



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA-UFBA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AMBIENTAL
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM SEGURANÇA DE BARRAGENS:
ASPECTOS TÉCNICOS E LEGAIS**

CAMILLA FERREIRA SERRATINE

**METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DE SEGURANÇA DE
BARRAGEM PARA PEQUENOS BARRAMENTOS DE
ATERRO.**

Salvador
2019



CAMILLA FERREIRA SERRATINE

**METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DE SEGURANÇA DE
BARRAGEM PARA PEQUENOS BARRAMENTOS DE
ATERRO.**

Projeto de Pesquisa apresentado ao Curso de Especialização em Segurança de Barragens: Aspectos Técnicos e Legais, Universidade Federal da Bahia, como requisito parcial para obtenção do grau de Especialista em Segurança de Barragens.

Orientador: Especialista Ruben José Ramos Cardia
Professora de Metodologia: Msc. Alzira Ribeiro Mota

Salvador
2019



CAMILLA FERREIRA SERRATINE

**METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM
PARA PEQUENOS BARRAMENTOS DE ATERRO**

Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção do título de
ESPECIALISTA EM SEGURANÇA DE BARRAGENS,
da Universidade Federal da Bahia.

Aprovada em 30 de janeiro de 2019.

Banca Examinadora:

Prof. Esp. Ruben José Ramos Cardia _____
Especialista em Segurança de Barragens (Orientador)

Prof. Dr. Carlos Henrique Medeiros _____
Doutorado em Geotechnical Engineering. University of Newcastle Upon-Tyne,
England, UK.
Ex titular da Universidade Estadual de Feira de Santana – UEFS

Prof. Me. Luís Edmundo Prado Campos _____
Mestrado em Engenharia Civil. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro,
Brasil.
Universidade Federal da Bahia – UFBA

Salvador,
2019

"Errar é humano. Aprender com os erros é estratégico"
Geraldo Collaziol

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer meu orientador, Ruben José Ramos Cardia, pelos valiosos ensinamentos, pelas contribuições na monografia fazendo com que eu me orgulhe do trabalho realizado. E, principalmente, pela paciência e dedicação a mim empenhadas, pois me deixou sempre a vontade sobre o tema e respondendo aos meus questionamentos, de forma extremamente ágil. Admirava profissionalmente e agora reverencio o professor.

A minha avó, Geny Serratine, que sem apoio da mesma essa especialização não seria possível, uma vez que eu tinha feito compromissos financeiros anteriores. Mas para estudo ela jamais deixaria de ajudar uma neta na busca de aperfeiçoamento profissional.

A Valéria e Edison, meus pais, por terem acreditado e dado suporte para que eu realizasse meus sonhos e enfrentasse todos os meus pesadelos me dando todo o apoio necessário.

A todos os amigos que me apoiaram nessa caminhada que souberam respeitar meu tempo sabático para que cumprisse meu objetivo, em especial o engenheiro mestre Jeverson Vasconcelos de Souza, uma vez que o mesmo escutava sempre minhas angústias e dizendo que eu consigo fazer aquilo que eu me proponho.

Gostaria de agradecer também a um excelente grupo de mulheres e profissionais que conheci na especialização e me aproximei: a Eng^a Civil Katia Vieira, Eng^a Ambiental Samanda Portela, Eng^a de Minas Maria Costa (pelo companheirismo e troca de experiências) e em específico a Geóloga, Adele Figuerôa Cabral, minha parceira na dupla em várias atividades desta Especialização. E como digo, um 'dicionário "aurélio"', e sem a mesma este curso não seria o mesmo.

A Gerência de Recursos Hídricos, do IMASUL, por ter me proporcionado a aprender e me apaixonar pela segurança de barragem.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Estado do MS com os cadastros de barragem no RSB 2011	30
Figura 2	Estado do MS com os cadastros de barragem no RSB 2016	30
Figura 3	Detalhes da Barragem	32
Figura 4	Vertedor Soleira Livre	33
Figura 5	Vertedor com comporta e grelha	33
Figura 6	Vertedor com comporta	33
Figura 7	Vertedor em Poço ou Monge	33
Figura 8	Técnicas de vistoria de taludes	34
Figura 9	Demonstração de percolação	35
Figura 10	Vegetação diferente do corpo da barragem com a encontrada no pé	35
Figura 11	Presença de água no pé da barragem	35
Figura 12	Demonstração de vegetação com coloração diferente na presença de água	36
Figura 13	Trinca	37
Figura 14	Fissura	37
Figura 15	Demonstração de deslizamento	37
Figura 16	Demonstrativo da proteção de talude, tipo Rip-rap	38
Figura 17	Proteção inadequada em barragem	38
Figura 18	Talude com áreas sem proteção	39
Figura 19	Talude com boa cobertura vegetal	39
Figura 20	Demonstrativo da faixa de 10m	40
Figura 21	Barragem com a faixa de 10m	40
Figura 22	Plantação de bambu	41
Figura 23	Plantação de árvores	41
Figura 24	Vegetação densa a montante e jusante no corpo da barragem	41
Figura 25	Toca de tatu no talude	42
Figura 26	Toca de tatu no talude	42
Figura 27	Cupinzeiro	42
Figura 28	Formigueiro	42
Figura 29	Assoreamento na barragem	43
Figura 30	Assoreamento no vertedor	43
Figura 31	Obstrução do vertedor com vegetação	43

