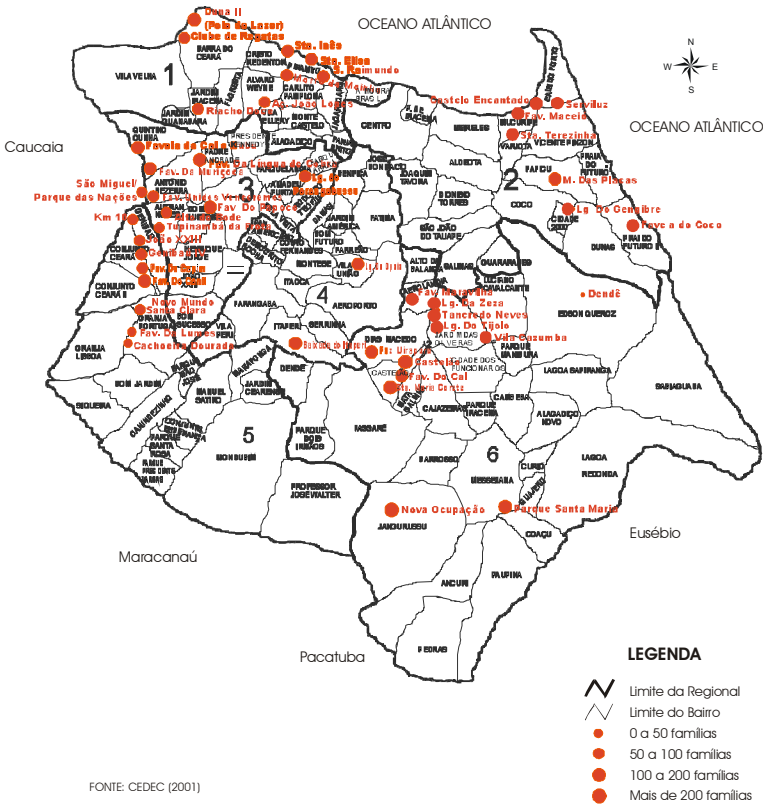


Figura 3 – Principais áreas de perigo de cidade de Fortaleza

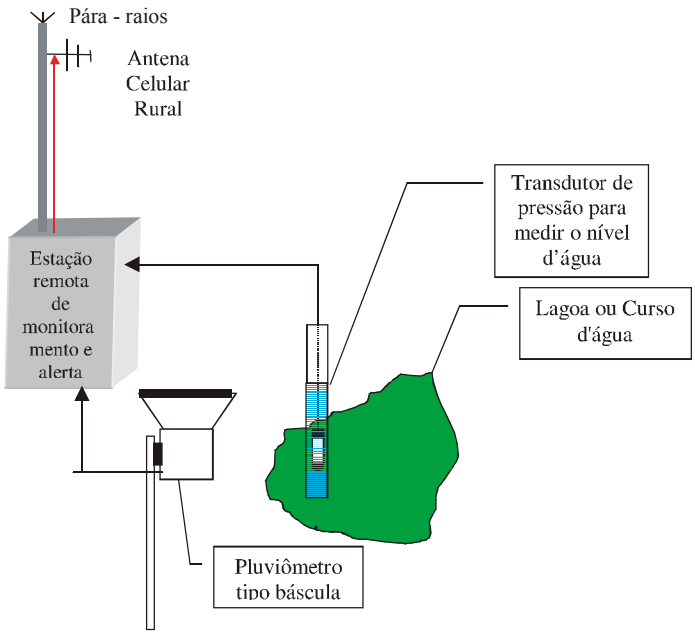


Figura 4 - Esquema de equipamento para alarme contra cheia

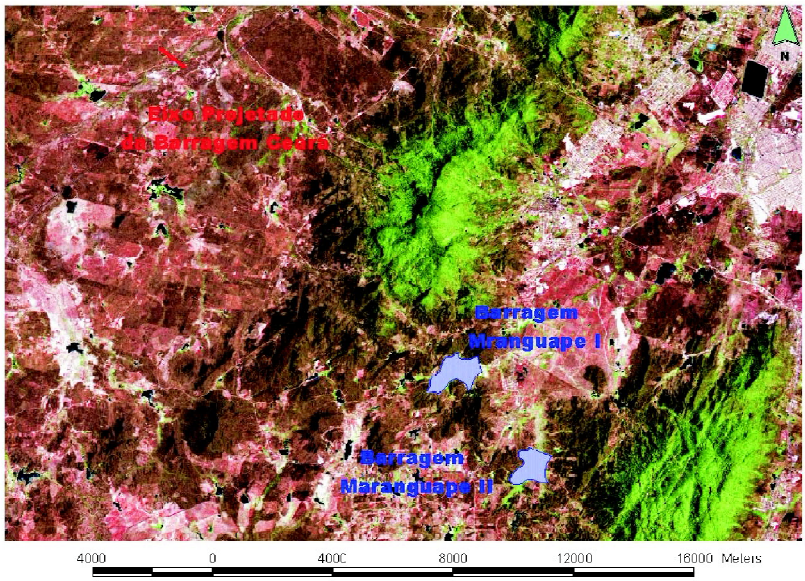


Figura 5 – Eixo projetado das Barragens Ceará, Maranguape I e Maranguape II

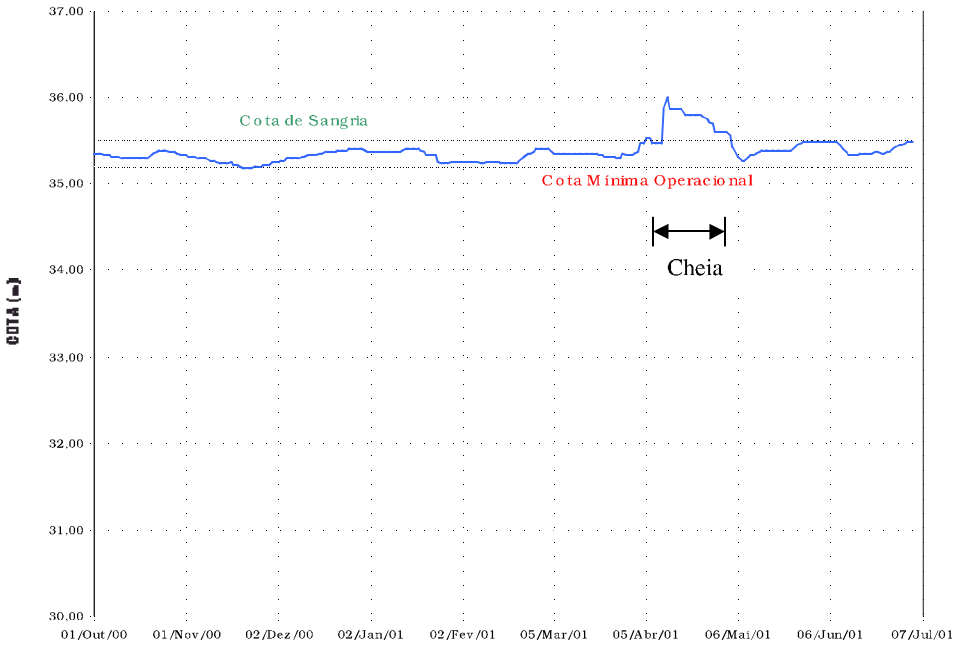


Figura 6 – Variação do nível d'água no Açude Gavião

1998 - Artigo apresentado no 4º. Simpósio de Recursos Hídricos no Nordeste, Campina Grande – PB.

AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE ACUMULAÇÃO DE RESERVATÓRIOS POR BATIMETRIA DIGITAL

Rogério de A. Menescal[1]

Manuel P. da Costa[2]

Resumo - Este trabalho apresenta a metodologia utilizada no processo de avaliação da capacidade de reservatórios por batimetria digital aplicada para estudos em açudes integrantes do Sistema de Abastecimento de Água Bruta da Região Metropolitana de Fortaleza. Inicialmente descreve-se a metodologia indicando a forma de coleta, análise e tratamento dos dados. A relação dos equipamentos e dispositivos utilizados é apresentada. Finalmente, os resultados obtidos indicam um erro aceitável entre o levantamento com a batimetria digital e o convencional com trena.

Abstract – This paper presents the procedure used to evaluate the reservoir capacity by digital underwater survey applied to dams of the Fortaleza bulk water supply system. At first the methodology is described including the way of data acquisition, analysis and treatment. The relation of equipment and devices are presented. Finally, the results obtained indicate an acceptable err between the digital and traditional underwater survey.

INTRODUÇÃO

Este trabalho apresenta a metodologia utilizada no processo de avaliação da capacidade de reservatórios por batimetria digital aplicada para estudos em açudes integrantes do Sistema de Abastecimento de Água Bruta da Região Metropolitana de Fortaleza. Os resultados encontram-se apresentados em Menescal & Costa (1998).

METODOLOGIA

Para a avaliação da capacidade atual dos açudes foi utilizado um Sistema de Batimetria Digital (Costa et alli, 1997) desenvolvido pela empresa TSN-Techno

[1] Gerente do Departamento de Eletromecânica da Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará - COGERH.

[2] Consultor da COGERH

Solution Network composto de dois subsistemas (COGERH, 1998):

- Subsistema Fixo
- Subsistema móvel

Para o Subsistema Fixo utilizou-se o esquema apresentado na Figura 1, composto de um GPS e um computador portátil para armazenamento de dados de Latitude, Longitude e Tempo gerados pelo GPS. Este subsistema foi instalado em um local estratégico para assegurar uma recepção satisfatória dos satélites que compõem o sistema GPS. O objetivo destes dados coletados é o de reduzir os erros cometidos pelo GPS do subsistema Móvel, utilizando-se para tal um software de pós processamento baseado na técnica de DGPS, fazendo com que os erros do GPS móvel passem de $\pm$ 100 metros para valores abaixo de $\pm$ 7,5 metros.

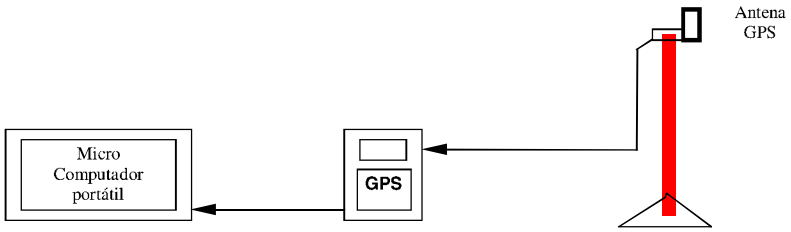


Figura 1 – Subsistema Fixo

Para o Subsistema Móvel, utilizou-se o esquema da Figura 2, composto de ecobatímetro, GPS e computador portátil, para registro de dados de posição geográfica gerados pelo GPS e de profundidade gerados pelo ecobatímetro. Associando-se à informação de tempo ambas as informações têm-se os dados de profundidade georeferenciados. O Subsistema móvel tem a navegação a partir do piloto automático, com a função de manobrar a embarcação na rota preestabelecida.

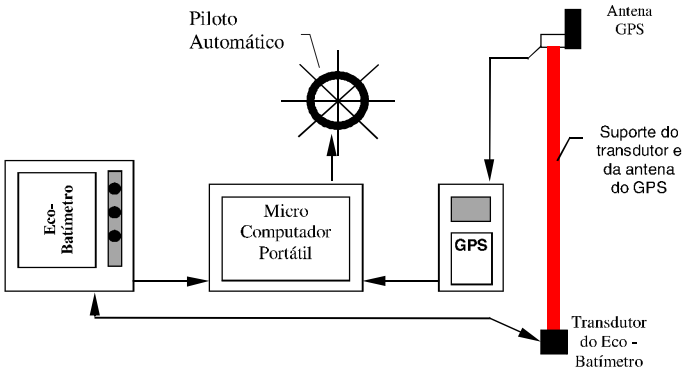


Figura 2 – Subsistema Móvel

Análise dos Dados

O ponto de partida é o conjunto de dados coletados com as profundidades do açude devidamente localizados em coordenadas geográficas.

Estes dados brutos foram analisados visualmente, utilizando-se tanto as tabelas das profundidades como as suas representações gráficas. Tal procedimento teve o objetivo de detectar erros espúrios resultantes de ecos secundários e de outros tipos de incidentes durante a campanha de medição.

As profundidades foram convertidas em cotas tomando como referência o nível da água no dia do levantamento batimétrico. Assim, para cada profundidade medida, foi empregada a relação:

$$\text{cota}_i = \text{cota}_{NA} - h_i \quad (1)$$

Onde i varia de um até o número total de pontos medidos, cota_{NA} é a cota do nível d'água e h é a profundidade. As coordenadas geográficas foram convertidas em coordenadas UTM utilizando as fórmulas elipsoidais codificadas em um programa de computador (Pinheiro; 1996b).

Interpolação

A partir dos dados processados procedeu-se a interpolação espacial das cotas obtidas anteriormente, de forma que fosse obtida uma grade regular com espaçamento dx e dy aproximadamente iguais a 15m. O processo de interpolação utilizado foi a triangulação de Delauney com variação linear entre os vértices dos triângulos.

Sobre a grade regular foram desenhadas as curvas de nível a cada metro desde a cota do fundo do açude ate o nível d'água no dia do levantamento.

Cálculo do volume e área

O volume do açude foi calculado pela resolução numérica da integral integrada do tipo:

$$V = \int_A \int_{z_1 = f_1(x,y)}^{z_2 = f_2(x,y)} dz\,dy\,dx \quad (2)$$

Os limites de integração em relação à variável *z* (cota) indicam que, para cada (*x, y*) na região *A*, *z* pode variar da superfície inferior $z_1 = f_1(x, y)$ até a superfície

superior $z_2=f_2(x, y)$. No caso específico de um açude, a região A é a área abaixo de uma determinada cota, a superfície z_1 corresponde ao fundo do açude e a superfície z_2 corresponde ao plano que passa pela cota do nível da água considerado. Portanto, a curva cota x área x volume foi obtida a partir do cálculo desta integral em cada cota de interesse. Foram utilizados os Métodos de Simpson e a Regra do Trapézio para a avaliação dos volumes, sendo que as diferenças de volumes obtidas por cada um dos métodos não superou 0,5%, servindo como um indicador indireto da qualidade do processo de interpolação.

A área do espelho d'água referente a cada cota foi obtida utilizando-se o arquivo com dados interpolados de latitude, longitude e cota. O valor da área correspondente à cota considerada foi calculado integrando os elementos de área dA=dx.dy.

EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

Para a execução do levantamento batimétrico digital foram utilizados os seguintes equipamentos e software:

- uma sonda batimétrica modelo Furuno FCV - 667
- dois GPS
- um nível ótico marca Wild
- dois Notebook
- dois microcomputadores Pentium
- uma impressora jato de tinta modelo HP-850-C
- duas baterias
- um carregador de bateria
- uma fonte reguladora de tensão 220 VCA – 12 VCC
- dois automóveis
- um piloto automático (para navegação de um dos barcos)
- duas embarcações (uma para coleta de dados e a outra para apoio).
- software para aquisição dos dados do GPS (Pinheiro, 1996a)
- software para correção dos dados GPS (Pinheiro, 1996b)
- software para plotagem dos dados de batimetria e de qualidade de água.

RESULTADOS

Além das calibrações rotineiras para verificação do erro entre a batimetria digital e a convencional (com trena), para o caso do Açude Gavião, devido à grande

diferença entre os valores de área e volume obtidos com a batimetria e os valores de projeto, foram inseridos pontos de confirmação dos valores de profundidades. A Figura 3 mostra o resultado desta verificação, onde o valor médio do erro entre as medidas foi de 3cm, considerado aceitável para este tipo de levantamento.

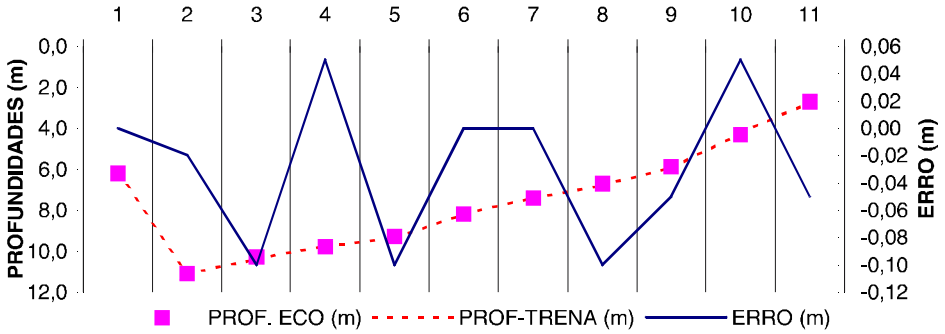


Figura 3 –Verificação entre batimetria convencional e digital.

Os resultados da aplicação deste Sistema de Batimetria Digital para os açudes que compõem o Sistema de Abastecimento de Água bruta da Região Metropolitana de Fortaleza, encontram-se apresentados em Menescal & Costa (1998).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COGERH, 1998. Diagnóstico e Projeto de Recuperação da Infra-estrutura de Água Bruta de Região Metropolitana de Fortaleza, Fase A - Diagnóstico, Volume III – Levantamentos Batimétricos, ENGESOFT/TSN, 45p.

COSTA, M.P.; ZARANZA, A.R.; OSVAN, F. & PINHEIRO, F.G.; 1997. Relatório Preliminar de Estudos Batimétricos da Foz do Rio Mundaú, TSN.

MENESCAL, R.A. & COSTA, M.P.; 1998. Levantamentos batimétricos em reservatórios da Região Metropolitana de Fortaleza. 4º Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, Campina Grande-PB.

PINHEIRO, F.G., 1996a. Sistema de Interface e Aquisição de Dados Batimétricos, TSN.

PINHEIRO, F.G., 1996b. TSNCOR – Sistema para Correção de Coordenadas DGPS, TSN.

2004 - Artigo em publicação na Revista da ABRH – Especial Semi-Árido

GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS E A GARANTIA DO ABASTECIMENTO HUMANO DE GRANDES AGLOMERADOS URBANOS NO SEMI-ÁRIDO – O CASO DE FORTALEZA

Rogério A. Menescal[1]

Francisco L. Viana[2]

Nelson N. Figueiredo[3]

Joaquim G. C. Gondim Filho[4]

RESUMO

Este trabalho relata a experiência vivenciada pela COGERH no período de seca ocorrido entre os anos de 1997 e 1999, em que uma série de intervenções de Gestão de Recursos Hídricos foram planejadas e implementadas para garantir o suprimento de água bruta para a Região Metropolitana de Fortaleza a partir da operação do sistema de reservatórios existente.

Palavras-chave: gestão de recursos hídricos, operação de reservatórios.