Figura 32	Obstrução do vertedor com vegetação	43
Figura 33	Obstrução com troncos	43
Figura 34	Obstrução com vegetação	43
Figura 35	Obstrução com placa metálica	44
Figura 36	Obstrução da tela de proteção	44
Figura 37	Barragem sem altura de segurança (folga)	44
Figura 38	Empoçamento no coroamento	45
Figura 39	Abalamento da barragem	45
Figura 40	Erosão no talude de jusante	46
Figura 41	Erosão no talude de jusante	46
Figura 42	Erosão no talude de montante	46
Figura 43	Erosão no talude de montante	46
Figura 44	Erosão de contato do vertedor	46
Figura 45	Problema de vedação da comporta	47
Figura 46	Comporta com buracos	47
Figura 47	Reservatório com plantas aquáticas	47
Figura 48	Falha de vegetação ciliar (APP)	48
Figura 49	No detalhe, a trinca no concreto	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Cadastros de Barramentos no CEURH/SIRIEMA	22
Tabela 2	Detalhamento do PSB no Mato Grosso do Sul	25
Tabela 3	Matriz DPA Proveniente da Tabela 4/ Resolução CNRH 143/2012	27
Tabela 4	Matriz DPA e CRI do Estado do MS	27
Tabela 5	Descrição do MS Quanto aos RSB 2011-2017	29

LISTA DE FLUXOGRAMA

Fluxograma 1	Trâmite da DURH	21
Fluxograma 2	Trâmite administrativo da outorga	23

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ABGE** – Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental
- ABMS** – Associação Brasileira de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
- ABNT** – Associação Brasileira de Normas Técnicas
- ACI** – American Concrete Institute
- ANA** – Agência Nacional de Águas
- ANCOLD** - Australian National Committee on Large Dams (Comitê Australiano de Grandes Barragens)
- ANEEL** – Agência Nacional de Energia Elétrica
- ANM** – Agência Nacional de Mineração (ex DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral)
- APA** – Agência Portuguesa do Ambiente (ex INAG – Instituto da Água)
- ABMS** – Associação Brasileira de Mecânica dos Solos e Ambiental
- ART** – Anotação de Responsabilidade Técnica
- ASDSO** – Association of State Dam Safety Officials
- BRE** - Building Research Establishment
- CDA** - Canadian Dam Association (Associação Canadense de Barragens)
- CERH-MS** - Conselho Estadual de Recursos Hídricos
- CESP** - Companhia Energética de São Paulo (ex Centrais Elétricas de São Paulo)
- CGH** – Central Geradora Hidráulica
- CIGB** – Comissão Internacional de Grandes Barragens
- CNRH** - Conselho Nacional de Recursos Hídricos
- CREA** – Conselho Regional de Engenharia e Agronomia
- CRI** – Categoria de Risco
- DNOCS** – Departamento Nacional de Obras Contra Seca
- DPA** - Dano Potencial Associado
- DURH** - Declaração de Usuário de Recursos Hídricos
- ELETROBRÁS** – Centrais Elétricas Brasileiras
- FEMA** – Federal Emergency Management Agency
- IBAMA** – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
- ICODS** – Interagency Committee on Dam Safety
- IBAMA** – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
- IBRACON** – Instituto Brasileiro do Concreto

ICOLD – International Committee on Large Dams (Comitê Internacional de Grandes Barragens)

IMASUL – Instituto de Meio Ambiente do Mato Grosso do Sul

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

NDSP – National Dams Safety Program

NSPCBDB - Núcleo São Paulo do Comitê Brasileiro de Barragens

O&M – Operação e Manutenção

PAE – Plano de Ação de Emergência

PNSB – Política Nacional de Segurança de Barragem

PROGESTÃO – Programa de Consolidação do Pacto Nacional pela Gestão das Águas

PSB – Plano de Segurança de Barragem

REN – Resolução Normativa

RPSB - Revisão Periódica de Segurança de Barragem

RSB – Regulamento de Segurança de Barragens

SEED - Safety Evaluation of Existing Dams (Avaliação da Segurança de Barragens Existentes)

SEMADE - Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Econômico

SINDEC - Sistema Nacional de Defesa Civil

SISNAMA - Sistema Nacional do Meio Ambiente

SNISB - Sistema Nacional de Informação Sobre Segurança de Barragens

SOD - Safety of Dams (Segurança de Barragens)

UFBa – Universidade Federal da Bahia

USACE – United States Army Corps of Engineers

US BoR – US Bureau – US BUREC – United States Bureau of Reclamation

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE FLUXOGRAMA

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

RESUMO

ABSTRACT

INTRODUÇÃO 12

1. CAPÍTULO I - REGULAMENTAÇÕES INTERNACIONAIS E NACIONAL DE SEGURANÇA DE BARRAGEM 14

1.1 REGULAMENTAÇÃO INTERNACIONAL 14

1.1.1 Regulamentação na Austrália 14

1.1.2 Regulamentação no Canadá..... 14

1.1.3 Regulamentação nos Estados Unidos..... 15

1.1.4 Regulamentação na Inglaterra 16

1.1.5 Regulamentação em Portugal 17

1.2 REGULAMENTAÇÃO NO BRASIL..... 18

1.3 TABELA RESUMO COM AS PECULIARIDADE DE CADA PAÍS 20

2. CAPÍTULO II - ATOS ADMINISTRATIVOS DE REGULARIZAÇÃO DE USO DE RECURSOS HÍDRICOS NO ESTADO DO MATO GROSSO DO SUL 21

2.1 REGULAMENTAÇÃO DE OUTORGA NO ESTADO 23

2.2 REGULAMENTAÇÃO REFERENTE A SEGURANÇA DE BARRAGEM 24

2.3 BARRAGEM NO CADASTRO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM (ANA) 28

3. CAPÍTULO III- FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE BARRAGEM 32

3.1 GENERALIDADE 32

3.2 DEFINIÇÕES 32

3.3 VISTORIA 34

3.4 COMO REALIZAR UMA VISTORIA NA BARRAGEM 34

3.5 O QUE DEVE VERIFICAR EM UMA VISTORIA? 35

3.5.1 Percolação 35

3.5.2 Trincas e Fissuras 36

3.5.3 Deslizamento	37
3.5.4 Proteção Inadequada de talude	38
3.5.5 Toca de animais	41
3.5.6 Assoreamento	42
3.5.7 Obstrução do vertedor	43
3.5.8 Galgamento	44
3.5.9 Depressões / Abatimentos	45
3.5.10 Erosões	46
3.5.11 Defeito de vedação (vazamento)	46
3.5.12 Presença de vegetação aquática extensiva	47
3.5.13 Desmoronamento das margens	47
3.5.14 Danos no concreto do muro do vertedor	48
4.CONSIDERAÇÕES FINAIS	49
5.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50