INTRODUÇÃO

"As moradias estão desertas, os lugares onde paramos e acampamos, em Mina; Ghawl e Rijan acham-se ambos abandonados. As inundações de Rayyan, os leitos dos rios mostram-se nus e lisos, como a escrita preservada em pedra. O esterco enegrecido jaz imperturbado desde que partiram os que lá estiveram: longos anos se passaram sobre ele, anos de meses santos e comuns. Nascentes que as estrelas fizeram brotar os alimentaram, e foram nutridos pelas águas das tempestades: pesados aguaceiros e chuvas leves, as nuvens da noite, as que cobrem o céu matinal, e as nuvens do entardecer cujas vozes se respondem umas às outras." (Trecho de uma "qasida", poema árabe, de Jair al-Tabari, apud Hourani, 1994)O texto acima citado, apesar de referir-se a uma outra região, bem poderia ter sido escrito para

[1] Diretor de Operações e Monitoramento da COGERH – Companhia de Gestão dos Recursos Hídrico

[2] Diretor Presidente da COGERH – CE

[3] Engenheiro da COGERH – CE

[4] Superintendente de Eventos Críticos da ANA – Agência Nacional de Águas

descrever a condição de vida no semi-árido nordestino.O regime hidrológico dos rios intermitentes é bastante crítico, pois depende de um regime pluviométrico irregular, tanto em nível mensal quanto anual, da natureza geológica das rochas, na maioria, cristalinas, e de um clima megatérmico de alto poder evaporante.A integração dos fatores acima é diretamente responsável pelas características extremadas do escoamento, ora se evidenciando cheias de grandes proporções contrapondo-se a períodos de demorada escassez, resultando na inadequabilidade do balanço tradicional dos recursos hídricos entre a oferta e a demanda na região semi-árida Nordestina.Além do mais, as disponibilidades hídricas se concentram nas margens dos açudes e dos rios perenes ou perenizados, fazendo com que as áreas mais afastadas das infra-estruturas hídricas, que representam a grande maioria da Região, não tenham acesso à água, não se tendo, por isso, uma avaliação confiável do conflito "oferta x demanda" nessas áreas.A sustentabilidade dos recursos hídricos do semi-árido Nordestino passa pela adoção de uma política para esses recursos que estabeleça níveis crescentes de proteção contra os efeitos das secas.

Os grandes açudes de regularização plurianual, projetados para enfrentar vários anos consecutivos de seca, garantem, até certo ponto, a proteção para as secas excepcionais.

Estes açudes são destinados para fins múltiplos (abastecimento de cidades, irrigação em larga escala, controle de cheias, recreação, turismo, entre outros usos). Esses açudes normalmente estão associados ao desenvolvimento global da bacia onde se situam. Exercem assim, um papel preponderante no balanço oferta x demanda dos recursos hídricos de uma bacia.

Os açudes constituem equipamentos de transformação e de adaptação das potencialidades naturais às demandas. O número de reservatórios de uma região depende, portanto, da carência e da variabilidade, no tempo e no espaço, dos recursos hídricos. Daí o semi-árido Nordestino constituir-se na região com maior densidade de açudes no País.

Somente no Ceará, o número estimado de açudes, de todos os tamanhos e tipos, é de ordem de 30.000 (Menescal et allii, 2001a). Entretanto, somente a construção de açudes não resolve o problema da escassez, para isso faz-se necessário implantar e implementar uma séria de ações de gestão dos recursos hídricos que abrangem desde aspectos de planejamento e instrumentação legal, até a operação e segurança dos sistemas.

Este trabalho relata a experiência vivenciada pela Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos-COGERH no período de seca ocorrido entre os anos de 1997 e 1999, em que uma série de intervenções de Gestão de Recursos Hídricos foram

planejadas e implementadas para garantir o suprimento de água bruta para a Região Metropolitana de Fortaleza a partir da operação do sistema de açudes existente.

DESCRIÇÃO DO SISTEMA

A Região Metropolitana de Fortaleza (RMF) encontra-se em uma região hidrográfica denominada Bacias Metropolitanas, composta de 14 bacias hidrográficas independentes, das quais apenas as bacias dos rios Pirangi, Choró, Pacoti, São Gonçalo e os sistemas Ceará/Maranguape e Cocó/Coaçu são hidrologicamente representativas, estando as demais restritas à região costeira (Figura 1). A Tabela 1 apresenta a relação dos municípios que integram a RMF com suas respectivas populações.

O Sistema de Abastecimento de Água Bruta da Região Metropolitana de Fortaleza (SAABRMF), representado esquematicamente em planta e perfil nas Figuras 2 e 3, inicia-se no açude Orós com capacidade para armazenar $1{,}94 \times 10^9$ m³ e regularizar uma vazão de 20,4 m³/s com 90% de garantia. As águas do Orós são liberadas para o Rio Jaguaribe, onde percorrem 280 km até serem captadas por um barramento de derivação existente próximo à cidade de Itaiçaba. Neste local foi construída uma estação de bombeamento (EB Itaiçaba), com capacidade para 6 m³/s. A água é bombeada para o Canal do Trabalhador, com extensão de 110 km e composto por trechos em canais e sifões invertidos, para transpor vales, até atingir o açude Pacajús, com capacidade para acumular 240×10^6 m³ (cota 38 m) e regularizar 2,1 m³/s com 90% de garantia.

O açude Pacajús serve como reservatório de acumulação. Sua cota mínima operacional é a 31 m, para a transferência por gravidade para a EB-1, e 28 m, para a transferência por bombeamento através da EB-0. O aporte no primeiro semestre é proveniente da afluência gerada pelas chuvas na sua bacia hidrográfica e por transferência do sistema Jaguaribe, através do Canal do Trabalhador. No segundo semestre o aporte deve-se exclusivamente a transferências do Canal do Trabalhador. A vazão transferida é objeto de negociação com o Comitê do Jaguaribe e dos usuários ao longo do canal, bem como estudos de custo com energia para otimização das despesas. Esta vazão média considera eventuais paradas para manutenção no canal.

No açude Pacajús encontra-se uma estação de bombeamento (EB-1 Pacajús), com capacidade para bombear 5,1 m³/s para um pequeno reservatório, chamado açude Ererê. Nos anos em que o nível do Pacajús atinge cota inferior a 30 m, faz-se necessário operar um sistema de bombeamento auxiliar (EB-0) para garantir a operacionalidade da EB-1.

O açude Ererê acumula $2,5x10^6$ m³ (cota 42 m) e serve como barragem de derivação para manter, através do Canal do Ererê com 4 km de extensão, o nível mínimo operacional da EB-2. As demandas neste açude podem ser desprezadas sendo considerado como um reservatório de passagem. Só para se ter uma idéia o volume bombeado pela EB 1 é da ordem de $13x10^6$ m³/mês, o que equivale a 5 vezes o seu volume máximo acumulado.

No final do canal do Ererê encontra-se a estação de bombeamento EB-2 Pacajús, que possui, também, uma capacidade para bombear 5,1 m³/s. As águas bombeadas pela EB-2 Pacajús são lançadas no Canal Ererê-Pacoti, com 8 km de extensão, indo alimentar o açude Pacoti com capacidade para acumular $380x10^6$ m³ (cota 45 m) e regularizar uma vazão de 2,9 m³/s com 90 % de garantia.

O Açude Pacoti serve como principal reservatório de acumulação. Sua cota mínima operacional corresponde à cota 35 m, para a transferência por gravidade para o Riachão, e 30 m, para a transferência por bombeamento através da EB-Pacoti auxiliar. O aporte no primeiro semestre é proveniente da afluência gerada pelas chuvas na sua bacia hidrográfica e por transferência do açude Pacajús, através dos canais Ererê e Ererê-Pacoti. No segundo semestre o aporte deve-se exclusivamente a transferências do Açude Pacajús.

No açude Pacoti existe uma estação de tratamento de água (ETA Pacoti) que abastece as cidades de Horizonte, Pacajús e Chorozinho. As águas do açude Pacoti, nos anos de boa acumulação de água no Sistema, são transferidas por gravidade para o açude Riachão, com capacidade para acumular $47x10^6$ m³ (cota 45 m) e regularizar uma vazão de 0,7 m³/s com 90% de garantia, através de um canal de ligação chamado Canal Pacoti/Riachão.

Para uma vazão aproximada de 8m³/s as transferências através do canal ocorrem gravitariamente até a cota mínima, a montante, de 35 m, nos anos em que o açude Pacoti está com um volume abaixo de $86x10^6$ m³ (cota 35 m), que corresponde a 22,7% de sua capacidade, a transferência de água entre estes dois açudes é realizada utilizando um sistema auxiliar de bombeamento denominado EB Pacoti auxiliar, com capacidade para 10 m³/s.

O Açude Riachão serve como reservatório de derivação, sendo mantido acima da cota 35,5 m para permitir a transferência das vazões necessárias para manter a cota mínima operacional do açude Gavião. A cota mínima já operada pela COGERH foi de 34,24 m (em 29/10/98) ocasionando grandes reduções no nível do Açude Gavião, devido à redução da capacidade de transporte do túnel/canal Riachão-Gavião.

O aporte no primeiro semestre é proveniente da afluência gerada pelas chuvas na sua bacia hidrográfica e por transferência do açude Pacoti, através do canal de interligação. No segundo semestre o aporte deve-se exclusivamente a transferências do Açude Pacoti.

Do açude Riachão a água é transferida para o açude Gavião, com capacidade para acumular $29{,}5 \times 10^6$ m³ (cota 35,5 m), através de um túnel/canal. O Açude Gavião serve como reservatório de derivação sendo mantido artificialmente acima da cota 35 m para permitir a vazão demandada pela CAGECE – Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará, na ETA Gavião. Esta medida, além da perda considerável de capacidade de regularização, implica em intervenções sistemáticas nas comportas da torre de tomada d'água do túnel Riachão–Gavião. Abaixo dessa cota, faz-se necessário implantar um sistema de bombeamento auxiliar. No período de chuvas (janeiro a junho) seria conveniente manter este reservatório na cota 34 m, com um volume de espera em torno de $8{,}3 \times 10^6$ m³, para amortecimento de cheias e evitar perdas por sangria na eventualidade de uma afluência de maior intensidade. (Menescal et allii, 2001b).

Só para exemplificar, a economia de um mês de água no Gavião equivale a R$ 300.000,00, somente em custos com bombeamento, deste mesmo volume ao longo de todo o SAABRMF.

O aporte no primeiro semestre do ano é proveniente da afluência gerada pelas chuvas na sua bacia hidrográfica e por transferência do açude Riachão, através do canal/túnel de interligação, quando esta afluência não é suficiente para mantê-lo na cota desejada. No segundo semestre o aporte deve-se exclusivamente a transferências do Açude Riachão.

Junto ao açude Gavião está implantada a estação de Tratamento de Água do Gavião (ETA Gavião), responsável pelo abastecimento das cidades de Fortaleza, Maracanaú e Caucaia. Em anos de crise como em 1999 e 2000, foi instalada uma EB auxiliar no Gavião para permitir o rebaixamento do nível sem comprometer a vazão na ETA Gavião. A captação captada para esta ETA é feita na tomada de água do açude Gavião. No açude Gavião existe também uma estação de bombeamento (EB Gavião) para abastecer com água bruta o Distrito Industrial de Maracanaú e as Cidades de Maranguape, Pacatuba e Guaiuba, através da inversão do fluxo na Adutora do Acarape, quando o açude Acarape do Meio está seco ou com turbidez elevada. A tabela a seguir destaca as principais demandas no SAABRMF.

IDENTIFICAÇÃO	VAZÃO MÉDIA (m^3/s)	LOCAL
ETA Gavião	7,0	Aç. Gavião
EB Gavião (Ad. Acarape)	0,4	Aç. Gavião
ETA Itaitinga	0,1	Aç Riachão
ETA Pacoti (Horizonte, Pacajús e Chorozinho)	0,15	Aç. Pacoti
Indústria Antártica	0,1	Aç Pacoti
Indústria Bermas	0,05	Aç Pacajús
DI Horizonte/ Pacajús	0,2	Aç Pacajús
Perenização para abastecimento de Cascavel	0,3	Aç Pacajús
Irrigação	0,15	Canal do Trabalhador
Abastecimento Humano	0,05	Canal do Trabalhador
TOTAL	**8,5**	

A vazão equivalente à evaporação no mês de outubro, considerando o sistema com 50% de acumulação, é da ordem de 10 m^3/s. Desconsiderando a evaporação, o principal usuário do Sistema é a ETA-Gavião.

O abastecimento do Distrito Industrial de Maracanaú e das cidades de Maranguape, Pacatuba e Guaiuba, da ordem de 0,40 m^3/s, é feito com águas provenientes do açude Acarape do Meio, entretanto nos anos em que este açude encontra-se seco ou com elevada turbidez, a adutora passa a receber água do Gavião através da EB-Gavião.

Para que o açude Gavião possa ser mantido cheio o ano todo, o açude Pacoti/ Riachão tem que liberar adicionalmente uma vazão de 0,4 m^3/s para compensar a perda com a evaporação no lago do açude Gavião.

Como se percebe, o Sistema Metropolitano atualmente só regulariza 5,7 m^3/s, enquanto o consumo atual é de 8,5 m^3/s. O déficit tem que ser coberto com a importação de água do rio Jaguaribe pelo Canal do trabalhador.

A Figura 4 apresenta um esquema de aportes e de demandas nos principais mananciais do sistema de abastecimento de água bruta da RMF, no caso o balanço hídrico apresentado corresponde ao mês de outubro de 1999, a título de exemplificação.

GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

No Estado do Ceará a variabilidade das chuvas/aportes em níveis intra e inter anual e espacial é um aspecto que não pode deixar de ser considerado. A Figura 5 apresenta a variação mensal do volume armazenado nos açudes do SAABRMF, no período de 1994 a 2001.

Assim, a operação dos grandes reservatórios da região semi-árida Nordestina deve ser extremamente cuidadosa, pois pelas suas características de acumulação apresentam uma extrema memória da operação passada; isto é, as vazões liberadas num determinado período impactam na capacidade de liberação de vazões futuras por um longo tempo (normalmente 2 a 5 anos).

Assim, quando se incorporam as previsões climáticas no planejamento da operação de açudes, está sendo incorporada uma ferramenta de gerenciamento que vai diminuir as incertezas do aporte de água no período chuvoso.

No caso específico da operação do SAABRMF, devido aos açudes metropolitanos terem enchido nos períodos chuvosos de 1994, 1995 e 1996 (Figura 6), não foi necessária a importação de água da bacia do rio Jaguaribe pelo Canal do Trabalhador assim como a transferência de água do açude Pacajús para o açude Pacoti, ficando todas as estações de bombeamento e os canais desativados neste período.

As principais ações empreendidas pela COGERH após ter assumido a responsabilidade pela operação do SAABRMF, em outubro de 1996, podem ser agrupadas em: planejamento, monitoramento (qualitativo e quantitativo), preservação ambiental, operação, manutenção, organização dos usuários, macromedição, outorga, cobrança e fiscalização. Cada um destes tópicos foi desenvolvido em diversas ações com diferentes graus de detalhamento ao longo do SAABRMF e culminaram com o sucesso da operação no período de crise entre os anos de 1997 e 1999, conforme relatado a seguir.

O sucesso das intervenções efetuadas em 1997, 1998, 1999 e 2000 pode ser mais bem compreendido analisando-se os gráficos das Figuras 6 e 7 e Tabela 2.

A Tabela 3 apresenta a relação das principais ações operacionais desenvolvidas nas estruturas hidráulicas componentes do SAABRMF.

Outra medida importante foi verificar os dados cota x área x volume dos reservatórios, pois os resultados dos balanços hídricos realizados não condiziam com os valores observados no monitoramento. Os resultados desta ação foram surpreendentes. A Figura, 8 obtida de Menescal & Costa (1998), apresenta o resultado do estudo batimétrico do Açude Gavião, onde se pode observar que os resultados obtidos apresentam diferenças significativas quando comparados com os dados de projeto. Considerando os dados da cota 35,5 m o projeto indica um volume de 54×10^6 m³, enquanto que os dados referentes ao levantamento Batimétrico indicam $29,5 \times 10^6$ m³. Os autores concluem que as divergências encontradas entre os volumes de projeto e os obtidos pela batimetria para os açudes Gavião, Pacoti e Riachão devem-se ao fato de que as curvas de nível da bacia hidráulica foram

obtidas por restituição aerofotogramétrica a cada 5 m e isto ocasionou erros consideráveis na avaliação da área, como no caso do Gavião que para a cota 35,5 m a área de projeto é $9{,}2 \times 10^6$ m², enquanto que a encontrada pela batimetria foi $5{,}8 \times 10^6$ m², portanto 63% do previsto em projeto. Não foram encontrados indícios que levem a considerar a hipótese de assoreamento.

Em 1996, a previsão dos institutos de pesquisas meteorológicas era de que no ano de 1997 as chuvas ocorreriam abaixo da média histórica no Estado do Ceará. Com base nesta previsão a COGERH iniciou o trabalho de recuperação e manutenção de todas as estações de bombeamento e dos canais do Sistema Metropolitano que se encontravam desativados desde maio de 1994.

Em 1997, com o SAABRMF com 370×10^6 m³ e o sistema Pacoti-Riachão-Gavião com 180×10^6 m³, foi reiniciada a operação do Canal do Trabalhador e do Canal Ererê-Pacoti. O primeiro, para reforçar o sistema como um todo, e o segundo, uma transferência interna para otimizar a operação do Açude Pacoti, já que este, no ritmo da depleção que apresentava, entraria em colapso ou não teria nível para permitir a transferência para o Riachão ainda no início de 1998. O efeito destas intervenções pode ser visualizado na Figura 6, comparando-se a evolução dos volumes no SAABRMF e no Pacoti com e sem estas transferências.

No ano de 1998 o aporte ao SAABRMF foi praticamente nulo, não dando sequer para atender a demanda no período de chuvas. Com a limitação da transferência da EB-1 e EB-2 e canal Ererê-Pacoti, em 5,1 m³/s, as simulações indicaram que o Pacoti sofreria depleção para níveis inferiores à cota 36 m, o que causaria o corte da ligação por gravidade dos canais e túneis, entre o Pacoti, Riachão e o Gavião. Assim tornou-se necessário instalar uma EB auxiliar que permitisse manter um nível operacional mínimo para garantir transferência do Riachão para o Gavião. Nas Figuras 6 e 7 percebe-se claramente a necessidade desta EB, pois em torno de jun/98, não era mais possível manter o nível do Gavião na cota 35 m e o mesmo começou a sofrer depleção. A CAGECE instalou então uma EB auxiliar somente para garantir a vazão mínima na ETA-Gavião. Em novembro/98 a EB auxiliar no Pacoti, com capacidade para 10 m³/s, entrou em operação e os níveis do Riachão e Gavião foram recuperados artificialmente no período de estiagem em detrimento do volume acumulado no Pacoti.

Ainda em 1998, com o Acarape também em condições críticas, foi construída uma adutora interligando o Gavião com a adutora do Acarape, que, em dez/98, permitiu o suprimento das indústrias e populações (300.000 habitantes) ao longo da adutora, através da inversão do fluxo.

Com os prognósticos pessimistas para 1999, outras intervenções foram

planejadas. Naquela data, com a otimização das transferências internas no SAABRMF, os açudes atingiram os respectivos limites mínimos e a solução passou a exigir o aporte externo.

Planejar e operar o sistema de perenização dos Vales do Jaguaribe e Banabuiú quando seus principais reservatórios Orós e Banabuiú encontravam-se com níveis de recarga abaixo do esperado para iniciar a operação do segundo semestre de 1999 foi um desafio para a Comissão de Usuários, dos Comitês das sub-bacias do Jaguaribe e da COGERH no VI Seminário de Planejamento e Operação das Águas, ocorrido na cidade de Limoeiro, em julho de 1999, com a presença de 18 cooperativas; 23 entidades representativas da sociedade civil (e.g. sindicatos, paróquias, associações, colônias, fundações, conselhos, sociedades, comissões etc.); 24 instituições estaduais, 7 instituições federais; 18 prefeituras e câmaras municipais; 5 ONG´s e 9 empresas e escritórios de assessoria técnica. Os açudes Orós e Banabuiú acumulavam, respectivamente, 47% e 20,2% de suas capacidades totais, representando em volume $911x10^6$ m³ e $364x10^6$ m³ (Figura 9).

Aliada a esta situação existe a diversidade dos usos das águas, que leva a formação de grupos de interesse políticos diferenciados. Destacam-se, entre estes:

- a perenização de 20.000 ha no Vale do Jaguaribe e 6.000 ha no Vale do Banabuiú, que unifica os interesses dos irrigantes,
- o abastecimento humano e animal das 19 cidades dos Vales do Jaguaribe e Banabuiú;
- os pescadores profissionais que tem no açude a sua principal atividade;
- os vazanteiros das bacias hidráulicas dos açudes que vêem as águas dos açudes afastarem-se das suas plantações ocasionando custos de tombamento que encarecem ou inviabilizam suas culturas.

Acrescentou-se a este contexto a situação dos açudes que abastecem a Região Metropolitana de Fortaleza que tiveram recargas muito abaixo do esperado para suprir suas necessidades, o que implicou mais uma vez na necessidade de negociação da ampliação das vazões do Canal do Trabalhador.

Os resultados obtidos no VI Seminário de Planejamento mesmo não atendendo integralmente aos diversos interesses dos usuários dos vales perenizados do Jaguaribe e Banabuiú demonstrou o grau de maturidade da Comissão dos Usuários, dos Comitês de Bacia e dos órgãos gestores das águas. Prevaleceu neste seminário como nos demais o bom senso e a capacidade de argumentação tanto por parte dos usuários bem como dos órgãos gestores das águas. O consenso se estabeleceu por meio da argumentação e do diálogo democrático capaz de gerar entendimentos, que se sobrepôs aos interesses individuais, garantindo o possível para os diversos grupos de interesse COGERH (1999).

Em contrapartida às vazões transferidas do Sistema Jaguaribe, a COGERH tem realizado uma série de ações de Gestão de Recursos Hídricos com recursos oriundos da cobrança pelo uso da água praticada para os setores industrial e de saneamento na RMF.

As ações estruturais no Canal do Trabalhador e a negociação com os usuários do Vale do Jaguaribe foram realizadas com sucesso, o que permitiu ao SAABRMF sustentar por mais um ano as demandas, tendo inclusive a demanda da RMF crescido 10%, enquanto que outras cidades como Campina Grande, Recife e São Paulo (Figura 10) sofriam severo racionamento.

As despesas realizadas pela COGERH, no período de 1997 a 1999 com todas as obras, manutenção e operação do SAABRMF incluindo os mananciais, canais, adutoras e EB's foram da ordem de R$ 20 milhões.

Em 2000, finalmente, após 3 anos consecutivos de baixas recargas nos mananciais do SAABRMF, as chuvas contribuíram e a acumulação recuperou os níveis de ago/1997.

Com o novo aporte ocorrido em 2001 o SAABRMF encontra-se em uma situação mais tranqüila em termos de acumulação e por estar com toda a infra-estrutura pronta para entrar em operação sem necessitar de grandes intervenções. Cabe aqui salientar a situação crítica em que se encontram os vales do Jaguaribe e Banabuiú, estando os consumos racionados a 50% e a vazão liberada pelo Orós não é suficiente para atender todos os usos no vale, e por isso, a transferência pelo Canal do Trabalhador encontra-se em níveis mínimos. Outro fato digno da nota é a limitação do consumo de energia tendo em vista a crise energética por que passa atualmente o Brasil, em especial a região NE.

Para garantir a transferência de água do Jaguaribe para o SAABRMF, além das ações estruturais, foram desenvolvidas ações de controle dos usuários (irrigação e abastecimento humano) ao longo do Canal do Trabalhador, incluindo outorga, medição e cobrança. Para isso foi formada uma Comissão de Usuários que acompanha mensalmente as ações e operação efetuada pela COGERH e participa das negociações com os usuários do Jaguaribe sobre as vazões a serem transferidas.

A Tabela 4 apresenta os volumes bombeados na EB Itaiçaba para abastecimento dos usos ao longo do Canal do Trabalhador e reforço do SAABRMF. O volume total bombeado no período de 1997 a 1999 atingiu o considerável valor de 168,53 $x10^6$ m^3. Em 2000 o bombeamento foi mantido como uma medida de segurança e para aproveitar ao máximo as águas que estavam vertendo sobre a barragem de Itaiçaba.

A Figura 9 apresenta a evolução do volume acumulado nos Açudes Orós e Banabuiú, no período de 1981 a 2001.

Além das ações citadas foram desenvolvidas atividades de monitoramento quantitativo e qualitativo ao longo do SAABRMF, nos mananciais e nas seções de controle indicadas na Figura 2.

No que se refere à qualidade da água bruta do Sistema metropolitano, o principal parâmetro a ser considerado é a concentração de cloretos. O índice recomendado é de 250mg/l, e o limite é 300 mg/l. Ressalte-se que no segundo semestre do ano, a concentração de cloretos nas águas dos açudes aumenta em decorrência da elevada evaporação. Como se pode observar na Figura 11, a água proveniente do rio Jaguaribe "adocica" as águas do SAABRMF no segundo semestre do ano. Assim a manutenção da transferência de água do rio Jaguaribe se justifica não somente pelos aspectos quantitativos como também pelos aspectos relacionados à manutenção da qualidade da água bruta dentro dos padrões recomendados.

Quanto às ações de controle ambiental, foram desenvolvidas atividades relacionadas a controle da pesca e das áreas de preservação. Para isso foram instalados Postos de Operação de Reservatórios, policiamento a cavalo e em barcos, construção de cercas nos principais mananciais etc. A Figura 12 apresenta uma imagem de satélite da região no entorno do Aç. Gavião, onde se pode observar a pressão urbana sobre este importante manancial.

Como ações em fase de desenvolvimento e implantação, podemos citar:

- Construção do Açude Aracoiaba na Bacia do Rio Choró, a montante do Pacajús, que aumentará a vazão regularizada do SAABRMF.
- Construção do Açude Castanhão, na Bacia do Jaguaribe, com capacidade para $4{,}5 \times 10^9$ m³.
- Construção do eixo de integração Castanhão – RMF.
- Elaboração de um sistema de suporte à decisão, para permitir uma operação mais otimizada do SAABRMF, incluindo as restrições e características, como também análise de risco hidrológico e operacional.
- Estudos de transferência do Rio São Francisco e Tocantins.
- Ampliação das vazões na EB-1 e EB-2 e canal Ererê-Pacoti para 7 m³/s.
- Projeto de desvio do Açude Ererê para evitar problemas de poluição e risco de contaminação por acidentes na BR-116.

Encontra-se em andamento no Instituto de Pesquisas Hidráulicas – IPH, uma tese de Doutoramento que tratará de um estudo crítico sobre a eficiência operacional do SAABRMF que poderá fornecer maiores subsídios para o seu aprimoramento.

A Figura 13 apresenta um gráfico com os volumes vertidos na barragem de Itaiçaba. Conforme se pode observar o volume sangrado foi de $1.200x10^6$ m³ em 1999, $1.400x10^6$ m³ em 2000, e $150x10^6$ m³, em 2001, totalizando $2.750x10^6$ m³. Estas vazões devem-se essencialmente à contribuição da Bacia do Salgado no período de chuvas. Com a construção do Castanhão este volume não será "perdido para o mar", melhorando assim a garantia no vale do Jaguaribe e no SAABRMF.

COMENTÁRIOS

Para garantir a proteção contra as secas excepcionais, que duram vários anos, os grandes açudes pagam um tributo altíssimo. Como eles têm que guardar água dos anos normais para enfrentar os anos de seca, precisam ser mantidos o mais cheio possível, o que faz com que a sua disponibilidade média anual, para atendimento das demandas, seja muito baixa, cerca de 20 a 30% da sua capacidade de acumulação. Decorre disso, que os grandes açudes perdem por evaporação, que na região semi-árida atinge mais de 2000 mm/ano, a maioria de suas águas acumuladas.

Esta exigência é mal compreendida pelo grande público, que vê no fato, um desperdício, tendo a falsa impressão de que a região dispõe de muita água acumulada, e de que são pouco exploradas.

As previsões climatológicas vêm sendo utilizadas como ferramenta auxiliar no gerenciamento dos recursos hídricos do Ceará, particularmente no planejamento operacional do SAABRMF, desde 1996 quando a Companhia de Gestão de Recursos Hídricos do Ceará – COGERH assumiu a administração, operação e manutenção dos mananciais, estações de bombeamento e canais que compõem este Sistema. Os modelos de previsão climática acoplados com modelos hidrológicos são ferramentas essenciais para a boa gestão dos recursos hídricos no semi-árido, e devem ser desenvolvidos para permitir uma maior acurácia das informações.

Através das ações de gerenciamento dos estoques de água dos açudes metropolitanos e da importação de água do açude Orós, situado a mais de 400km de distância, conseguiu-se manter, sem nenhuma restrição, através da exploração máxima possível da sinergia do SAABRMF, o atendimento das demandas para o abastecimento de uma população de cerca de dois milhões e meio de habitantes e

de todo o complexo industrial responsável por 75% do PIB Industrial do Estado, apesar da ocorrência de três anos consecutivos de seca na região.

O planejamento e operação dos sistemas que perenizam os vales do Jaguaribe e Banabuiú, a partir dos reservatórios Orós e Banabuiú, constituem parte importante no processo de gestão participativa e descentralizada dos recursos hídricos no Estado do Ceará, servindo como instrumento para a utilização racional da água bem como facilitar o entendimento mais abrangente das diversas demandas.

Na luta da humanidade contra o caos e aumento da entropia, a Gestão dos Recursos Hídricos aliada à melhoria dos modelos climáticos é capaz de propiciar um cabedal suficiente para que os efeitos das variações no regime hídrico tornem-se uma lembrança somente para registro histórico e poemas antigos como a "qasida" apresentada no início deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COGERH; 1999. "Relatório do VI Seminário de Planejamento e Operação das Águas dos Vales do Jaguaribe e Banabuiú", Fortaleza-CE.

COGERH; 2000. "Plano de Gerenciamento das Águas das Bacias Metropolitanas". Fortaleza – CE.

HOURANI, A.H.; 1994. "Uma história dos povos árabes". Ed. Companhia das Letras, São Paulo-SP, 523 p.

IBGE; 2000. "Censo 2000". www.ibge.gov.br

MENESCAL, R.A. & Costa, M.P.; 1998. "Levantamentos Batimétricos em Reservatórios da Região Metropolitana de Fortaleza". 4º Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, Campina Grande - PB.

MENESCAL, R.A.; Oliveira, S.K.F.; Fontenelle, A.S. & Vieira, v.p.p.b.; 2001a. "Acidentes e Incidentes em Barragens no Estado do Ceará". XXIV Seminário Nacional de Grandes Barragens, Anais, Fortaleza – CE.

MENESCAL, R. A.; Figueiredo, N.N.; Franco, S.R. 2001b. "A problemática das Enchentes na RMF". XIV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Anais, Aracaju - SE.

TERRA; 2001. www.terra.com.br.

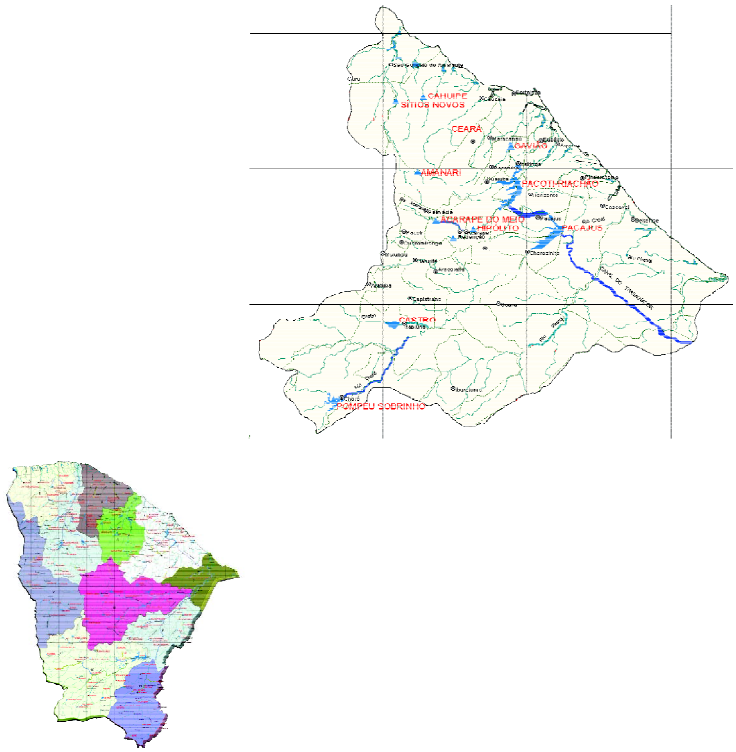


Figura 1 - Bacias hidrográficas do Estado do Estado do Ceará, em destaque as Bacias Metropolitanas, onde se encontra a RMF

Figura 2 - Mapa com os principais aspectos do SAABRMF, incluindo o Sistema Jaguaribe.

Figura 3 - Diagrama perfilar esquemático do SAABRMF

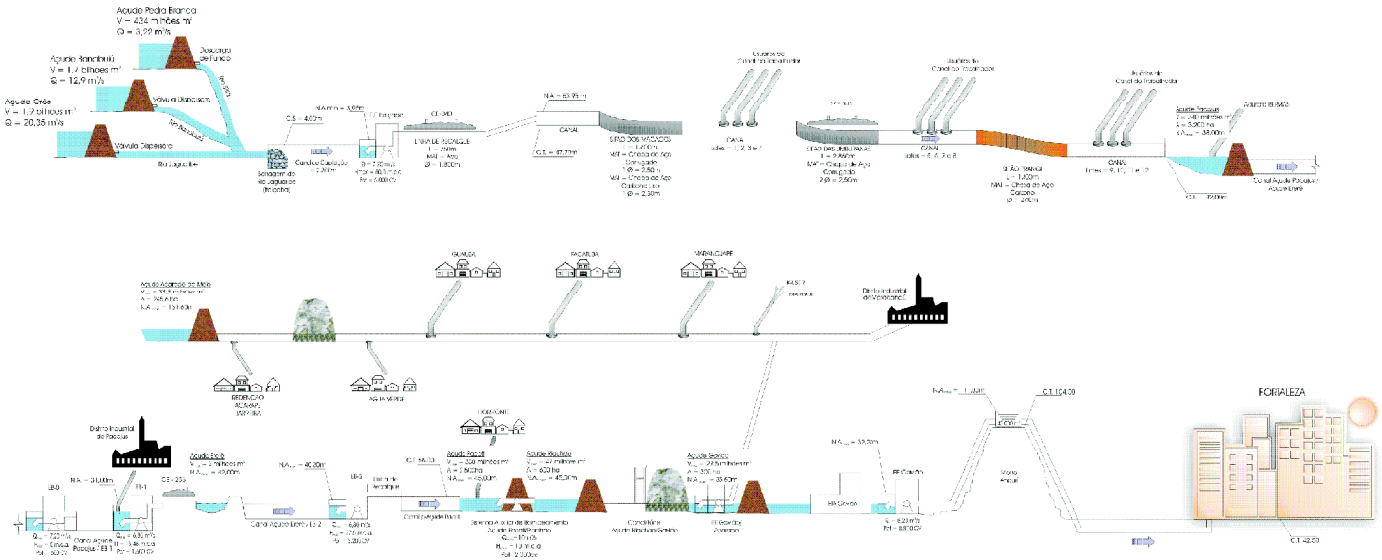
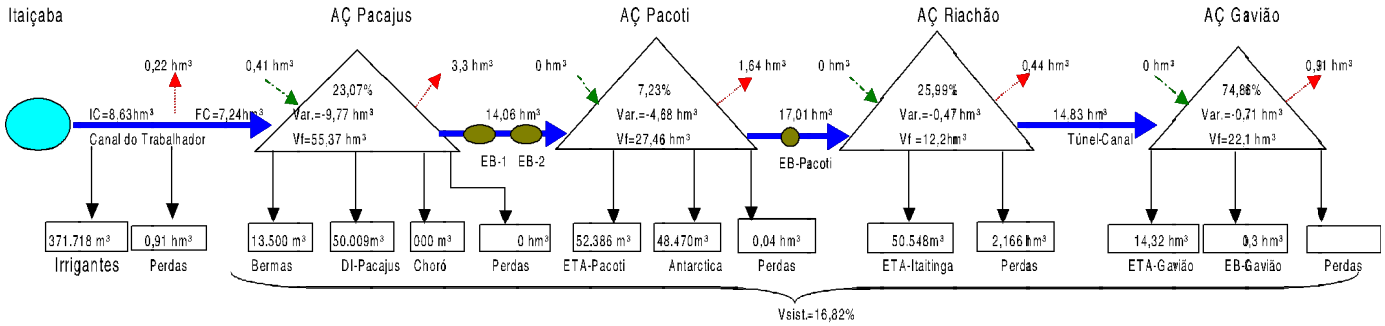

Açude Pedra Branca
Açude Banabuiú
Açude Orós
Válvula Dispersora
Válvula Dispersora
Válvula Dispersora
Rio Jaguaribe
Canal Jaguaribe-Metropolitano
Canal Adutor Pacajus / Aquiraz
Canal Adutor Pacajus / Aquiraz
Canal Adutor Pacajus / Aquiraz

Figura 4 - Esquema do balanço hídrico do SAABRMF no mês de outubro de 1999.