RESUMO

Vários países, como: Austrália, Canadá, Estados Unidos, Inglaterra, Portugal, entre outros, regulamentaram a segurança de barragem, com determinadas características específicas que o local/território necessita, tempos antes da normatização nacional brasileira. O Brasil, no ano de 2010 promulgou a Política Nacional de Segurança de Barragens - PNSB a qual norteia as diretrizes para todo o território. Mas, os Estados precisam ainda acabar de legislar sobre o assunto. O Estado do Mato Grosso do Sul normatizou em 2014, a outorga de direito de uso de recursos hídricos. Já em dezembro de 2016 a resolução SEMADE 044 determina o Plano de Segurança de Barragem - PSB e as inspeções regulares e especiais foram regulamentadas. Um ano mais tarde, quer dizer, em 2017 vigorou a normatização do Plano de Ação de Emergência - PAE e Revisão Periódica de Segurança de Barragem - RPSB, com a Portaria IMASUL 576. Por ser a segurança de barragem um assunto relativamente novo ainda, muitos dos Empreendedores desconhecem os danos que um rompimento poderá gerar a eles ou a terceiros. E, em muitos casos, não possuem conhecimento básico para informação e avaliação do estado de conservação da barragem que lhe pertença. Portanto, este trabalho (no terceiro capítulo) visa orientar, desmitificando alguns "ditos populares", quanto as patologias que podem ser verificadas nas estruturas e quais medidas de correção, a serem tomadas.

Palavras Chave: Anomalia – Barragem – Legislação - Segurança.

ABSTRACT

Several countries, such as Australia, Canada, England, Portugal, the United States, among others, have regulated the safety of dam, with certain specific characteristics that their site/territory needs, before the Brazilian national standardization was issued. In the year 2010, Brazil promulgated the National Policy on Dams Safety, which directs the guidelines for the completely Brazilian territory. States governments still need to finish legislating on the subject. The State of Mato Grosso do Sul regulated in 2014 the granting of the right to use water resources. As of December 2016, the resolution Semade 044 determines the Dam Safety Plan - PSB as well regulates regular and special visual inspections. A year later, that is to say in 2017, it was time to start normalizing Emergency Action Plan – EAP(or PAE, in Portuguese) and Periodic Safety Review of Dam - RPSB, by the Ordinance IMASUL 576. Because dam safety is a relatively new subject, some out of all Entrepreneurs are unaware of the damages that a breach in the dam may generate to him or to third parties. In addition, in several cases they do not have basic knowledge to inform and address the state of conservation of the dam that belongs to them. Therefore this work (from the third chapter) aims to serve as guidelines, demystifying some "popular sayings", related to the pathologies that can be verified in the structures and which corrective measures should be taken.

Key Words: Anomaly - Dam – Legislation - Safety.

INTRODUÇÃO

Uma das leis do código de Hamurabi (1700 AC) diz respeito sobre "Se uma pessoa deixar entrar água, e esta alagar as plantações do(s) vizinho(s), ele deverá pagar 10 gur de cereais por cada 10 gan de terra", precisamente como diz a expressão "Olho por olho, dente por dente". Se for extrapolada essa lei para os dias atuais em relação as barragens, devido ao grande acúmulo de água e o poder de destruição a jusante da intervenção, é necessário que haja uma regulamentação e responsabilidades.

Advento desta necessidade e seguindo o exemplo de vários países, em 20 de setembro de 2010 o então presidente da república do Brasil, Luis Inácio Lula da Silva, promulgou a Política Nacional de Segurança de Barragem - PNSB, Lei Nº12.334/2010.

As diretrizes para a implementação da Lei nº12334, aplicação de seus instrumentos e atuação do Sistema Nacional de Informação Sobre Segurança de Barragens (SNISB) foram estabelecidas inicialmente pela resolução nº144/2012 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos - CNRH sendo posterior alterada pela resolução nº178/2016 - CNRH. Quando aos critérios de classificação das categorias de riscos e Dano Potencial Associado o CNRH também publicou a resolução nº143/2012, onde atende o art. 7º da PNSB. Adicionalmente, para as barragens de contenção de água para usos múltiplos foi emitida a Resolução Normativa – REN n. 91/12 ANA, posteriormente substituída pela REN n. 236/17 ANA.

Vale salientar a necessidade de outras diretrizes, quer dizer, os órgãos fiscalizadores são impostos pela Lei 12.334/2010 a estabelecerem conteúdos mínimos, prazos e a exercerem a adequada fiscalização. Esses órgãos podem ser federais ou estaduais e são definidos pelo art. 5º da PNSB. Logo, os empreendedores de barragem devem sempre se aterem a especificidade da regulamentação de seu órgão fiscalizador (principalmente, os estaduais).

Sendo assim todos os tipos de barramentos estão regulamentados, seja barragens para acumulação de água de usos múltiplos, para geração hidrelétrica, para disposição final ou temporário de rejeitos e para disposição de rejeitos industriais. Independente do poder financeiro do proprietário, o mesmo deve zelar pela integridade da intervenção realizada em um curso de água, seja ele permanente ou intermitente, com a finalidade de contenção ou acumulação de água ou mistura de líquido e sólidos.

Todos as barragens construídas, não importam a localização onde se encontram ou o material com que são construídas, estão envelhecendo e não existe bibliografia que determine o tempo mínimo para o desempenho da estrutura da barragem. E devido a este fato concreto de deterioração dos barramentos, a população mundial fica a mercê da possível catástrofe. Esta pode ser mitigada com manutenção e monitoramento, e é o que se espera de todos os empreendedores.