Legenda:

Evaporação estimada
Transferência d'água
Afluência + chuvas
Retiradas controladas de empresas

Var. = Variação do volume no mês
Vf = Volume no final do mês
IC = Início do Canal do Trabalhador
FC = Final do Canal do Trabalhador

Vsist. = Volume do sistema em percentuais no final do mês

A/D = Acréscimo / Decréscimo (%)

Açudes	Volume (hm³)							Capacidade		
	Inicial	Transposição		Retirada empresas	Afluência + Chuvas	Evaporação Estimada	Final	%		
		Entrada	Saída					início	final	A/D
C. Trabalhador		8,63	7,24	0,372		0,219				
Pacajus	65,14	7,24	14,06	0,064	0,41	3,297	55,37	27,14	23,07	-4,07
Pacoti	32,14	14,06	17,01	0,052	0,00	1,644	27,46	8,46	7,23	-1,23
Riachão	12,68	17,01	14,83	0,051	0,00	0,437	12,20	27,00	25,99	-1,01
Gavião	22,80	14,83	0,00	14,622	0,00	0,914	22,10	77,25	74,86	-2,39
Sistema	132,76			14,788	0,41	6,291	117,13	19,06	16,82	-2,24

Figura 5 - Variação mensal do volume armazenado nos açudes do SAABRMF. (1994 a 2001)

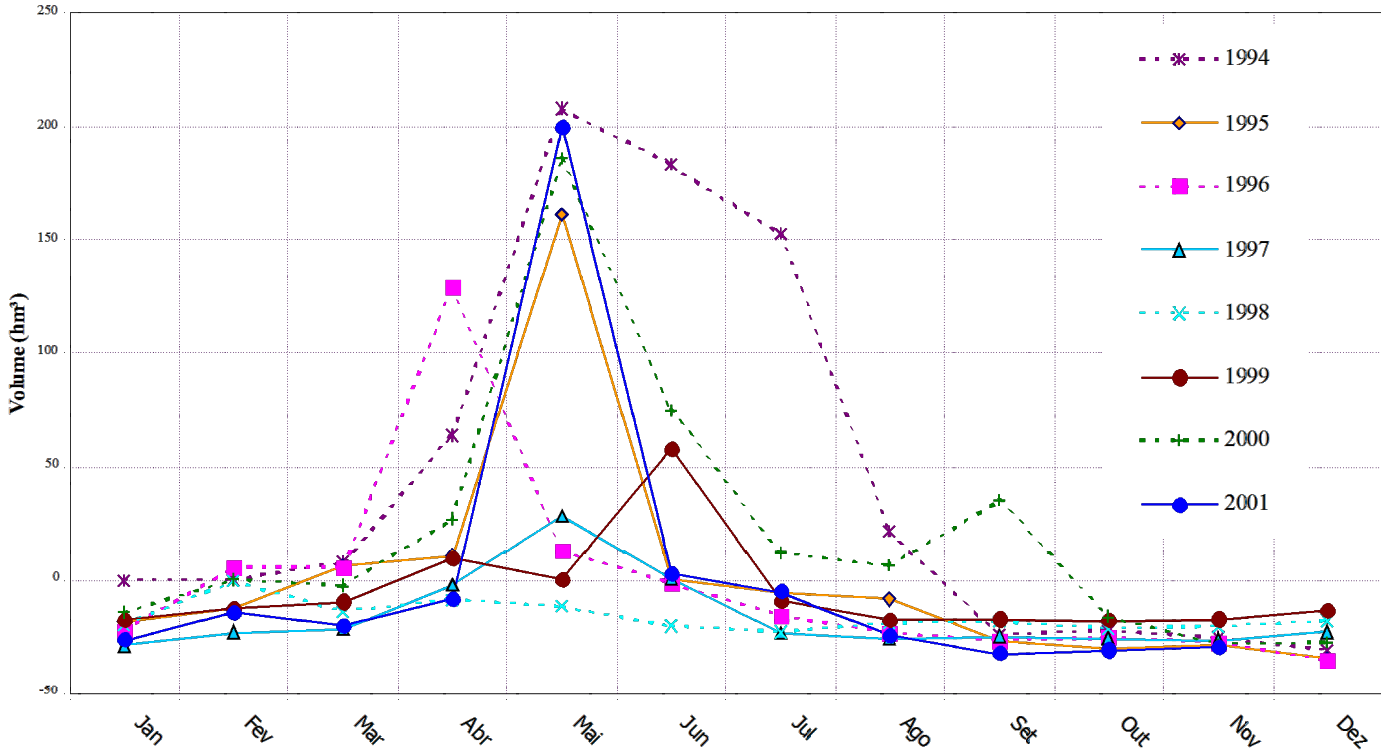


Figura 6 - Evolução dos volumes acumulados nos açudes do SAABRMF (1992 a 2001)

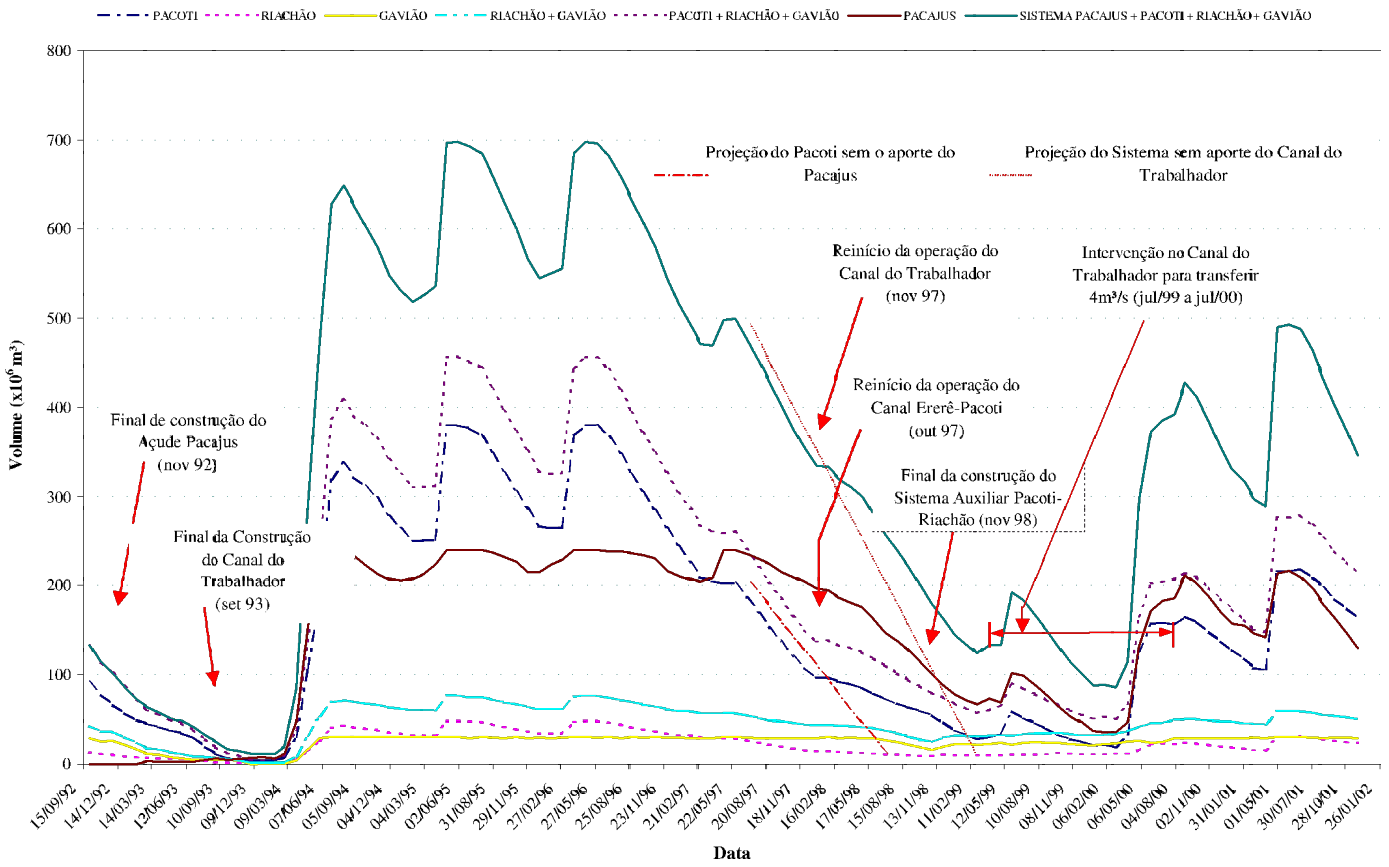
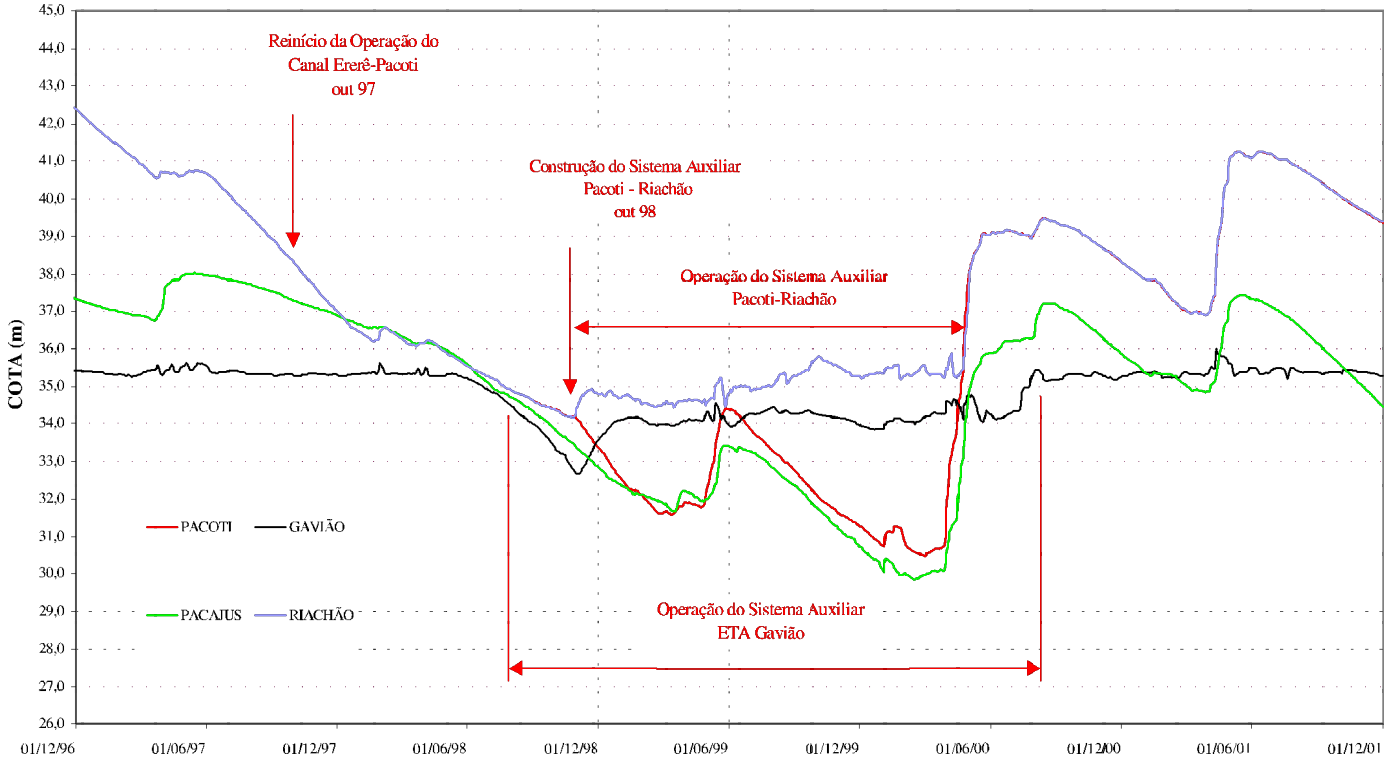


Figura 7 - Cota do nível d'água dos açudes do SAABRMF



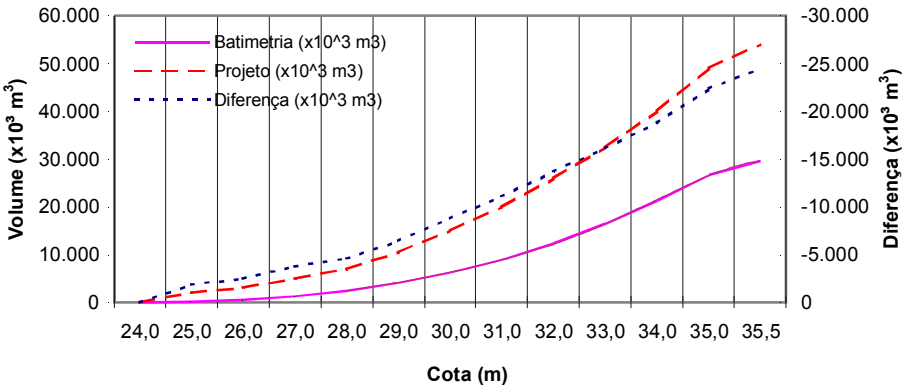
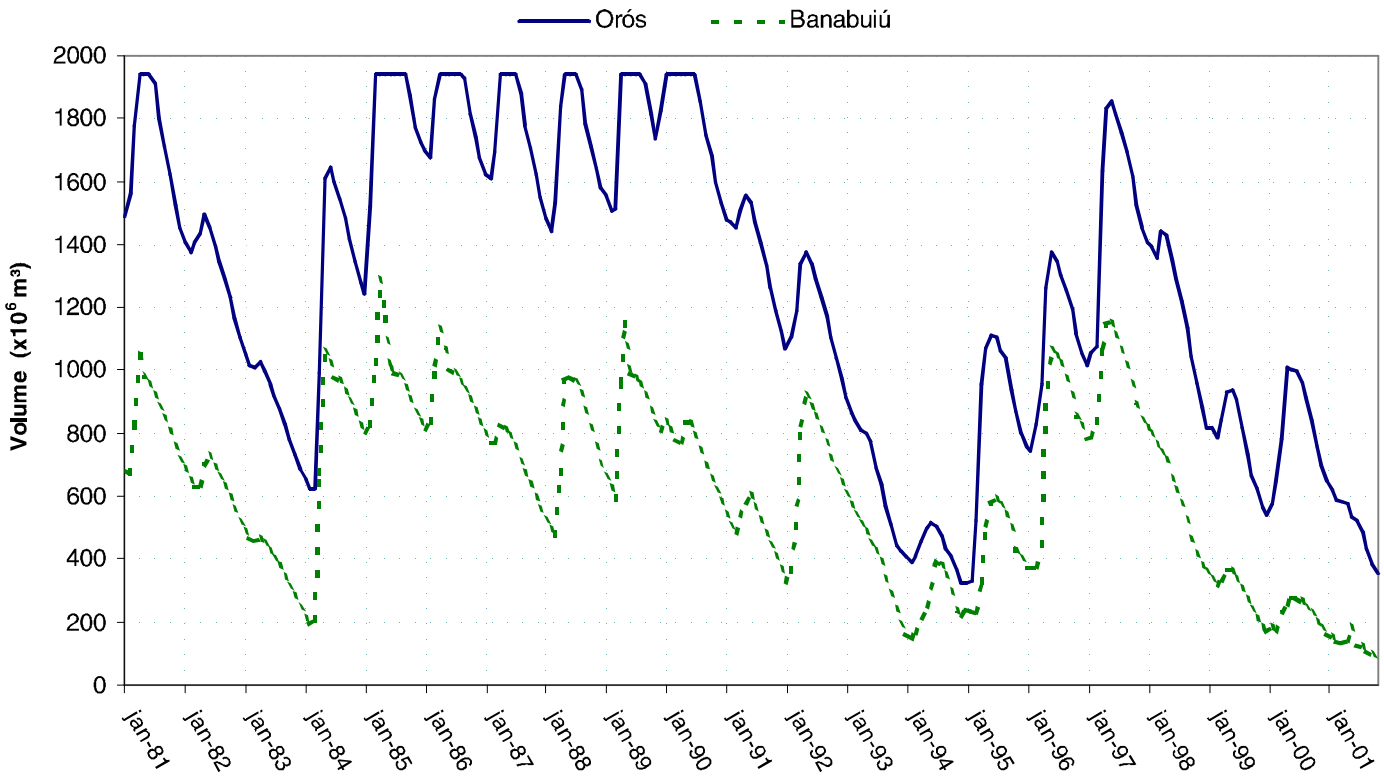


Figura 8 - Comparação do volume de projeto do Açude Gavião e o obtido por estudos batimétricos

Tabela 1 – Municípios que integram a RMF

	Municpio	Área (km²)	População
1	AQUIRAZ	480,7	60.574
2	CAUCAIA	1.190,3	250.246
3	EUZÉBIO	77,7	31.505
4	FORTALEZA	312,4	2.138.234
5	GUAIÚBA	270,1	19.883
6	ITAITINGA	154,6	29.216
7	MARACANAÚ	98,1	174.599
8	MARANGUAPE	651,9	87.770
9	PACATUBA	137,3	51.812
	Total	**3.373,1**	**2.843.839**

Figura 9 - Evolução do volume acumulado nos Açudes Orós e Banabuiú, de 1981 a 2001



Controle do fornecimento começou no ano passado

Jornal do Comércio
Recife – 19.02.1999

Desde o ano passado, a população do Recife e da região metropolitana convive com racionamento de água, por causa do baixo índice de armazenamento do produto nas barragens que abastecem a região. Até o dia 22 de março do ano passado, o fornecimento de água no Recife seguia o esquema de 20 horas com o produto e 28 horas sem. A partir do dia 23, a população passou a ser abastecida no regime de 18 horas com água e 30 horas sem.

O racionamento foi intensificado no dia 1º de agosto de 1998 para 24 horas com água e 48 horas sem. Quatro meses depois, no dia 10 de dezembro, a Compesa anunciou novo esquema para o fornecimento: 76 horas sem água e 20 com o produto. Sem perspectivas de chuvas, no dia 21 de janeiro deste ano o racionamento passou a ser de 20 horas com água e 100 horas sem.

MUDANÇAS - Em Olinda, até o dia 30 de junho do ano passado a população recebia água dia sim, dia não. A partir do dia 1º de julho o racionamento passou para 24 horas com água e 48 horas sem. Dia 11 de novembro houve mudança: 24 horas de fornecimento e 72 horas de torneiras vazias. Em 21 de janeiro deste ano, Olinda passou a seguir o esquema do Recife: quatro dias sem água e um com o produto.

Racionamento de água vai afetar 532 bairros de São Paulo

Quarta, 24 de maio de 2000, 20h48min

O racionamento de água na cidade de São Paulo vai afetar 532 bairros e uma população estimada em 3 milhões de pessoas - de um total estimado de 10,5 milhões no município -, a partir da quinta-feira (1º) da próxima semana. São todos os bairros da zona sul e parte da zona sudoeste abastecidos pela Represa de Guarapiranga. A relação oficial dos bairros incluídos no rodízio foi divulgada hoje pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp). Na próxima semana a Sabesp começa a veicular uma campanha pedindo à população que economize água.

O racionamento, previsto para durar até o fim de outubro funcionará no sistema 2 por 1 - dois dias com água e um sem. Os bairros foram agrupados em três blocos. No mês, cada bloco ficará ao todo dez dias alternados sem água. No primeiro dia do racionamento faltará água em bairros das regiões do Capão Redondo, Vila Mascote, Butantã, Vila Mariana, Americanópolis, Capela do Socorro e Jardim Arpoador.

Outras regiões incluídas no rodízio: Morumbi, Pirajuçara Vila Olímpia, Chácara Flora, Taboão da Serra, Embu, Interlagos e Jabaquara. Em vários casos, moradores de um mesmo bairro ficarão sem água em dias diferentes. Isso poderá ocorrer até com moradores de uma mesma rua. Muitos bairros têm a sua área geográfica total incluída no rodízio; outros, parcialmente.

O secretário de Estado dos Recursos Hídricos, Antônio Carlos Mendes Thame, explicou que isso deve ocorrer porque há locais em que adutoras diferentes abastecem um mesmo bairro ou rua. A Assessoria de Imprensa da Sabesp informou que, nos casos em que o bairro está no rodízio parcialmente, moradores que quiserem saber se a rua onde moram terá racionamento podem ligar para o telefone 195.

Normalização - Nos dias de falta d'água, o fechamento do reservatório das respectivas regiões será à zero hora e a reabertura, 24 horas depois. A Sabesp informou que a normalização do abastecimento após a reabertura dos reservatórios poderá levar até seis horas, dependendo da localização do imóvel. Thame disse que o objetivo do racionamento é adiar o risco de "colapso" na Guarapiranga. O rodízio vai reduzir a captação na represa.

Fonte: Terra (2001)

Figura 10 - Reportagens relatando racionamentos nas cidades de Recife e São Paulo

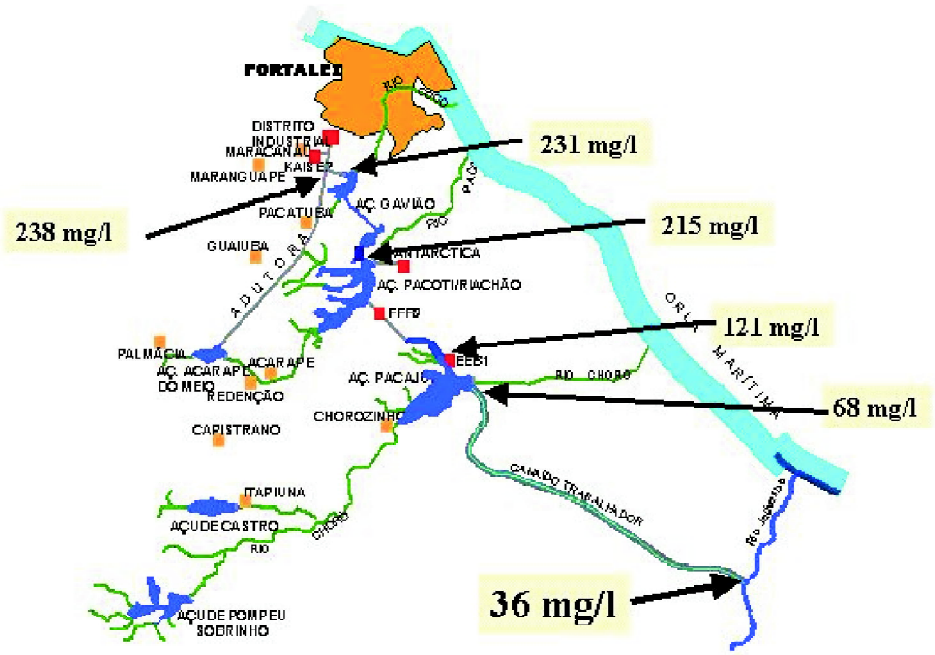


Figura 11 - Concentração de cloretos ao longo do SAABRMF em fevereiro de 2001.

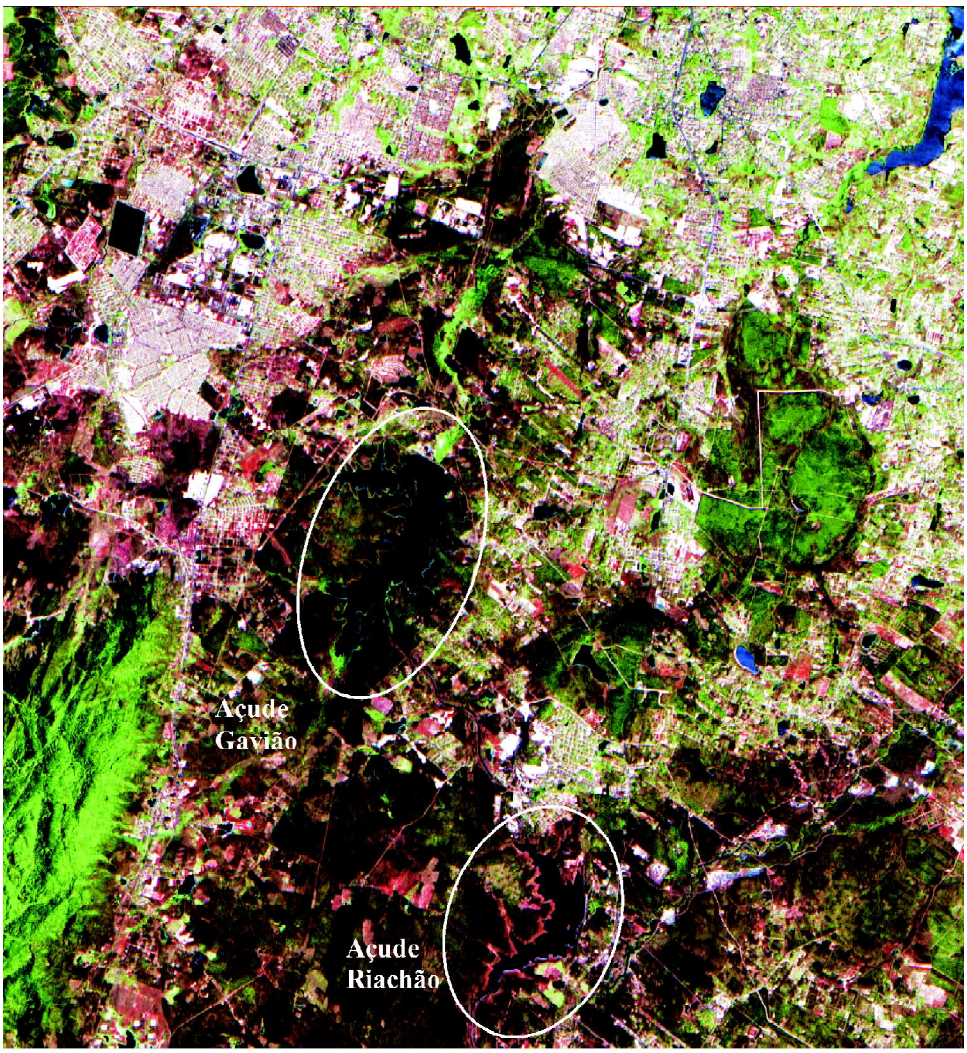


Figura 12 -Imagem de satélite Landsat ETM 7, resolução 15 m, composição R4G3B, de 07.10.1999, mostrando a pressão urbana nos arredores dos açudes Gavião e Riachão.

Figura 13 - Evolução dos volumes vertidos (x10^{6}m^3) na barragem de Itaiçaba.

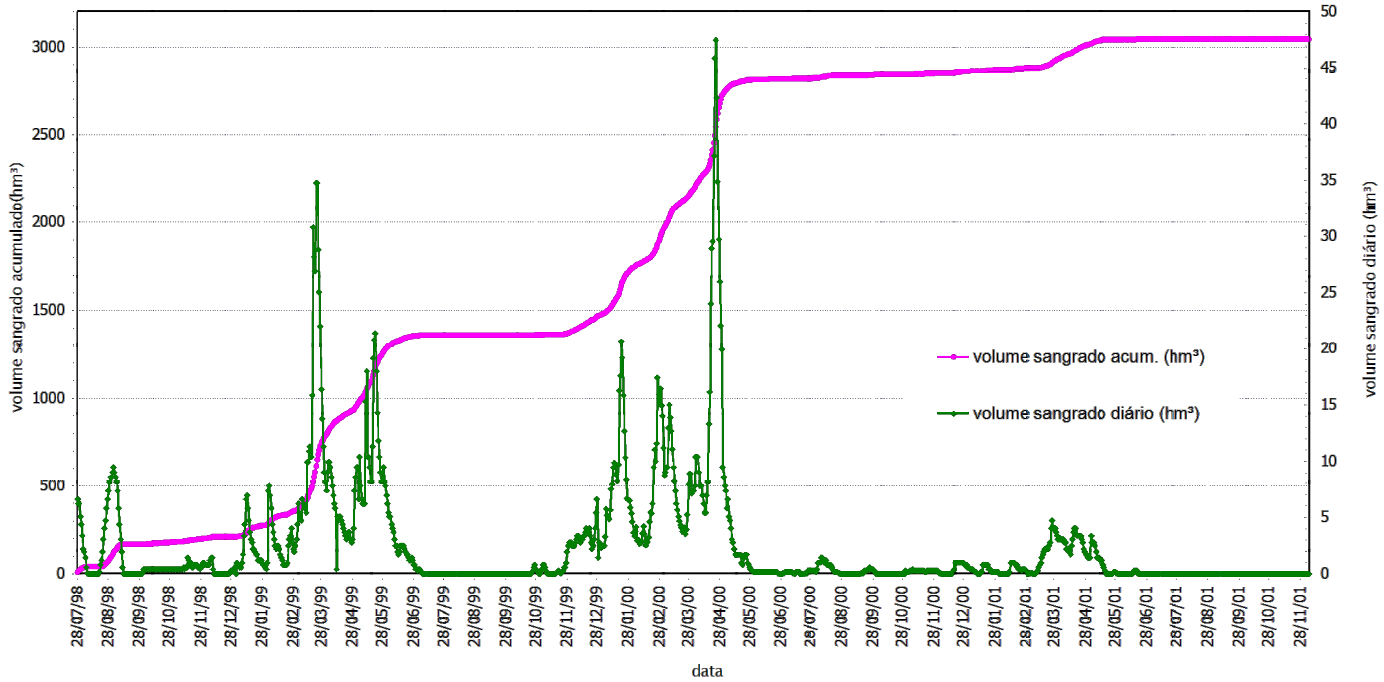


Tabela 2 - Evolução dos volumes acumulados (x10^6m^3) nos açudes do SAABRMF (1997 a 2001),

DIA	Volume							
	PACOTI	RIACHÃO	GAVIÃO	PACAJUS	SISTEMA PACAJUS + PACOTI + RIACHÃO + GAVIÃO	VARIAÇÃO: PACOTI + RIACHÃO + GAVIÃO	VARIAÇÃO DO PACAJUS	Variação Mensal do Sistema
01/01/97	244,4	31,0	28,8	211,4	515,6	-22,5	-5,9	-28,4
01/02/97	226,8	30,9	28,6	206,5	492,9	-17,8	-4,9	-22,8
01/03/97	210,7	28,9	28,5	203,4	471,4	-18,3	-3,2	-21,5
01/04/97	204,2	28,0	28,4	209,1	469,8	-7,4	5,8	-1,6
01/05/97	201,3	27,7	29,5	239,8	498,2	-2,2	30,6	28,4
01/06/97	202,6	27,8	29,5	239,4	499,4	1,5	-0,3	1,1
01/07/97	186,1	25,6	29,0	235,5	476,3	-19,2	-3,9	-23,1
01/08/97	169,3	23,2	28,6	229,9	451,0	-19,6	-5,6	-25,2
01/09/97	153,0	20,9	28,5	224,3	426,7	-18,8	-5,6	-24,4
01/10/97	137,9	18,9	28,4	216,4	401,5	-17,3	-7,9	-25,1
01/11/97	120,5	16,6	28,7	209,8	375,6	-19,3	-6,6	-25,9
01/12/97	106,5	14,8	28,5	203,4	353,1	-16,0	-6,4	-22,5
01/01/98	95,7	13,4	28,7	196,0	333,7	-12,1	-7,3	-19,4
01/02/98	96,3	13,4	29,5	194,1	333,4	1,6	-1,9	-0,4
01/03/98	92,2	12,9	28,5	186,2	319,9	-5,5	-8,0	-13,5
01/04/98	89,6	12,6	28,8	180,5	311,5	-2,7	-5,7	-8,4
01/05/98	85,0	12,0	28,4	174,8	300,1	-5,7	-5,7	-11,4
01/06/98	78,4	11,1	27,9	162,8	280,2	-8,0	-12,0	-20,0
01/07/98	73,5	10,4	26,1	147,5	257,5	-7,4	-15,3	-22,7
01/08/98	67,8	9,6	23,9	137,5	238,9	-8,6	-10,0	-18,6
01/09/98	63,6	9,0	21,1	127,1	220,9	-7,6	-10,4	-18,0
01/10/98	60,2	8,6	18,0	113,1	199,9	-7,0	-14,0	-21,0
01/11/98	55,7	8,7	15,1	100,2	179,6	-7,4	-12,9	-20,3
01/12/98	45,8	9,4	19,1	87,8	162,2	-5,1	-12,4	-17,5
01/01/99	36,5	9,2	21,8	77,5	144,9	-6,9	-10,4	-17,2
01/02/99	31,3	8,9	21,7	71,2	133,1	-5,5	-6,3	-11,8
01/03/99	27,4	8,9	21,1	66,5	123,9	-4,5	-4,7	-9,2
01/04/99	29,7	9,1	21,5	73,6	133,9	2,8	7,2	10,0
01/05/99	33,0	9,0	23,1	69,1	134,2	4,8	-4,5	0,3
01/06/99	60,0	9,4	21,0	101,5	191,9	25,4	32,4	57,7
01/07/99	52,1	9,6	22,8	98,4	182,9	-5,9	-3,1	-9,0
01/08/99	44,8	9,9	23,6	87,6	165,9	-6,2	-10,8	-17,0
01/09/99	38,6	10,5	22,9	77,0	149,0	-6,3	-10,6	-16,9
01/10/99	32,1	11,5	22,8	65,1	131,6	-5,6	-11,9	-17,5
01/11/99	27,2	11,1	22,0	54,4	114,7	-6,1	-10,7	-16,9
01/12/99	24,3	10,4	20,9	46,1	101,8	-4,6	-8,3	-12,9
01/01/00	20,2	10,7	20,6	36,4	87,8	-4,3	-9,7	-14,0
01/02/00	21,5	10,4	21,5	34,7	88,2	2,1	-1,7	0,4
01/03/00	17,9	11,1	22,3	34,5	85,8	-2,2	-0,2	-2,4
01/04/00	31,8	10,9	24,6	45,8	113,1	16,0	11,3	27,3
01/05/00	124,4	14,8	25,4	134,1	298,7	97,3	88,3	185,6
01/06/00	157,2	21,5	22,8	172,1	373,5	36,8	38,0	74,8
01/07/00	158,5	21,7	23,2	182,4	385,8	2,0	10,3	12,3
01/08/00	156,7	21,5	28,5	185,5	392,2	3,2	3,2	6,4
01/09/00	164,8	22,6	27,7	212,4	427,5	8,4	26,9	35,3
01/10/00	159,4	21,8	28,7	201,8	411,6	-5,2	-10,7	-15,9
01/11/00	148,4	20,3	28,6	186,5	383,8	-12,5	-15,3	-27,8
01/12/00	138,1	18,9	28,1	171,5	356,6	-12,1	-15,0	-27,2
01/01/01	127,1	17,5	28,8	157,4	330,7	-11,8	-14,1	-25,9
01/02/01	117,5	16,3	28,1	155,3	317,1	-11,5	-2,1	-13,6
01/03/01	107,2	14,9	28,9	146,6	297,6	-10,8	-8,7	-19,5
01/04/01	104,9	14,5	28,7	142,0	290,1	-2,9	-4,6	-7,5
01/05/01	216,8	29,7	29,5	213,7	489,7	127,9	71,7	199,6
01/06/01	216,4	29,6	29,5	217,3	492,9	113,7	62,1	3,2
01/07/01	218,9	30,0	29,3	209,8	488,1	127,2	63,2	-4,8
01/08/01	209,4	28,7	29,2	197,0	464,3	119,2	55,0	-23,8
01/09/01	197,1	27,1	28,8	179,5	432,5	-23,0	-34,2	-31,8
01/10/01	184,2	25,4	28,8	163,7	402,1	-37,0	-53,7	-30,3
01/11/01	173,8	23,9	28,9	146,6	373,3	-51,5	-63,2	-28,8
01/12/01	164,2	22,6	28,4	130,5	345,7	-52,0	-66,5	-27,6

Tabela 3 - Relação das principais intervenções operacionais realizadas nas estruturas hidráulicas do SAABRMF.