Os proprietários de barragem de geração de energia dependem da integridade da mesma, para que seus investimentos (no projeto, na construção e manutenção e na operação dos equipamentos hidromecânicos gerando energia elétrica) sejam vantajosos. Portanto a política nacional de segurança de barragem veio ao encontro às intenções das empresas empreendedoras.

Já as empresas mineradoras necessitam de barragem para a disposição temporária ou definitiva de rejeitos, onde o investimento de construção do barramento é feito parcelado, de acordo com o progresso da extração, beneficiamento e deposição (e logicamente, com o lucro do processamento e uso) do minério. Uma vez que as mineradoras utilizam o método de alteamento de barragem, haverá necessidade de um controle mais rigoroso de desenvolvimento das estruturas, exigindo participação de empresas especializadas, tanto na área de projeto quanto da execução de obra.

E em relação as barragens de acumulação de água e disposição de rejeito de indústria, os proprietários não obtêm seus lucros com o advento das estruturas, elas apenas proporcionam a operação das atividades que os empreendedores exercem. Desta forma esses maciços tendem a serem menosprezados, seja por não terem conhecimentos e esclarecimentos das legislações e/ou por falta de seguirem procedimentos técnicos adequados, quanto à segurança de barragem.

O presente trabalho tem como objetivo apresentar o fato de que a normatização brasileira está em conformidade com as regulamentações internacionais, demonstrando desta forma, as características de cada uma, devido às particularidades locais.

Conseqüentemente há um foco na legislação do Estado do Mato Grosso do Sul, tanto da parte de recursos hídricos quanto dos itens que a Política Nacional de Segurança de Barragem - PNSB determinou que os Estados prescrevessem, pois desta forma os empreendedores estariam melhor orientados.

Seguindo no intuito de instruir os Empreendedores, há um capítulo dedicado especificamente para as precauções quanto aos tipos de anomalias que as barragens de aterro podem apresentar.

1. CAPÍTULO I - REGULAMENTAÇÕES INTERNACIONAIS E NACIONAL DE SEGURANÇA DE BARRAGEM

Quando há leis, normas ou regulamentações quanto à segurança de barragem, as mesmas não visam apenas a integridade da estrutura em si, mas especialmente a proteção das comunidades localizadas a jusante e a prevenção dos danos provenientes de uma possível ruptura desta estrutura - tanto econômicos quanto ambientais.

Devido a ocorrência de graves acidentes em todas as partes do globo terrestre, com os mais diversos tipos de barragem, o fomento da segurança dos barramentos passou a preocupar a sociedade internacional, pela possível falta de regulamentações da área.

1.1. REGULAMENTAÇÃO INTERNACIONAL

1.1.1. Regulamentação na Austrália

O sucesso da segurança de barragem na Austrália é decorrente do fato que a maioria das barragens em seu território pertencem as autoridades públicas, sejam elas federais, estaduais ou municipais. Quando não estão sob propriedade do poder público são projetadas e construídas por técnicos capacitados e operadas por companhias privadas, segundo ZUFFO (2005).

Contudo, na década de 70 o Comitê Internacional de Grandes Barragens - ICOLD (*International Commission on Large Dams*) demonstrava uma crescente preocupação com o tema de segurança de barragem devido ao crescente número de acidente envolvendo barramentos pelo mundo. Segundo ZUFFO (2005), lembrando o acidente na Austrália com uma barragem de 20 metros de altura, que ocorreu no ano de 1929, quando a mesma falhou, provocando 14 fatalidades, o Comitê Australiano de Grandes Barragens - ANCOLD (*Australian National Committee on Large Dams - ANCOLD*, 1972) emitiu um documento ao governo Australiano. Nele, expressava as considerações pelo país não ter uma legislação em relação à segurança de barragem e a cada ano que passava, novas barragens eram projetadas e construídas no território.

O decreto de segurança de barragem (*Dam Safety Act*) foi promulgado em 1978, e complementado pelo código de segurança em barragem (*Dam Safety Code*) no ano de 2000. Assim a Austrália possui seu primeiro conjunto de lei, juntamente com documentos orientativos, intitulados: *Guidelines on Dam Safety Management* e *Guidelines on Risk Assessment*.

1.1.2 Regulamentação no Canadá

ZUFFO (2005) afirma que, apesar de não haver histórico de acidentes com fatalidades no Canadá, muitas vezes as patologias encontradas nas estruturas de barragem foram contornadas a tempo. Conforme foi corroborado pela compilação do inventário de mais de 1.200 barramentos, localizados na província de Alberta, cerca de 250 barragens foram apontadas como estando em condições não satisfatórias.

Vale frisar que a regulamentação da segurança de barragem no território canadense é de responsabilidade provincial, segundo a Associação Canadense de Barragens – CDA (*Canadian Dam Association*). A província de Alberta, em 1978, foi a primeira a instituir leis que regem a segurança de barragem. A partir disto, as províncias de Alberta e Columbia Britânica desenvolveram um documento de boas práticas quanto a segurança de barragens, apoiadas em regulamentos internacionais, sendo implementado por funcionários administrativos. Já no ano de 1998 as mesmas províncias emitiram um manual de inspeção para pequenas barragens - agora direcionado aos empreendedores - onde constam as diretrizes de execução das inspeções em pequenas barragens.

Em 1997 a Associação Canadense de Barragens – CDA (*Canadian Dam Association*) publicou o Guia da Segurança de Barragem, sendo emitida uma versão revisada dois anos após o primeiro. Nesse Guia consta que os princípios, procedimentos e práticas devem ser aplicados em todos os tipos de barragem, seja existente ou descomissionada. As barragens regulamentadas são as que possuem altura superiores a 2,5 m e capacidade de armazenamento de 30.000 m³ - estando contempladas então, estruturas de menor porte, com padrão análogo ao realizado em outros países, como Portugal. Esse Guia serviu de base a uma versão brasileira emitida em 2000, pelo Núcleo São Paulo do Comitê Brasileiro de Barragens – NSP-CBDB.