OBRA	INTERVENÇÃO
Adutoras:	**Além dos serviços rotineiros de manutenção e segurança, objetivando atender as ações de monitoramento qualitativo e quantitativo e a operação participativa algumas intervenções foram necessárias para a melhoria das condições operacionais, as quais encontram-se destacadas para cada obra.**
Adutora do Acarape	Serviços de manutenção em geral, incluindo debelação de vazamentos e disciplinamento dos usos ao longo do sistema adutor (1999/2000). Construtora SARAIVA - R$ 419.636,74; incluindo operação da adutora e das EB-Gavião e Maranguape.
- Ramal Gavião-Acarape	Construção de um sistema adutor para reforço da Adutora do Acarape, permitindo a inversão do fluxo e escolha da qualidade de água mais apropriada. Recuperação da estrada de acesso.
Canais Canal do Trabalhador	**Além dos serviços rotineiros de manutenção e segurança, objetivando atender as ações de monitoramento qualitativo e quantitativo e a operação participativa algumas intervenções foram necessárias para a melhoria das condições operacionais, as quais encontram-se destacadas para cada obra.**
- Sifão Macacos	Recuperação da Célula em ARMCO, instalação de sistema de stop-logs e construção de nova célula em aço soldado e instalação de proteção catódica. Instalação de medidor de vazão - R$ 3.270.745,58.
- Sifão Umburanas - Sifão Pirangi	Recuperação total da Célula #2 em ARMCO, e parcial da #1 e instalação de sistema de stop-logs. Reforço dos aterros e instalação de sistema de drenagem interno - R$ 511.324,06. Reforço na linha horizontal de parafusos com chapa soldada sobre os mesmos. Plataforma de acesso ao lado do Sifão nº 2. Debelação de vazamentos, manutenção nos dispositivos de descarga e pilares de sustentação. Instalação de medidor ultrassônico de Vazão.
- Trecho Barragem Itaiçaba-EB Itaiçaba	Remoção de vegetação aquática ao longo do canal de aproximação da EB - R$ 21.750.00. Instalação de bóias e telas fixadas nas estruturas dos pontos existentes para contenção de vegetação, e desassoreamento do canal. Desassoreamento e dragagem.
- Trecho inicail até S. Macacos	Manutenção do revestimento em concreto e em lona asfáltica - R$ 158.225,00. Melhorias no sistema de drenagem superficial, desassoreamento, remoção de vegetação aquática na interna, desmatamento e roço na externa (nas margens direita e esquerda) e recuperação da estrada de acesso da CE-123 até o Sifão Macacos.
- Trecho entre o S. Macacos e o S. Umburanas	Instalação de comportas e manutenção do revestimento em lona asfáltica e concreto. Instalação de colchacreto - R$ 59.680,00 para debelar vazamento com canal em carga. Melhorias no sistema de drenagem superficial, desassoreamento e dragagem. Remoção de vegetação nas partes interna e externa, reforço e elevação dos aterros. Instalação de passarela metálica - R$ 14.000,00.
- Trecho entre S. Umburanas e S. Pirangi	Instalação de sistema telemétrico para monitoramento do nível d'água. Instalação de comportas e manutenção do revestimento em lona asfáltica. Melhorias no sistema de drenagem superficial, desassoreamento, remoção de vegetação nas partes interna e externa e reforço e elevação dos aterros dragagem e instalação de grade para contenção de materiais em suspenção. Recuperação de bueiro com concreto projetado.
- Trecho entre S. Pirangi e Açude Pacajús	Remoção de vegetação interna - R$ 14.000,00. Instalação de sistema telemétrico para monitoramento do nível d'água, instalação de comportas e manutenção do revestimento em lona asfáltica. Melhorias no sistema de drenagem superficial, desassoreamento, remoção de vegetação nas partes interna e externa e reforço e elevação dos aterros. Dragagem. Instalação das comportas - R$ 334.065,20.
Canal EB 0 - EB 1	Desassoreamento e melhorias no sistema de drenagem superficial.
Canal Ererê – Pacoti	
- Trecho Açude Ererê - EB 2	Desassoreamento e melhorias no sistema de drenagem superficial.
- Trecho entre EB 2 e Açude Pacoti	Instalação de sistema telemétrico para monitoramento do nível d'água. Melhorias no sistema de drenagem superficial, desassoreamento, remoção de vegetação nas partes interna e externa e reforço dos aterros. Reforço dos pontilhões ARMCO, construção de um pontilhão de concreto armado - R$ 30.000,00. Colocação de enrolamento nos taludes. Confecção de revestimento de alvenaria de pedra e de colchacreto.

Tabela 3 (continuação)

OBRA	INTERVENÇÃO
Canal Pacoti – Riachão	Desassoreamento e melhorias no sistema de drenagem superficial. Construção de um prolongamento no canal para permitir captação abaixo da cota 34 utilizando um sistema flutuante (1999/2000).
Canal Riachão – Gavião	Recuperação das comportas da tomada de água na entrada do túnel. Construção de um muro de arrimo para conter erosão e conseqüente assoreamento no canal (1999/2000).
EB's :	**Além dos serviços rotineiros de manutenção e segurança, objetivando atender as ações de monitoramento qualitativo e quantitativo e a operação participativa algumas intervenções foram necessárias para a melhoria das condições operacionais, as quais encontram-se destacadas para cada obra.**
EB Itaiçaba e Adutora de Recalque	Recuperação geral civil e elétrica - R$ 49.432,60; recuperação mecânica, das estruturas e equipamentos - R$ 33.200,00, incluindo substituição de rotores, recuperação de registros, recuperação nos motores e painéis elétricos etc (1999/2000/2001).
EB 0	Construção do sistema para permitir captação na bacia do Açude Pacajús incluindo dique, casa de comando, flutuantes, motobombas e tubulação de recalque flexível (1999). Obra Cívil - R$ 162.048,19; Bombas - R$ 304.080,00; Elétrico R$ 92.824,00; Flutuantes R$ 110.940,00.
EB 1	Recuperação Geral civil, elétrica e mecânica das estruturas e equipamentos, incluindo substituição de rotores, recuperação de registros, recuperação nos motores e painéis elétricos etc.
EB 2 e recalque	Recuperação Geral civil, elétrica e mecânica das estruturas e equipamentos, incluindo substituição de rotores, recuperação de registros, recuperação nos motores e painéis elétricos - R$ 33.000,00 etc. Recuperação das válvulas borboleta do sistema de recalque.
EB Pacoti	Construção de sistema de captação flutuante (1999).
EB Gavião / Acarape	Construção de uma estação elevatória para inverter o fluxo na adutora do Acarape, melhorando a segurança do sistema. Instalação de grupo gerador (1999/2000/2001) - Obra Cívil R$ 10.000,00.
EB Maranguape	Construção de uma re-elevatória para melhoria do sistema Acarape.
EB DI Maracanaú	Manutenção e melhorias gerais (civis, elétricas e mecânicas) (2000)
Açudes	**Além dos serviços rotineiros de manutenção e segurança, objetivando atender as ações de monitoramento qualitativo e quantitativo e a operação participativa algumas intervenções foram necessárias para a melhoria das condições operacionais, as quais encontram-se destacadas para cada obra.**
Acarape do Meio	Remodelagem do sistema de captação na tomada d'água para permitir seleção da qualidade de água a ser fornecida. Batimetria do reservatório. Recuperação dos registro de Gaveta DN 900mm e fornecimento e colocação de válvula borboleta DN 500mm. Recuperação dos Guarda corpo da Barragem (2000). Instalação de vertedouro ciansular para medição de vazão.
Ereré	Instalação de sistema de stop-logs para melhoria das condições operacionais do sistema. Batimetria do reservatório. Execução de cerca em estacas de concreto para proteção do sangradouro (2000).
Gavião	Recuperação geral no maciço, tomada d'água e sangradouro. Construção de cercas no entorno. Batimetria do reservatório. Recuperação das comportas da tomada de água e colocação de novas reguas em aço inox (2000).
Pacajus	Batimetria do reservatório (1997). Recuperação do maciço, sangradouro; estradas de acesso, recuperação dos eqaipamentos hidromecânicos; D108; construção de duas passagans molhadas a jusante do sangradouro; 42.025m de cercas de proteção da bacia hidráulica (2000). Construção de proteção da tomada d'água.
Pacoti	Batimetria do reservatório (1997). Recuperação do maciço, sangradouro e estradas de acesso; recuperação dos eqaipamentos hidromecânicos; construção do Posto de Operação do reservatório; execução de 21.600m de cercas de proteção da bacia hidráulica (2000).
Riachão	Batimetria do reservatório (1997). Recuperação do maciço e estradas de acesso; recuperação dos equipamentos hidromecânicos; execução de caixa de dissipação da tomada de água; construção do Posto de Operação do reservatório (2000).
Túneis	**Além dos serviços rotineiros de manutenção e segurança, objetivando atender as ações de monitoramento qualitativo e quantitativo e a operação participativa algumas intervenções foram necessárias para a melhoria das condições operacionais, as quais encontram-se destacadas para cada obra.**
Túnel Riachão-Gavião	Recuperação das comportas
Túnel Acarape	Inspeção interna e limpeza.

Tabela 4 - Volume Mensal Transposto da Bacia do Rio Jaguaribe para o SAABRMF pelo Canal do Trabalhador

	1996 Volume m³	1997 Volume m³	1998 Volume m³	1999 Volume m³	2000 Volume m³	2001 Volume m³	Total
Jan		2.216.160	3.538.080	7.927.200	3.775.680	2.812.320	20.269.440
Fev		1.805.760	1.537.920	6.661.440	8.350.560	2.548.800	20.904.480
Mar		2.134.080	1.373.760	6.635.520	7.192.800	2.712.960	20.049.120
Abr		2.134.080	1.071.360	6.242.400	9.586.080	2.730.240	21.764.160
Mai		2.216.160	2.553.120	7.685.280	12.748.320	980.640	26.183.520
Jun		2.134.080	2.056.320	6.276.960	12.869.280	1.840.320	25.176.960
Jul		2.216.160	3.948.480	7.922.880	11.102.400	881.280	26.071.200
Ago		2.216.160	5.512.320	7.776.000	7.892.640	483.840	23.880.960
Set		3.244.320	5.425.920	7.788.960	1.421.280	60.480	17.940.960
Out		4.898.880	4.777.920	7.970.400	2.825.280	194.400	20.666.880
Nov	2.134.080	5.469.120	6.207.840	7.028.640	2.712.960	328.320	23.880.960
Dez	2.134.080	5.473.440	6.380.640	8.078.400	2.795.040		24.861.600
Total	4.268.160	36.158.400	44.383.680	87.994.080	83.272.320	15.573.600	**271.650.240**

AS BARRAGENS E AS ENCHENTES

Rogério DE ABREU MENESCAL[1],
Eng. Civil, M.Sc. – Coordenador – rogério@menescal.net

Antônio NUNES DE MIRANDA[1]
Engenheiro Civil, PhD – Consultor –antoniomiranda@baydenet.com.br

Ernesto DA SILVA PITOMBEIRA[1]
Engenheiro Civil, PhD – Consultor – glauber@ufc.br

Daniel SOSTI PERINI[1]
Engenheiro. Civil – dsperini@terra.com.br

RESUMO

Desastres naturais, principalmente os relacionados com a água, sempre ocorreram, contudo, o crescimento demográfico associados à degradação do meio ambiente, faz com que esses desastres tomem proporções gigantescas, com um elevado custo social, econômico e ambiental. Este trabalho apresenta uma metodologia para o diagnóstico da segurança de barragens no território nacional, associa-o aos eventos naturais, como enchentes, e reporta a situação atual dos trabalhos, bem como as futuras ações a serem tomadas. Refere-se ao projeto de cadastramento de barragens, as quais atendam a critérios pré-definidos pelo Ministério da Integração Nacional, através de preenchimento de ficha cadastral elaborada de forma a propiciar informações valiosas para o trabalho de prevenção de emergências. Trata também da apresentação da metodologia para a inspeção de barragens, as quais não possuam uma metodologia própria, apresentada através de ficha de inspeção acompanhado do respectivo manual.

PALAVRAS CHAVE:
Barragem, Segurança de barragens, Eventos extremos.

[1] Proágua/Semi-árido, SGAN quadra 601 – Ed. Sede da CODEVASF – sala 416, CEP 70830-901, Fone: (61)223-1550

ABSTRACT

DAMS AND FLOODS

Natural disasters, mainly those related with water, have always occurred, however, the demographic increase, summed to huge environment degradation's process, gave to these disasters an enormous proportion, with a high, social, economic and ambient, price. This work presents a methodology for the Brazilian's dams security diagnosis, reports the current stage of the work in process, and shows the future actions to be taken in order to accomplish the goal. It refers to the registration of dams, that should match some predefined characteristics by filling a form elaborated in order to provide valuable information which is useful for preventing emergencies. It also brings a methodology for inspecting dams, aimed to those which still do not have a proper methodology, presented through an inspection form and its guidelines.

KEY-WORDS

Dam, Dam s vents.

1 – INTRODUÇÃO

A água é fundamental para o desenvolvimento de qualquer povo, e, desde os tempos mais remotos, o homem, tem fixado sua moradia e estabelecido suas comunidades próximas de cursos de rios, na beira de lagos, fontes de água, dentre outros, de forma a garantir seu sustento e seu desenvolvimento.

Desastres naturais, principalmente os relacionados com a água, sempre ocorreram, contudo, os crescimentos demográficos, associados à degradação do meio ambiente, fizeram com que esses desastres tomassem proporções gigantescas, com um elevado custo social, econômico e ambiental. Ao aumento na freqüência e magnitude de enchentes, decorrente desta degradação, soma-se o grande número de pessoas que moram em áreas de risco, potencializando o problema.

Segundo Menescal et al (2001), a ocorrência de enchentes encontra-se associada, a priori, a duas causas básicas, os fatores climáticos, ou seja, intensidade e duração das precipitações que ocorrem na área das bacias, e os fatores fisiográficos (e.g. área, formato, declividades, tipo do solo, cobertura vegetal etc.), que determinam o maior ou menor grau com que são sentidos os efeitos de uma precipitação nas bacias hidrográficas. Outro fator determinante para a manifestação de enchentes é o desmatamento e a ocupação desordenada das áreas de várzeas,

com conseqüente assoreamento do leito dos cursos d'água. Esse tipo de degradação é relativamente comum no território das bacias metropolitanas, contribuindo para agravar a incidência de enchentes.

Observa-se assim que as populações mais pobres são desproporcionalmente as mais atingidas e, geralmente, possuem pouca capacidade de recuperação, agravando o problema da pobreza. Menescal et al.(2001) apresenta uma relação das principais doenças relacionadas ao meio hídrico.

Neste contexto também se enquadram as barragens, que por um lado regularizam rios, amortecem ondas de cheias, armazenam água para abastecimento humano e propiciam a geração de energia hidrelétrica, mas que por outro lado devem ser capazes de suportar as condições adversas às quais se deparam, para não potencializarem os efeitos das enchentes, ou até mesmo ser o fator gerador de enchentes, como recentemente ocorrido na barragem de Camará, no Estado da Paraíba, que .rompeu na noite de 17/06/2004, liberando para jusante cerca de 17 milhões de metros cúbicos de água, provocando pelo menos seis mortes, mais de 1500 desabrigados e destruição de centenas de casas nas cidades de Alagoa Grande e Mulungu.

Somente em 2004 estima-se que mais de 300 barragens, de diversos tamanhos e tipos, tenham se rompido em todo o Brasil, muitas delas pela incapacidade de suportar os eventos de cheia ocorridos. Neste sentido, o acompanhamento do comportamento das barragens é fundamental para o controle e mitigação do efeito das enchentes.

Menescal e Miranda (1997) propõem um Plano de Ações Emergenciais para situações operacionais críticas em barragens que expõem as populações a jusante de um vale ao risco de ruptura ou descarga descontrolada.

Estima-se que hoje existam cerca de 30.000 barragens somente no Estado do Ceará, algumas delas com mais de 100 anos. No âmbito nacional este valor pode ser estimado em 300.000, considerando barragens de todos os tamanhos e tipos. As barragens envelhecem e, como todas as outras obras, têm um prazo de vida útil que somente pode ser prolongado com esforços especiais de manutenção e de recuperação de seus mecanismos e estruturas.

Hoje, à necessidade de construção de novas barragens, soma-se à preocupação com a recuperação e manutenção de barragens já existentes. Pelos mais diversos motivos, muitas destas obras não tiveram ao longo dos anos os cuidados necessários à sua manutenção. Estes motivos vão desde comportamentos arraigados em nossa cultura, que privilegiam a construção de novas barragens em detrimento da garantia de recursos para a operação e manutenção das existentes, até a extinção de órgãos

(como o antigo DNOS) que deixou suas barragens numa espécie de limbo administrativo. Não só devido à falta de cuidados, mas também ao envelhecimento natural das barragens, chegou-se a uma situação que precisa ser de imediato corrigida, sob o risco de elevados prejuízos sociais e ao patrimônio nacional.

Tendo em vista a ocorrência de acidentes recentes com barragens, decorrentes da intensa precipitação que assolou principalmente o nordeste brasileiro no início deste ano, somado à situação atual, onde existem barragens sem a correta inspeção e manutenção, barragens construídas sem critérios por particulares, e barragens ainda desconhecidas pelos órgãos públicos responsáveis, o Ministério da Integração Nacional (MI) adotou uma postura pro ativa. Contou com a parceria de suas vinculadas (DNOCS e CODEVASF), no sentido de estabelecer metodologia de prevenção através do diagnóstico periódico da situação sobre a segurança de barragens.

Em atendimento à recomendação do Comitê Federal de Articulação das Ações de Emergência, foram efetuadas reuniões com diversas instituições, onde foram discutidos assuntos relacionados à situação de calamidade e a estratégia a ser adotada pelo MI para efetuar o levantamento da situação de barragens. Ficou decidido que se estabeleceria uma metodologia sustentável e não apenas para atender situações de emergência. Nascia a proposta de metodologia para diagnóstico da segurança de barragens no Brasil.

A metodologia, apresentada a seguir, é fruto de diversas reuniões e discussões com vários órgãos fiscalizadores e proprietários de barragens nos níveis federal e estadual.

2 – METODOLOGIA PROPOSTA

A metodologia proposta a seguir visa o diagnóstico da segurança de barragens destinadas à acumulação de água (p.ex. abastecimento humano, irrigação, piscicultura, navegação, recreação etc.), ao aproveitamento de potenciais hidráulicos, à disposição final ou temporária de estéril e de rejeitos de mineração e à acumulação de resíduos industriais existentes em todo o território nacional.

Inicialmente coube definir um critério para a abrangência das ações. Assim, considerando a grande quantidade e diversidade de barragens existentes em todo o território nacional, a metodologia proposta está sendo aplicada, prioritariamente, para as barragens que apresentem pelo menos uma das seguintes características:

I - altura do maciço, contada do nível do terreno natural à crista, maior ou igual a quinze metros;

II - capacidade total do reservatório maior ou igual a cinco milhões de metros cúbicos;

III - reservatório que contenha resíduos tóxicos ou potencialmente tóxicos;

IV - riscos, decorrentes de mau funcionamento da barragem ou de sua ruptura, inaceitáveis, em termos econômicos, sociais, ambientais ou de perda de vidas humanas.

Cumpre observar que mesmo não estando enquadrada em um desses critérios, os empreendedores/órgãos fiscalizadores poderão, em função de peculiaridades do local e da barragem, incluí-la como prioritária.

Para clareza de comunicação cabe estabelecer as seguintes definições:

Barragem: qualquer obstrução em um curso permanente ou temporário de água, ou talvegue, para fins de retenção ou acumulação de substâncias líquidas ou misturas de líquidos e sólidos, compreendendo a estrutura do barramento, suas estruturas associadas e o reservatório formado pela acumulação. Diques para proteção contra enchentes e aterros-barragem de estradas também se incluem nessa definição.

Empreendedor: agente privado, paraestatal ou governamental, com título de propriedade das terras onde se localiza a barragem, ou que explore a barragem para benefício próprio ou da coletividade;

Segurança de Barragem: condição em que a ocorrência de ameaças impostas por uma barragem à vida, à saúde, à propriedade ou ao meio ambiente se mantém em níveis de risco aceitáveis;

Risco: probabilidade de ocorrência de evento adverso, geralmente associada com a magnitude de suas conseqüências;

Órgão Fiscalizador: autoridade do poder público responsável pelo ato administrativo de outorga de direito de uso dos recursos hídricos, de regime de aproveitamento de recursos minerais, de licenciamento ambiental, de autorização de uso de potencial hidráulico e de outras autorizações exigidas para a construção e operação da barragem, que deverá exigir do empreendedor o atendimento dos padrões necessários à segurança da obra.

Para a implantação de uma metodologia que permita a orientação de ações de curto, médio e longo prazos e que possua mecanismos que garantam a sua sustentabilidade, levando em conta os aspectos institucionais e legais, são propostas ações em 3 grupos. São elas:

a)Barragens de propriedade ou de responsabilidade do MI-Ministério da Integração Nacional;

b)Barragens de usos múltiplos em todo o território Nacional;

c)Apoio a medidas que permitam o estabelecimento de um arcabouço legal/ institucional que garanta a continuidade de ações preventivas nos próximos anos

É importante observar que as ações nesses grupos estão sendo desenvolvidas simultaneamente.

A seguir descrevemos de forma sumaria em que consistem as ações em cada um desses grupos.

a) Barragens de propriedade ou de responsabilidade do MI: As obras deste grupo incluem as construídas pelo DNOCS, CODEVASF, DNOS e SUDENE, além das conveniadas pelo MI com Estados e Municípios. Para este grupo está havendo a participação direta de equipes do MI, DNOCS e CODEVASF.

Cumpre observar que já haviam levantamentos realizados pelo DNOCS e CODEVASF que estão sendo atualizados com informações após o período de chuvas.

b) Barragens de usos múltiplos em todo o território Nacional: As obras deste grupo incluem as barragens construídas para fins de acumulação de água (p.ex. abastecimento humano, irrigação, piscicultura, navegação, recreação etc.), ao aproveitamento de potenciais hidráulicos, à disposição final ou temporária de estéril e de rejeitos de mineração e à acumulação de resíduos industriais líquidos. Diques para proteção contra enchentes e aterros-barragem de estradas também se incluem nessa definição.

As ações desse grupo estão sendo desenvolvidas pelas equipes designadas pelos órgãos fiscalizadores e pelos empreendedores nos Estados e Municípios. Para uniformização dos procedimentos o MI está disponibilizando especialistas para esclarecer dúvidas e treinar as equipes dos diversos empreendedores e órgãos fiscalizadores.

As atividades inicialmente previstas para esses dois grupos consistem de:

i) Designação e treinamento de equipes;

ii) Elaboração do diagnóstico das barragens;

iii) Preenchimento das fichas cadastrais;

iv) Elaboração dos projetos de recuperação;

v) Implantação das intervenções.

Cumpre observar que a agilidade no cumprimento dessas atividades será variável dependendo da capacidade operacional das entidades, Estados e empreendedores envolvidos.

Para que os empreendedores/órgãos fiscalizadores, Estados e Municípios forneçam todas as informações solicitadas, está sendo estruturada uma forma de vincular a liberação de recursos para manutenção/recuperação ao cumprimento das exigências.

Considerando o estado de abandono de muitas dessas obras, esse levantamento deverá implicar em uma demanda significativa de recursos para efetuar a manutenção/recuperação das barragens existentes. Assim, um apoio financeiro, inclusive a particulares, está sendo viabilizado pelo MI e suas vinculadas.

As informações coletadas nestes dois grupos estão alimentando o cadastro Nacional de Barragens (CNB). O CNB consiste de informações sobre as barragens existentes ou em construção que se enquadram nos critérios de priorização indicados anteriormente. Entretanto, as informações sobre obras fora dos critérios não fica prejudicada, podendo esses critérios serem objeto de reavaliação no futuro para inclusão de um maior universo de obras.

O CNB foi concebido como um banco de dados georeferenciado permitindo o cruzamento de informações de uso e ocupação de solo, cidades/localidades, estradas etc.

Considerando que a Agência Nacional de Águas (ANA) tem a responsabilidade legal, pela Lei 9984/2000, para implantar o Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos e já dispõe dos meios operacionais adequados para iniciar a implantação do banco de dados georeferenciado, o cadastro nacional de barragens ficará sob sua responsabilidade.

A ANA está obtendo a relação e localização de obras autorizadas ou de propriedade de órgãos federais, estaduais e municipais.

Considerando o baixo nível de conhecimento das obras existentes em alguns Estados, está sendo negociado pelo MI e ANA uma parceria com o INPE para efetuar levantamento expedito dos espelhos d'água. Esse levantamento consiste na interpretação de imagens de satélite, as mais recentes possíveis, de períodos após boas precipitações e com baixa cobertura de nuvens e permitirá a identificação de acumulações com espelhos d'água superior a 5 ha, que teriam suas coordenadas geográficas e UTM registradas. As informações obtidas serão, posteriormente submetidas à complementação, incluindo inspeções de campo. Este procedimento já tem sido adotado com sucesso por diversas entidades, permitindo um bom grau de precisão no diagnóstico das barragens.

A idéia inicial e de que para todas as barragens com espelho d'água superior a 25 ha (aproximadamente 5 milhões de m3), identificadas nas imagens, deverá ser solicitado o cadastro no CNB.

A ficha cadastral da barragem contém informações mínimas que permitem a identificação do seu risco potencial, o que será útil na etapa de priorização das intervenções. Consistem basicamente de informações das obras como o nome, a localização, usos atuais, o histórico, as características técnicas (e.g. altura do maciço, cidades a jusante/distância, tipo de material do maciço, dimensões etc.), tipo de material acumulado, a relação de projetos e desenhos existentes da obra, existência de manutenção rotineira, situação geral da obra e informações sobre o empreendedor.

Para as obras classificadas como prioritárias (categorias de risco médio e elevado) deverá ser exigido o preenchimento complemento do cadastro.

Para a elaboração do diagnóstico das barragens, que ainda não contam com uma metodologia de inspeção própria, o MI desenvolveu uma ficha de inspeção a qual permite a orientação do empreendedor para a verificação das condições de manutenção e segurança das barragens.

Para o preenchimento das fichas de inspeção os responsáveis pela obra deverão indicar profissionais que receberão treinamento específico, a fim de garantir um padrão mínimo de uniformidade das informações.

Com essas inspeções será possível identificar as intervenções emergenciais necessárias (e.g. regras operacionais dos dispositivos de descarga, obras emergenciais, alerta á Defesa Civil etc.).

Com base nessa inspeção também poderá ser elaborado um orçamento preliminar das intervenções emergenciais, em caráter de urgência, e as menos prementes, para etapas posteriores.

Alguns dados da ficha de inspeção, também são utilizados para o preenchimento das fichas de cadastro.

Para a transferência dos recursos far-se-á necessário elaborar um orçamento detalhado das intervenções selecionadas com base na disponibilidade.

c) Apoio a medidas que permitam o estabelecimento de um arcabouço legal/institucional que garanta a continuidade de ações preventivas nos próximos anos: Para este grupo foi sugerido o estabelecimento de um arcabouço legal/institucional consistente, com definição clara de responsabilidades, fontes de recursos, penalidades e sistema de informações a ser mantido e atualizado de forma continuada.

Considerando a complexidade legal de atribuições estabelecida pelo texto constitucional, assim como a descentralização de atividades inerente ao pacto federativo, está sendo analisado e aperfeiçoado o texto do PL 1181/2003, que em trâmite na Câmara dos Deputados.

3 – SITUAÇÃO ATUAL

Hoje, o MI já dispõe dos manuais de preenchimento da ficha cadastral (Ministério da Integração Nacional, 2004) e da ficha de inspeção (Ministério da Integração Nacional, 2004), que podem ser encontrados em seu site (www.integracao.gov.br). Estes documentos resumem os esforços efetuados sobre a metodologia inicialmente proposta de cadastro de barragens, e sobre a metodologia proposta para a inspeção de barragens. Além desses manuais o MI disponibiliza o Manual de Segurança e Inspeção de Barragens (Ministério da Integração Nacional, 2002).

O MI também está efetuando treinamento de equipes nos estados, deixando-as aptas a realizar o preenchimento das fichas, bem como repassar o conhecimento para outros usuários. Já foram efetuados treinamentos abrangendo aproximadamente 300 técnicos de diversos Estados (AL, BA, CE, ES, MG, PB, PE, PI, SE, RN, RS), Distrito Federal e instituições, que estão aptos a propagar e a aplicar a metodologia proposta. A Defesa Civil dos Estados está sendo incluída no processo para o auxilio quanto aos treinamentos e a uma maior divulgação da Metodologia.

Em adição a estes procedimentos, o Ministro da Integração Nacional, Ciro Gomes, enviou ofício a todos os Governadores de Estado e do Distrito Federal, somado a ofício a todas as 5.562 prefeituras, para que eles iniciem o processo de cadastramento de suas barragens.

Ainda foram encaminhados ofícios para os Ministros de Minas Energia, dos Transportes, do Meio Ambiente e do Desenvolvimento Agrário, solicitando informações sobre barramentos.

Decorridos aproximadamente 4 meses, foram encaminhadas respostas de cinco Estados (Bahia, Pernambuco, Minas Gerais, Ceará e Acre), e aproximadamente 170 prefeituras, resultando até o momento em 47 fichas de cadastro e 21 fichas de inspeção preenchidas. Este quantitativo foi considerado tímido, obrigando ao Ministério da Integração Nacional a reafirmar seu interesse no recebimento das informações solicitadas. Neste sentido, novos ofícios foram encaminhados aos Governos de Estado.

Encontra-se em fase de desenvolvimento e testes, um sistema informatizado para o preenchimento e envio das informações cadastrais. Enquanto isso, as informações obtidas já estão sendo encaminhadas para o banco de dados do CNB, localizado na ANA.

Recentemente realizou-se reunião com representantes do Ministério das Minas Energia, do Ministério dos Transportes, do Ministério do Desenvolvimento agrário, e representantes do Ministério da Integração, com o propósito de envolver esses

órgãos na discussão e torná-los co-participes no processo, visto suas atuações como proprietários, fiscalizadores, reguladores ou disciplinadores de obras de barragens e por disporem de conhecimento técnico em seus campos de atuação e experiências particulares no que cabe ao controle de cadastramento de suas obras.

Nesta reunião criou-se um grupo de trabalho, com representantes dos órgãos envolvidos, para a unificação e acompanhamento do processo de cadastramento e o aperfeiçoamento do Projeto de Lei n° 1.181/03, que propõe uma política nacional para segurança de barragens e que se encontra em tramitação na Câmara dos Deputados. Para a formalização desse grupo de trabalho está sendo proposta uma Portaria Interministerial.

O objetivo principal do MI é estimular os proprietários e os órgãos fiscalizadores a trabalhar de forma proativa, evitando ao máximo a necessidade de ações corretivas. Mesmo assim, o MI tem apoiado na maioria dos pedidos que lhe chegam, seja pelas ações da Defesa Civil, seja pelas ações de engenharia, como o caso exitoso da barragem Joana, em Pedro II - PI, onde a pronta ação do MI evitou a ruptura da obra, estimada em R$12 milhões, sem contar os danos sociais e ambientais.

O MI também está orientando os esforços para conscientizar os parlamentares da importância de alocar verbas para a manutenção e recuperação da infra-estrutura hídrica e não só para a construção de novas obras.

4 - DESAFIOS E COMENTÁRIOS FINAIS

O grande número de barragens existentes no Brasil, algumas abandonadas há anos, outras construídas sem nenhum acompanhamento ou registro, muitas em propriedades particulares, dificultam o levantamento e o cadastramento dessas obras. Assim sendo, procura-se pela descentralização das ações até o nível municipal, com orientação da Defesa Civil de cada Estado para elaboração de um diagnóstico da situação da segurança de barragens em todo o Território Nacional.

Estima-se ser grande o número de barragens que estão necessitando de reparos em geral, todas elas precisando ser mantidas corretamente, contudo, sabe-se que reparos e manutenções exigem o aporte regular de recursos financeiros. Entende-se que novas barragens devem continuar sendo projetadas e construídas, pois são importantes para o desenvolvimento sustentável do país, mas é preciso garantir também recursos para a recuperação e manutenção das existentes.

Os trabalhos propostos devem ser considerados como um processo inicial de conscientização e concentração de esforços para que ao longo dos próximos anos tenhamos estabelecido uma sistemática e um arcabouço legal/institucional

consistente e ágil, que permita um trabalho preventivo na manutenção da segurança das barragens no Brasil em níveis de risco aceitáveis.

5 - Referências bibliográficas

MENESCAL,R.A; FIGUEIREDO,N.N.; FRANCO, S.R.; A problemática das enchentes na região metropolitana de Fortaleza. Artigo apresentado no XXIV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Aracajú - SE, 2001.

____; MIRANDA, A.N.; O plano de ações emergenciais na gestão dos recursos hídricos no Estado do Ceará Artigo apresentado no XXIV Seminário Nacional de Grandes Barragens, Fortaleza - CE, 2001.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. Manual de preenchimento da ficha de cadastro de barragens, 2004. <http:// www.mi.gov.br>, acessado em julho/2004.

____. Manual de preenchimento da ficha de inspeção de barragens, 2004. <http:// www.mi.gov.br>, acessado em julho/2004.

____. Manual de Segurança e Inspeção de barragens, 2004. Internet: <http:/ /www.mi.gov.br/publicacoes/index.asp>, acessado em julho/2004.

WWI - Worldwatch Institute / UMA - Universidade Livre da Mata Atlântica. A atividade Humana agrava desastres naturais, 2001. Internet: <http:// www.wwiuma.org.br>, acessado em julho/2004.

COMISSÃO DE MINAS E ENERGIA

PROJETO DE LEI Nº 1.181, DE 2003

Estabelece diretrizes para verificação da segurança de barragens de cursos de água para quaisquer fins e para aterros de contenção de resíduos líquidos industriais

Autor: Deputado LEONARDO MONTEIRO

Relator: Deputado FERNANDO FERRO

I – RELATÓRIO

A proposição em exame estabelece diretrizes para verificação da segurança de barragens de cursos de água para quaisquer fins e para aterros de contenção de resíduos líquidos industriais, bem como define obrigações dos empreendedores de barragens.

O insigne autor justifica sua proposição com o argumento que a implantação de barragens e aterros não tem obedecido a parâmetros mínimos de segurança. Adicionalmente, informa da ocorrência de graves acidentes nessas instalações que resultaram em grandes prejuízos materiais e ambientais.

Decorrido o prazo regimental (11/08/2003 a 20/08/2003), não foram apresentadas emendas ao Projeto de Lei nº 1.181/03. Na seqüência, a Comissão de Minas e Energia, em atendimento a requerimento de nossa autoria e apoiado por vários deputados, promoveu audiência pública, realizada em 10 de setembro de 2003, para discussão da mencionada proposição antes da apreciação da aludida proposição.

Nessa ocasião, ficou patente o elevado risco decorrente da inexistência de Política Nacional de Segurança de Barragens e a necessidade da definição de um agente público responsável pela sua implementação e pela coordenação dos vários órgãos fiscalizadores de barragens. Ainda durante a mencionada audiência e em documentos encaminhados posteriormente, os seguintes agentes apresentaram sugestões de alteração do PL nº 1.181, de 2003: Federação Brasileira de Geólogos,

Centrais Elétricas Brasileiras S.A. – ELETROBRÁS e um especialista em recursos hídricos.

As duas primeiras contribuições dizem respeito, essencialmente, aos requisitos para concessão de autorização para construção de barragens de curso de água e de aterros para contenção de resíduos industriais e foram acatadas haja vista a sua pertinência. Já a terceira, sugere procedimentos gerais para a garantia de segurança de barragens em todo o território nacional.

Ressalte-se ainda a interface do tema com as Leis: nº 6.938, de 31 de agosto de 1981 (Política Nacional do Meio Ambiente), Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997 (Política Nacional de Recursos Hídricos), Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 (Lei de Crimes Ambientais), Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000 (cria a Agência Nacional de Águas – ANA), Decreto-lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967 (Código de Minas) e a legislação que regulamenta o setor elétrico

Esta Lei também está em consonância com a Carta Magna, artigo 21, XVIII, que prevê a competência da União para planejar e promover a defesa permanente contra calamidades públicas, especialmente secas e inundações.

Na Comissão de Minas e Energia, coube-me, por designação do Senhor Presidente, Deputado JOSÉ JANENE, elaborar o parecer sobre o mérito da proposição.

É o relatório.

II - VOTO DO RELATOR

Os méritos da proposição elaborada pelo Deputado LEONARDO MONTEIRO são indiscutíveis. Afinal, há muito se faz necessário ordenamento legal sobre a segurança de barragem de cursos de água e de aterros de contenção de resíduos líquidos, que, como se sabe, podem romper-se e acarretar perdas de vida e grandes prejuízos materiais e econômicos.

A ameaça de perdas de vidas e de danos materiais torna-se evidente quando se tem em conta que não se sabe, ao certo, quantas barragens existem no país. Especialistas estimam que haja cerca de 300 mil barragens no Brasil, algumas das quais construídas há mais de 100 anos. Para complicar ainda mais a situação, deve-se assinalar que nesse total incluem-se cerca de 900 grandes barragens, que, naturalmente, demandam maior atenção. Uma idéia da dimensão do problema, foi bem retratada em 2004 nas diversas reportagens de jornais e informes indicando a ocorrência de mais de 100 rupturas de barragens ocasionadas pelas enchentes

ocorridas no início do ano. Por esses informes, muitas dessas rupturas tiveram repercussões graves envolvendo perdas de vidas humanas e danos materiais de toda sorte.

Justamente por isso é que se afigura oportuno dar maior abrangência à proposta de alteração legal em exame, por meio da apresentação de Substitutivo ao Projeto de Lei nº 1.181, de 2003, o qual visa ao estabelecimento de Política Nacional de Segurança para Barragens e à definição do órgão encarregado de zelar pela sua implementação.

Este texto é produto de reuniões com alguns dos agentes que enviaram sugestões e com representante do Comitê Brasileiro de Barragens, razão pela qual estamos convictos de que a matéria sob comento foi objeto de inequívoco aperfeiçoamento.

Uma das principais alterações que fizemos diz respeito à definição dos instrumentos da supracitada política, a saber: a classificação da barragem por categoria de risco, o projeto construtivo e o projeto final como construído, o plano de segurança da barragem, o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens, a revisão de segurança periódica e a educação e comunicação sobre segurança de barragens.

Introduzimos, também, dispositivo que institui o Conselho Nacional de Segurança de Barragens, órgão que irá zelar pela implementação da Política Nacional de Segurança de Barragens e cuja Secretaria-Executiva será exercida pela Agência Nacional de Águas, haja vista que a grande maioria das barragens tem por objetivo a captação de água ou alguma atividade com repercussão sobre os recursos hídricos. Adicionalmente, foram definidas obrigações dos órgãos fiscalizadores e do empreendedor da barragem, no que tange à questão da segurança. Por fim, promovemos aprimoramento na redação do dispositivo que estabelece requisitos para a implantação de barragens.

Pelo exposto, somos pela aprovação do Projeto de Lei nº 1.181, de 2003, na forma do substitutivo apresentado a seguir.

Sala da Comissão, em de de 2004.

Deputado FERNANDO FERRO

Relator

COMISSÃO DE MINAS E ENERGIA

SUBSTITUTIVO AO PROJETO DE LEI Nº 1.181, DE 2003

Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens - PNSB e cria o Conselho Nacional de Segurança de Barragens – CNSB e o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens – SNISB.

O Congresso Nacional decreta:

Art. 1º Esta Lei estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens - PNSB e cria o Conselho Nacional de Segurança de Barragens – CNSB e o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens – SNISB.