Uma das características que se sobressai na legislação é a imposição de multas pesadas aos empreendedores, por acidentes com barragens. Na última revisão a multa máxima, que era de 100 mil dólares canadenses, passou para 1 milhão de dólares canadenses, sendo aplicada ainda penalidade criminal de reclusão em cadeia, com tempo máximo de 3 anos.

1.1.3. Regulamentação nos Estados Unidos

Um dos casos mais marcantes nos EUA é da Barragem Teton no estado de Idaho. Essa barragem teve sua construção iniciada no ano de 1972 e seu enchimento em 1976, mesmo ano de sua ruptura devido ao *piping* ou erosão interna (erosão interna regressiva do material, com início do lado de jusante da barragem ou fundação e progredindo para montante, sob a forma de um tubo, podendo originar uma brecha; NEVES, CALDEIRA e PINHEIRO, 2015), enquanto ocorria seu primeiro enchimento. Apesar de ser um barramento de 90 metros de altura e de ter sido construída após o decreto de 1972, a barragem não possuía instrumentação. Segundo SILVEIRA (2006) a tragédia com a integridade da estrutura poderia ter sido evitada, através da paralisação do enchimento até seu rebaixamento. No caso de uma detecção da falha ou mesmo com o possível alerta dos instrumentos, seria possível detectar com antecedência, a erosão na região de trincheira de vedação da ombreira direita. Além das 14 fatalidades estima-se que os prejuízos sejam de \$1 bilhão de dólares. (Graham, 1999).

Como dito antes, o Congresso Americano promulgou o “*The Dam Inspection Act*” de 1972, autorizando a elaboração de um programa nacional de inspeção de barragens. Num primeiro momento o *U.S. Corps of Engineers - USACE* constatou que 18% das 49.300 barragens inventariadas, nunca tinham sido inspecionadas.

Cerca de 20.000 estavam localizadas em áreas onde, em caso de ruptura, poderiam provocar perdas de vidas, danos a propriedades, edificações, etc. (Galloway *et al*, 2011). Dando continuidade aos trabalhos, o *Bureau of Reclamation - BUREC*, em Denver, Colorado, desenvolveu os programas: “*Safety Evaluation of Existing Dams - SEED*” e “*Safety of Dams - SOD*”, ambos implementados em 1978 e reforçados através do “*Reclamation Safety of Dams Act*” de 1978.

Atualmente, as barragens são avaliadas sob o ponto de vista estrutural, hidráulico-hidrológico e sísmico. Os objetivos são os de identificar as barragens que representam ameaças a população a jusante e rapidamente providenciar as medidas corretivas que garantam a sua integridade estrutural, assim como, os recursos financeiros necessários para os reparos. Principalmente após os ataques terroristas de 11 de setembro 2001 quando a segurança de barragem passou a ser uma das prioridades das autoridades.

1.1.4. Regulamentação na Inglaterra

No ano de 1925, houve o rompimento de duas barragens de 11 metros de altura (*Eigiaus* e *Coedty Dam*), na cidade de *Snowdonia* (no estado de *Gales*). Eram barragem em cascata, onde a estrutura de montante rompeu devido ao *piping* e, devido ao acréscimo do volume de água, a barragem a jusante atingiu seu nível *máximo maximorium* e rompeu por galgamento da estrutura - ocasionando a fatalidade de 17 indivíduos. Decorrente deste evento, o Parlamento Inglês regulamentou em 1930 o *Reservoir (Safety Provision) Act* - Decreto da Provisão da Segurança em Reservatórios.

Este decreto teve atualizações nos anos de 1970, 1975 e 1985, garantindo assim, que a atribuição quanto a regulamentação e a fiscalização das condições da estrutura seja do ente municipal de onde se localiza o barramento. Além disso, determinou que a inspeção regular nas estruturas deva ser feita pelo empreendedor, em no máximo 10 anos e que seja realizada por dois engenheiros especialistas em barragens. Vale frisar que os engenheiros responsáveis pelas fiscalizações são nomeados pelo Governo Britânico após uma prova, que atesta a capacidade técnica em segurança de barragem, sendo válida por 5 (cinco) anos. É necessário se candidatar novamente ao teste para continuar a trabalhar no ramo. ZUFFO (2005)

Além disso, a legislação supracitada promoveu o enquadramento de estruturas com volume acima de 25.000 m³ e/ou altura superior a 7,5 m, estando mais de duas mil barragens enquadrada nos critérios estabelecidos. Esses parâmetros foram estabelecidos pois, segundo o *BRE - Building Research Establishment*, 80% das estruturas possuem altura inferiores a 15 m e a média de idade das barragens esta em torno dos 90 anos, sendo que a maioria não dispõe de registros sobre sua construção. A partir disto, o governo britânico promove periodicamente programas de avaliação da segurança dessas barragens, conforme os avanços técnicos e de ferramentas tecnológicas.

O órgão fiscalizador pode requerer do empreendedor da obra a nomeação de um técnico legalmente capacitado em segurança. No caso da ausência ou impossibilidade de nomeação deste, a entidade escolherá um profissional responsável, sendo as despesas decorrentes do processo e dos serviços prestados de responsabilidade do proprietário.

O fiscalizador possui livre acesso para vistoriar e realizar obras que assegurem a segurança da barragem na omissão do proprietário, assim como a vistoria para posterior pagamento de emolumentos.

1.1.5. Regulamentação em Portugal

Portugal possui duas normativas referentes a estruturas de maior porte. A primeira, pelo Decreto-Lei nº 11, no dia 06 de janeiro de 1990, abrange as grandes barragens (acima de 15 metros de altura da base da fundação à crista, armazenamentos superiores a 100.000 m³ e barragens que apresentem risco elevado segundo o órgão fiscalizador); a segunda, com a Portaria nº 847 (de 10 de setembro de 1993) regulamenta a inspeções de segurança a fim de averiguar os critérios de projeto e as condições em que se encontram as estruturas - contemplando todas as fases da vida barragem.