Art. 2º Esta lei aplica-se a barragens destinadas à acumulação de água, para o aproveitamento de potenciais hidráulicos e demais usos, à disposição final ou temporária de estéril e de rejeitos de mineração e à acumulação de resíduos industriais líquidos, e que apresentem pelo menos uma das seguintes características:

I – altura do maciço, contada do nível do terreno natural à crista, maior ou igual a quinze metros;

II – capacidade total do reservatório maior ou igual a três milhões de metros cúbicos;

III – reservatório que contenha resíduos tóxicos ou potencialmente tóxicos;

IV –riscos decorrentes de falhas no funcionamento da barragem ou de sua ruptura inaceitáveis em termos econômicos, sociais, ambientais ou de perda de vidas humanas.

§ 1º Os órgãos fiscalizadores poderão, em função de peculiaridades regionais, sujeitar outras barragens à aplicação desta lei.

§ 2º A segurança de barragem enquadrada neste artigo deve ser garantida, mesmo após a sua desativação, enquanto houver material acumulado no reservatório.

Art. 3º Para os efeitos desta Lei são estabelecidas as seguintes definições:

I – Barragem: qualquer obstrução em um curso permanente ou temporário de água, ou talvegue, para fins de contenção ou acumulação de substâncias líquidas ou misturas de líquidos e sólidos, compreendendo a estrutura do barramento, suas estruturas associadas e o reservatório formado pela acumulação. Para efeito desta Lei, os diques de contenção de enchentes e os aterros barragem em estradas incluem-se nessa definição;

II – Empreendedor: agente privado, paraestatal ou governamental, com título de propriedade das terras onde se localiza a barragem, ou que explore a barragem para benefício próprio ou da coletividade;

III – Segurança de Barragem: condição de caráter estrutural e operacional em que a ocorrência de ameaças impostas por uma barragem à vida, à saúde, à propriedade ou ao meio ambiente se mantém em níveis de risco aceitáveis;

IV – Risco: probabilidade de ocorrência de evento adverso, geralmente associada com a magnitude de suas conseqüências;

V – Órgão Fiscalizador: autoridade do poder público responsável pelas ações de fiscalização da segurança da barragem vinculadas ao ato administrativo de outorga de direito de uso dos recursos hídricos, de regime de aproveitamento de recursos minerais, de licenciamento ambiental e de autorização de uso de potencial hidráulico.

Parágrafo único. Para fins de definição clara de atribuições quanto á fiscalização da Segurança de Barragens:

I - as barragens com uso preponderante para fins de geração hidrelétrica ficam sob a fiscalização da entidade que autorizou o uso do potencial hidráulico

II - as barragens com objetivo de acumulação de água para os demais usos ficam sob a fiscalização da entidade que outorgou o direito de uso dos recursos hídricos

III - as barragens para fins de disposição final ou temporária de estéril e de rejeitos de mineração ficam sob a fiscalização da entidade que autorizou o aproveitamento dos recursos minerais e

IV - as barragens para fins de disposição de resíduos industriais ficam sob a fiscalização da entidade que forneceu a licença ambiental de instalação e operação.

Art. 4º São princípios da Política Nacional de Segurança de Barragens - PNSB:

I – barragens são importantes para o desenvolvimento sustentável;

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

III – a segurança de uma barragem deve ser considerada nas suas fases de planejamento, projeto, construção, primeiro enchimento e vertimento, operação e desativação;

IV – a população deve ser informada e estimulada a participar das decisões que influam na segurança de barragens;

V – o empreendedor da barragem é o responsável pela sua segurança e pelos prejuízos a terceiros que possam advir do seu mau funcionamento.

Art. 5º São instrumentos da PNSB:

I – a classificação da barragem por categoria de risco;

II – o projeto construtivo e o projeto final como construído;

III – o Plano de Segurança da Barragem;

IV – o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens – SNISB;

V – a revisão de segurança periódica;

VI – a educação e comunicação sobre a segurança de barragens.

Art. 6º As barragens serão classificadas por categoria de risco em função das seguintes variáveis:

I – características físicas da barragem;

II – estado de conservação da obra;

III – probabilidade de ocorrência de ruptura;

IV – conseqüências da ruptura, contemplando aspectos sociais, econômicos e ambientais.

Parágrafo único. As barragens serão classificadas nas seguintes categorias de risco: alto, médio e baixo, podendo o órgão fiscalizador estabelecer graduação para cada categoria.

Art. 7º O projeto construtivo deve conter, além dos dados técnicos sobre a obra, todas as informações necessárias para a operação e manutenção da barragem em condições adequadas de segurança.

Parágrafo único. O conteúdo e o nível de detalhamento do projeto construtivo deverão ser estabelecidos pelo órgão fiscalizador em função da categoria de risco da barragem, devendo incluir, no mínimo, os desenhos, as especificações construtivas e os estudos hidrológicos, hidráulicos, geológicos, geotécnicos e ambientais.

Art. 8º O projeto final como construído deve indicar como a barragem foi construída e conter todas as informações necessárias para a operação e manutenção da barragem em condições adequadas de segurança

Parágrafo único. O conteúdo e o nível de detalhamento do projeto final como construído deverão ser estabelecidos pelo órgão fiscalizador em função da categoria de risco da barragem, devendo incluir, os desenhos, as especificações construtivas, os manuais de operação e manutenção dos equipamentos e dispositivos, bem como os estudos hidrológicos, hidráulicos, geológicos, geotécnicos e ambientais atualizados.

Art. 9º O plano de segurança da barragem visa a mantê-la em condição adequada de segurança e deve compreender:

I – a estrutura organizacional, capacidade técnica e quantidade mínima de profissionais da equipe de segurança;

II – a identificação dos recursos, equipamentos e dispositivos a serem empregados;

III – os manuais de procedimento, que contemplarão o roteiro de inspeções de segurança formais e especiais, a rotina de monitoramento por meio de instrumentos de auscultação, a regra operacional dos dispositivos de descarga e a sistemática de comunicação e alerta.

§ 1º 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 em função da categoria de risco da barragem.

§ 2º As exigências indicadas nas inspeções e revisões de segurança periódicas da barragem devem ser contempladas nas atualizações do Plano de Segurança.

§ 3º O órgão fiscalizador poderá, em função da categoria de risco da barragem e das recomendações das revisões de segurança, determinar a elaboração de Plano de Ações Emergenciais – PAE, devendo exigi-lo, no mínimo, para as barragens classificadas como de risco alto.

§ 4º O PAE estabelecerá as ações a serem tomadas pelo empreendedor da barragem em caso de situação de emergência, bem como identificará os agentes a serem notificados dessa ocorrência, devendo prever pelo menos:

I – conjectura e análise das possíveis situações de emergência;

II – procedimentos para identificação e notificação de mau funcionamento ou ruptura da barragem;

III – procedimentos preventivos e corretivos a serem adotados, com indicação clara do responsável por cada ação, bem assim de como obter materiais e recursos para as situações de emergência.

IV – sistemas de alerta e mapas de inundação com indicação do alcance de ondas de cheia e respectivos tempos de chegada.

§ 5º A elaboração e atualização periódica do PAE deve envolver as autoridades e as comunidades das regiões afetadas, bem como os organismos de Defesa Civil.

§ 6º A inspeção de segurança formal será efetuada pela própria equipe de segurança da barragem, com periodicidade máxima de dois anos, devendo o relatório resultante ser enviado ao órgão fiscalizador até o final do primeiro trimestre do ano seguinte.

§ 7º A inspeção de segurança especial será elaborada, conforme orientação do órgão fiscalizador, por equipe multidisciplinar de especialistas, em função da categoria de risco da barragem, nas fases de construção, primeiro enchimento e vertimento, operação e desativação, devendo considerar as alterações das condições a montante e jusante da barragem.

§ 8º A periodicidade, o conteúdo mínimo, o nível de detalhamento das inspeções de segurança formal e especial e os procedimentos de instrumentação e de monitoramento deverão ser estabelecidos pelo órgão fiscalizador em função da categoria de risco da barragem.

§ 9º As inspeções de segurança formal e especial devem ser conclusivas, indicando claramente as ações a serem adotadas pelo empreendedor para a manutenção do risco em níveis aceitáveis.

§ 10º A periodicidade de atualização dos Planos de Segurança e de realização das Inspeções deve ser inferior a dez anos.

Art. 10º Fica instituído o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens – SNISB, mantido e operado pela Agência Nacional de Águas – ANA, para registro informatizado das condições de segurança das barragens existentes em todo o território nacional.

§ 1º O SNISB é um sistema de coleta, tratamento, armazenamento e recuperação de informações sobre barragens.

§ 2º São princípios básicos para o funcionamento do SNISB:

I - descentralização da obtenção e produção de dados e informações;

II - coordenação unificada do sistema;

III - acesso aos dados e informações garantido a toda a sociedade.

§ 3º São objetivos do SNISB:

I - reunir, dar consistência e divulgar os dados e informações sobre a situação da segurança das barragens existentes no Brasil;

II - atualizar permanentemente as informações sobre a segurança da barragens existentes em todo o território nacional;

§ 4º O SNISB compreenderá barragens em construção, em operação e desativadas.

§ 5º A coordenação do SNISB estará a cargo do Conselho Nacional de Segurança de Barragens - CNSB.

§ 6º O CNSB deverá emitir, no prazo de seis meses contado a partir de sua instalação, normas e procedimentos gerais para implantação do SNISB, considerando a periodicidade de atualização, a qualificação do responsável técnico, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento das informações sobre segurança, determinado em função da categoria de risco da barragem

§ 7º O órgão médio e manterá cadastro atualizado das informações sobre segurança das barragens sob sua jurisdição, devendo enviá-lo ao coordenador do SNISB.

§ 8º Todas as barragens devem ser cadastradas no SNISB, mesmo as que não estejam enquadradas no critério indicado no art. 2º.

Art. 11º Revisões de segurança periódicas deverão ser realizadas por equipes sem vínculo com o empreendedor da barragem, observada a periodicidade máxima de dez anos, com o objetivo de verificar o estado geral de segurança da barragem, considerando o atual estado da arte para os critérios de projeto, atualização dos dados hidrológicos e as alterações das condições a montante e jusante da barragem.

§ 1º A primeira revisão de segurança periódica de uma barragem nova deve ser realizada em até cinco anos após o término da sua construção

§ 2º A periodicidade, a qualificação técnica da equipe responsável, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento da revisão de segurança periódica serão estabelecidos pelo órgão fiscalizador em função da categoria de risco da barragem.

§ 3º O período máximo entre revisões periódicas de segurança somente poderá ser adotado para barragem classificada na categoria de risco baixo.

§ 4º Os relatórios atinentes à revisão de segurança da barragem indicarão as ações necessárias para a manutenção do risco em níveis aceitáveis, devendo ser firmados por profissional legalmente habilitado.

§ 5º A revisão de segurança periódica deve ser conclusiva, indicando claramente as ações a serem adotadas pelo empreendedor para a manutenção do risco em níveis aceitáveis, compreendendo, para tanto:

I – o exame de toda a documentação da barragem, inclusive os relatórios de inspeções;

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.

Art. 12º A Educação e Comunicação sobre segurança de barragem têm por objetivo conscientizar a sociedade da importância da segurança de barragens.

Parágrafo único. Os órgãos fiscalizadores e empreendedores deverão:

I – apoiar e promover eventos sobre segurança de barragens;

II – elaborar material didático;

III – manter sistema de divulgação sobre a segurança das barragens sob sua jurisdição.

Art. 13º O CNSB será composto por:

I - representantes dos Ministérios e Secretarias da Presidência da República com atuação relacionada com barragens;

II - representantes dos órgãos fiscalizadores federais, estaduais e municipais;

III - representantes dos empreendedores de barragens;

IV - representantes das organizações civis relacionadas com barragens;

V – representante do Sistema Nacional de Defesa Civil;

VI –representante do CONFEA – Conselho Federal de Engenharia e Arquitetura;

VII – representante do Congresso Nacional;

VIII – representante do Ministério Público.

Parágrafo único. O Conselho reunir-se-á, ordinariamente, a cada seis meses e, extraordinariamente, sempre que convocado pelo seu Presidente ou por dois terços de seus membros.

Art. 14º Compete ao Conselho Nacional de Segurança de Barragens - CNSB:

I – zelar pela implementação da PNSB ;

II – promover a articulação entre os órgãos fiscalizadores de barragens;

IIIIV - estabelecer diretrizes gerais para implementação da PNSB, aplicação de seus instrumentos e atuação do SNISB;

V – elaborar e divulgar, anualmente, relatório sobre a segurança das barragens.

§ 1º Os órgãos fiscalizadores deverão informar imediatamente ao Coordenador do SNISB e ao Sistema Nacional de Defesa Civil sobre qualquer falha no funcionamento ou acidente ocorrido nas barragens sob sua jurisdição.

§ 2º O CNSB deverá encaminhar anualmente para o Congresso Nacional relatório sobre a situação da segurança de barragens em todo o território nacional.

§ 3º O CNSB fica vinculado à estrutura do Ministério de Meio Ambiente.

§ 4º O poder executivo deverá criar e regulamentar o CNSB no prazo de 6 meses a contar da publicação desta Lei.

Art. 15º Compete à Secretaria Executiva do Conselho Nacional de Segurança de Barragens:

I – prestar apoio administrativo, técnico e financeiro ao CNSB;

II – elaborar seu programa de trabalho e respectiva proposta orçamentária anual e submetê-los à aprovação do CNSB;

Art. 16º Parágrafo único. A Secretaria-Executiva do CNSB será exercida pela Agência Nacional de Águas.;O empreendedor da barragem obriga-se a:

I – providenciar recursos necessários à garantia da segurança da barragem em níveis aceitáveis

II – providenciar a elaboração do projeto final como construído;

III – submeter à aprovação do respectivo órgão fiscalizador qualquer alteração estrutural ou procedimento de manutenção da barragem e de suas estruturas complementares que possa afetar negativamente sua segurança;

IV – fornecer ao respectivo órgão fiscalizador os dados relativos à segurança da barragem, em particular informações sobre a manutenção e vigilância de segurança estrutural;

V – manter arquivo com as informações relevantes sobre o projeto, construção, manutenção e segurança, bem como permitir o acesso do órgão fiscalizador e de interessados à documentação sobre a segurança da barragem;

VI – manter serviço especializado em segurança de barragens, quando a mesma for classificada nas categorias de médio e alto risco;

VII – permitir o acesso da fiscalização do órgão fiscalizador ao local da barragem;

VIII – providenciar a elaboração e atualização do plano de segurança da barragem, observadas as recomendações das inspeções e revisões de segurança periódicas;

IX – não promover alteração que possa acarretar redução da capacidade de descarga do vertedouro sem prévia revisão dos estudos hidrológicos e hidráulicos por profissional legalmente habilitado e autorização do órgão fiscalizador;

X – determinar que as empresas responsáveis pelo projeto e construção da barragem providenciem a anotação de responsabilidade técnica dos responsáveis;

XI – manter registros diários dos níveis de água dos reservatórios, com a respectiva correspondência em volume armazenado;

XII – manter registros mensais dos volumes e características químicas e físicas dos rejeitos acumulados;

XIII – manter registros mensais dos níveis de contaminação do solo e do lençol de água no entorno da área ocupada pelos rejeitos.

Art. 17º O órgão fiscalizador, no âmbito de suas atribuições legais, fica obrigado a:

I – no prazo de um ano, a partir da data de publicação desta Lei:

a) elaborar e implantar cadastro das barragens sob sua jurisdição para fins de incorporação no SNISB;

b) efetuar cadastramento periódico de todas as barragens existentes em sua área de jurisdição, identificando claramente os respectivos empreendedores para fins de atualização do cadastro que será incorporado ao SNISB;

II – exigir do empreendedor a anotação de responsabilidade técnica, no Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia – CREA, dos estudos, planos, projetos e relatórios citados nesta Lei;

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

IV – articular-se com outros órgãos fiscalizadores envolvidos com o licenciamento e autorização de construção de barragens;

V – atender às regulamentações complementares estabelecidas pelo CNSB.

Art. 18º A barragem que apresentar condição de segurança inadequada deverá ser desativada ou recuperada pelo seu empreendedor, de acordo com orientação do órgão fiscalizador.

Parágrafo único. A recuperação ou desativação da barragem deverá ser objeto de projeto específico.

Art. 19º A implantação de barragens a que alude o art. 2º somente será permitida caso o respectivo processo esteja instruído por estudos e projetos que observem as normas aplicáveis e que contemplem, no mínimo:

I – estudo hidrológico com vistas à determinação da vazão máxima de enchente, considerado o período de recorrência mais adequado à obra;

II – estudo hidráulico que permita o dimensionamento de órgão de descarga capaz de escoar a vazão máxima de enchente, garantida a segurança da barragem ou do aterro;

III – estudo geológico e geotécnico da área em que será implantada a barragem ou aterro e reservatório correspondente;

IV – a verificação da estabilidade da barragem ou aterro, quando submetido às condições de carregamento normais, excepcionais e limites de operação;

V – o detalhamento das fundações, aterros e estruturas que comporão a obra;

VI – o detalhamento do plano de instrumentação da obra.

Parágrafo único. Não se aplica o disposto no caput a barragens não alcançadas pela PNSB e que se destinem a possibilitar usos insignificantes de água, nos termos do disposto no § 1º do art. 12 da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997.

Art. 20º Os estudos, relatórios, planos e projetos indicados nesta Lei deverão ser elaborados e assinados por profissionais registrados e habilitados pelos respectivos órgãos de classe.

§ 1º Os serviços especializados de segurança de barragens devem ser integrados por engenheiro de segurança de barragens, que é o portador de certificado de conclusão de curso de especialização em engenharia de segurança de barragens, em nível de pós-graduação;

§ 2º O Sistema CONFEA/CREA deverá estimular o treinamento e a capacitação e providenciar no prazo de um ano a regulamentação para habilitação de profissionais em segurança de barragens.

§ 3º Até que o Sistema CONFEA/CREA regulamente a habilitação de profissionais em segurança de barragens, a comprovação exigida pelo órgão fiscalizador poderá ser efetuada por meio de atestados de trabalhos em serviços similares submetidos à análise do órgão fiscalizador.

Os empreendedores de barragens enquadradas no Art. 2º existentes na data de publicação desta Lei terão prazo de dois anos, contados a partir da data de publicação desta lei, para apresentarem aos órgãos fiscalizadores relatório circunstanciado comprovando a segurança das instalações.

§ 1º. Após o recebimento do relatório de que trata o caput, os órgãos fiscalizadores terão prazo de noventa dias para se pronunciarem, devendo comunicar sua decisão para o CNSB.

Art. 21º O Poder Executivo estabelecerá no prazo de seis meses os regulamentos necessários à aplicação desta Lei.

Art. 22º Esta lei entra em vigor na data de sua publicação.

Sala da Comissão, em de de 2004.

Deputado FERNANDO FERRO

Relator