O destaque da legislação Portuguesa é quanto à regulamentação específica para pequenas barragens. No dia 14 de dezembro de 1993 foi aprovado o Decreto-Lei nº 409, o qual enquadra, em seu primeiro artigo, barragens com altura de no máximo 15 metros (da base da fundação à crista) e com reservatórios com capacidade menor de 100.000 m³ - os quais não estavam regulamentados anteriormente. Da mesma forma que estabelece, no art. 2, que a elaboração de projeto, execução da obra do barramento, a exploração e a observação devem ser feitas sempre por um técnico com qualificação reconhecida pela (então, INAG-Instituto Nacional da Águas, hoje) Agência Portuguesa do Ambiente - APA, órgão federal português que tem como objetivo propor, acompanhar e assegurar a execução e cumprimento das políticas nacionais do setor de recursos hídricos e ambientais do país.

Diversas propriedades estruturais possuem um valor mínimo na legislação supracitada para barramentos construídos com aterro, em função da sismicidade local, características da barragem, ou mesmo da amplitude das ondas que chegam de encontro com a estrutura. Com isso, o técnico deverá verificar qual valor a ser atribuído ao item, respeitando mínimo determinado no Decreto-Lei 409/93. Ressaltam-se, em caráter exemplificativo: o artigo 10º no qual determina-se que o tempo de retorno mínimo para a cheia de projeto para as estruturas, deverá ser de 100 anos; o Art. 11 que preconiza a altura de folga, uma altura de segurança entre o nível máximo que a água normalmente atinge e o coroamento (NEVES, CALDEIRA e PINHEIRO, 2015), que deverá ser de no mínimo 1,0 m; a largura do coroamento deve ser no mínimo 3,0 m, consoante o art. 12; e a tomada de água e descarga de fundo devem ter no mínimo uma tubulação de 0,70 m de diâmetro, para que desta forma, haja a garantia de segurança do circuito de água.

Quem de direito que explore os pequenos barramentos deve desenvolver ações sistemáticas, periódicas ou de rotinas que tenham a finalidade de caráter preventivo, reparatório e de manutenção a fim de evitar a deterioração da estrutura e dos equipamentos nela instalados, como prevê o artigo 22 do Decreto-Lei 409/93. Ressalta-se que essas intervenções devem ser aprovadas pelo Agente Fiscalizador (anteriormente o INAG, atualmente a APA), pois é este o órgão notificado pelos empreendedores no que tange o estado de conservação das estruturas. Sabe-se que recentemente (2018) ocorreu revisão na Lei em Portugal.

1.2. REGULAMENTAÇÃO NO BRASIL

O Brasil durante anos teve vários acidentes marcantes. Um dos primeiros acidentes com ruptura de barragem ocorreu em 1954, na Barragem Pampulha, em Belo Horizonte, MG, por *piping*. Outro ocorreu no estado do Ceará, no dia 27 de março de 1960, quando a Barragem Orós, ainda durante sua construção, sofreu um galgamento, devido a chuvas intensas. Houve a estimativa à época, que aproximadamente 60% da população dos municípios atingidos tiveram que ser deslocados e conseqüentemente sofreram algum tipo de prejuízo de ordem material, segundo LEITE (2009). Apesar de toda a catástrofe e prejuízos e o auxílio das forças armadas, não existiu nenhuma ocorrência de morte neste evento.

Apenas 17 anos depois, em janeiro de 1977, no estado de São Paulo, duas barragens romperam. O colapso da Barragem Euclides da Cunha foi devido ao galgamento de seus 53 metros de altura e 13,6 hm³ de volume, o qual gerou uma onda de cheia, provocando o rompimento em cascata da Barragem Armando de Salles Oliveira (Limoeiro) com 35 metros e 25,9 hm³ de capacidade, ambas (então) de propriedade da CESP- Companhia Energética de São Paulo (CDBD, 1982; CDBD, 1999). Posteriormente este evento motivou a discussão acerca da segurança de barragens no país.

Já no Estado de São Paulo, houve a publicação do Decreto nº 10.752 em novembro de 1977, que legitima a necessidade de coordenação na construção e principalmente procedimentos das condições para operação de barragens, devido à falta de uma legislação, que não obteve sucesso em sua implementação (CDBD, 1982; CDBD, 1999). Contudo, NEVES (2018) afirma que alguns empreendedores dos setores hidrelétrico e de grandes empresas mineradoras buscaram implantar isoladamente padrões operacionais nas estruturas brasileiras, que também seriam adotados internacionalmente.

Após essa tentativa de regulamentação no ano de 1977, somente em 22 de setembro de 2010 o então presidente da república do Brasil, Luis Inácio Lula da Silva promulgou a Política Nacional de Segurança de Barragem - PNSB, Lei nº 12.334.

Apesar da Lei estar em vigor já há mais de 8 anos, acidentes continuam a acontecer. Como foi o caso do maior desastre ambiental envolvendo barragem, segundo a revista Super Interessante na matéria "Top 11: Os piores desastres ambientais da história". O rompimento da Barragem Fundão (que aconteceu no dia 05 de novembro de 2015, em Mariana, MG), que continha rejeito do processo de mineração da empresa Samarco, alcançou o sexto lugar naquele *ranking*.

Regulamentar uma Lei para o Brasil foi dificultoso tendo em visto a extensão territorial do país e todas as características regionais, como a seca no Nordeste, que faz com que os reservatórios sejam expressivamente maiores que em outras regiões, como possível ver nos Relatórios de Segurança de Barragens elaborados pela ANA.

A PNSB em seu primeiro artigo estabelece quais são as barragens que são regidas pela Lei Nacional e a estrutura deve possuir pelo uma das seguintes características:

-
- I - altura do maciço, contada do ponto mais baixo da fundação à crista, maior ou igual a 15 m (quinze metros);
 - II - capacidade total do reservatório maior ou igual a 3.000.000 m³ (três milhões de metros cúbicos);
 - III - reservatório que contenha resíduos perigosos, conforme normas técnicas aplicáveis;
 - IV - categoria de Dano Potencial Associado - DPA, médio ou alto, em termos econômicos, sociais, ambientais ou de perda de vidas humanas, conforme definido no art. 6º.

Vale ressaltar que as pequenas barragens são enquadradas na Lei devido ao quarto inciso, sendo que a classificação de DPA médio ou alto é determinado pelo órgão fiscalizador, que utiliza um quadro classificatório. Isso pode ou não ser aprimorado, como a ANEEL e a ANM fizeram, para que fosse feita uma melhor classificação. Essa tabela é proveniente da Resolução nº 143/2012 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos - CNRH.

No inciso 3 do artigo quatro da PNSB, o texto é enfático quando informa que o empreendedor é responsável legal pela segurança da barragem, cabendo-lhe o desenvolvimento de ações para garanti-la. E no artigo 17 estão determinadas as obrigações dos proprietários, que são:

- I - prover os recursos necessários à garantia da segurança da barragem;
- II - providenciar, para novos empreendimentos, a elaboração do projeto final como construído;
- III - organizar e manter em bom estado de conservação as informações e a documentação referentes ao projeto, à construção, à operação, à manutenção, à segurança e, quando couber, à desativação da barragem;
- IV - informar ao respectivo órgão fiscalizador qualquer alteração que possa acarretar redução da capacidade de descarga da barragem ou que possa comprometer a sua segurança;
- V - manter serviço especializado em segurança de barragem, conforme estabelecido no Plano de Segurança da Barragem;
- VI - permitir o acesso irrestrito do órgão fiscalizador e dos órgãos integrantes do Sindec ao local da barragem e à sua documentação de segurança;
- VII - providenciar a elaboração e a atualização do Plano de Segurança da Barragem, observadas as recomendações das inspeções e as revisões periódicas de segurança;
- VIII - realizar as inspeções de segurança previstas no art. 9º desta Lei;
- IX - elaborar as revisões periódicas de segurança;
- X - elaborar o PAE, quando exigido;
- XI - manter registros dos níveis dos reservatórios, com a respectiva correspondência em volume armazenado, bem como das características químicas e físicas do fluido armazenado, conforme estabelecido pelo órgão fiscalizador;
- XII - manter registros dos níveis de contaminação do solo e do lençol freático na área de influência do reservatório, conforme estabelecido pelo órgão fiscalizador;
- XIII - cadastrar e manter atualizadas as informações relativas à barragem no SNISB.

Diferentemente do Canadá, o Brasil não tem ainda uma legislação a qual imputa multas aos empreendedores, sejam elas leves ou pesadas. No artigo 22 a Lei 12.334/2010 informa que os infratores estarão sujeitos às penalidades estabelecidas em legislação pertinente, mas que ainda não foi promulgada.

E em seu art. 5º, a Política Nacional de Segurança de Barragem delega ações de fiscalização aos órgãos componentes do Sistema Nacional do Meio Ambiente - SISNAMA, sendo quem for o outorgante do direito de uso do recurso hídrico:

- Em curso de água federal, a Agência Nacional de Águas – ANA;
- No caso de curso hídricos estaduais, os órgãos estaduais gestores de recursos hídricos que já tenham o instrumento de Outorga implementado e operante em suas estruturas organizacionais;
- Para o uso de potencial hidroelétrico, a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL (com acordos com órgãos estaduais, para fiscalização de autoprodutores);
- Para a questão de direitos minerários, a ANM - Agência Nacional de Mineração (antigo Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPN) e órgãos que emitirem licença ambiental com fins de instalação e operação de barragem de resíduos industriais (em curso de água federal IBAMA; e os órgãos estaduais, no caso de curso hídricos estaduais)

1.3. TABELA RESUMO COM AS PECULIARIDADE DE CADA PAÍS DESCRITO

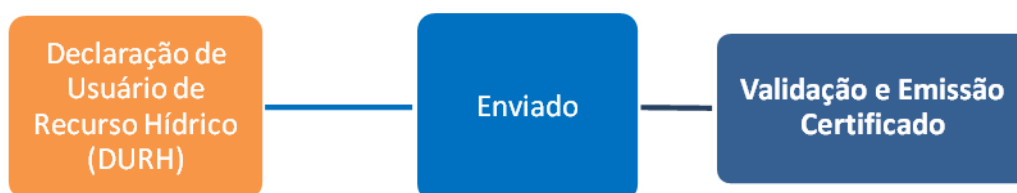
Austrália	Canadá	EUA	Inglaterra	Portugal	Brasil
Dam Safety Act em 1978 Dam safety code em 2000	Regulamentação é provincial, sendo a primeira, Alberta, em 1978	The Dam Inspection Act de 1972 e Reclamation Safety of Dams Act de 1978.	Decreto da Provisão da Segurança em Reservatórios em 1930 e regulamentação e a fiscalização municipal	Decreto-Lei nº 11 de 1990 para Altura \geq 15 m e volume \geq 100.000 m ³	Política Nacional de Segurança de Barragem Lei 12.334 em 2010
Maioria das barragens pertencem ao poder público	Altura \geq 2,50 m e volume \geq 30.000 m ³	Maioria das barragens pertencem ao poder público	Altura \geq 7,50 m e volume \geq 25.000 m ³	Decreto-Lei nº 409 de 1993 para Altura < 15 m e volume < 100.000 m ³	Altura \geq 15 m ou volume \geq 3.000.000 m ³ ou DPA (Médio ou Alto) ou armazenar resíduos perigosos
Documentos orientativos: <i>Guidelines on Dam Safety Management</i> e <i>Guidelines on Risk Assessment</i> .	Manual de inspeção para pequenas barragens - direcionado aos empreendedores multas por acidentes de C\$1 milhão, sendo aplicada ainda penalidade criminal de reclusão em cadeia, com tempo máximo de 3 anos.	O BUREC desenvolveu os programas: "Safety Evaluation of Existing Dams - SEED" e "Safety of Dams - SOD"	Engenheiros responsáveis pelas fiscalizações são nomeados pelo Governo Britânico após uma prova, que atesta a capacidade técnica em segurança de barragem, sendo válida por 5 (cinco) anos. É necessário se candidatar novamente ao teste para continuar a trabalhar no ramo.	Decreto- Lei 409 determina: tempo de retorno mínimo para a cheia de projeto para as estruturas, deverá ser de 100 anos; a altura de folga deverá ser de no mínimo 1,0 m; a largura do coroamento deve ser no mínimo 3,0 m; e a tomada de água e descarga de fundo devem ter no mínimo uma tubulação de 0,70 m de diâmetro, entre outros.	Segundo o RSB 2017, existem 31 órgãos fiscalizadores de segurança de barragem.

2. ATOS ADMINISTRATIVOS DE REGULARIZAÇÃO DE USO DE RECURSOS HÍDRICOS NO ESTADO DE MATO GROSSO DO SUL

O Estado do Mato Grosso do Sul em função de vários fatores e em especial à expansão agropecuária e à mecanização, aumentando então a demanda por uma fonte contínua de água, sem problema de sazonalidade, fez com que houvesse uma expansão na construção de reservatórios provenientes de barragens. Portanto esse fator fez com que a construção de barragem fosse amplamente disseminada por todo o Estado, mas sem o devido cuidado técnico.

No ano de 2012, o Estado de Mato Grosso do Sul emitiu a Resolução SEMAC nº 005, onde dispõe sobre os procedimentos para cadastramento de usuários de recursos hídricos. Segundo a legislação, define-se cadastro de usuários como "... o conjunto de registros de pessoas físicas ou jurídicas que utilizam água bruta superficial ou subterrânea sob o domínio do Estado de Mato Grosso do Sul", estando ainda constante no art. 3º que o mesmo é gratuito, obrigatório e auto declaratório (não sendo necessário, pois, um responsável técnico para a prestação de informações). O cadastramento é feito por meio de uma plataforma eletrônica SIRIEMA, Sistema Imasul de Registro e Informação Estratégica do Meio Ambiente, no próprio site do órgão, e onde informações referentes ao uso são solicitadas. Como no caso de barramento, profundidade do eixo (m), área do reservatório (m²), capacidade máxima de acumulação (m³), coordenada tanto do eixo da barragem quando de entrada e a vazão defluente (l/s ou m³/h).

Após esse cadastramento o próprio sistema eletrônico informa automaticamente se a Declaração de Usuário de Recursos Hídricos - DURH está ou não sujeita à outorga, pois após o envio o *status* ficará "sujeito a outorga" quando o referente cadastro passou do limite de insignificância ou terá o *status* "enviado". A situação 'enviado' que dizer que o uso se encontra abaixo do limite de uso insignificante e precisa ser validado por um técnico do IMASUL, para que, desta forma, então consiga emitir o certificado de uso insignificante, conforme pode acompanhar o trâmite no fluxograma 1.



Fluxograma 1- Trâmite da DURH

O critério estabelecido para uso insignificante foi determinado primeiramente para todos os usos, em uma resolução do Conselho Estadual de Recursos Hídricos – CERH-MS, a Resolução CERH-MS nº 025 de 03 de março de 2015, onde barramentos de um mesmo proprietário em um mesmo curso de água com altura de no máximo 1,0 m e área de espelho de água com no máximo 5,0000 ha. Contudo, no mesmo ano, no dia 25 de agosto, publicou-se a Resolução CERH-MS nº029, a qual alterou a condição de enquadramento do uso insignificante de barramento, estando essa atualmente vigente, para a capacidade máxima de armazenamento por usuário em um mesmo curso de água seja igual ou inferior a 10.000 m³.

Frisando que o entendimento de "em um mesmo curso de água" corresponde para barragens (duas ou mais) que estejam em um mesmo trecho de um curso de água sem que haja contribuição, quer dizer nenhum curso afluente entre os barramentos, na ocorrência deste evento a soma das capacidades sendo superior á 10.000 m³ mesmo individualmente sendo consideradas usos insignificantes, as duas ou mais estruturas serão todas sujeito a outorga por terem excedido o limite de insignificância.

Segundo a Gerência de Recursos Hídricos do Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul, órgão responsável pelas emissões de outorgas e pela fiscalização de segurança de barragem de acumulação de água para usos múltiplos em cursos de água de domínio estadual, normalmente os barramentos presentes no território estadual que não tem a finalidade de geração de energia elétrica ou armazenamento de rejeitos minerais são estruturas menores, quer dizer que tem a capacidade de armazenamento menores em comparação às demais finalidades. Contudo este fato não exclui os danos que as mesmas podem causar, uma vez que podem se localizar mais próximo de populações ou centros industriais.

Para exemplificar melhor como os trabalhos de regularização quanto Cadastro Estadual de Usuário de Recursos Hídricos - CEURH e a outorga de direito de uso e quanto a segurança de barragem estão no início, serão informados alguns dados que o IMASUL informou.

Como comentado anteriormente, o Estado do Mato Grosso do Sul possui uma plataforma online, SIRIEMA, onde se localiza o Cadastro Estadual de Usuário de Recursos Hídricos para todos os tipos de uso da água e é gratuito. Esse cadastro possui 5 modalidades de pontos de interferência, sendo um deles barramento. No dia 13/11/2018 o quantitativo de usuários declarados no sistema era de 1811 cadastros no total, estando os mesmos classificados conforme disposto na tabela 1.

Ponto de interferência	Situação	Quantidade
Barramento	Enviada	103
	Pendente	519
	Validado	391
	Sujeito a Outorga	629
	Em retificação	79
	Outorgado	90
Total:		1811

Tabela 1- Cadastros de Barramentos no CEURH/SIRIEMA

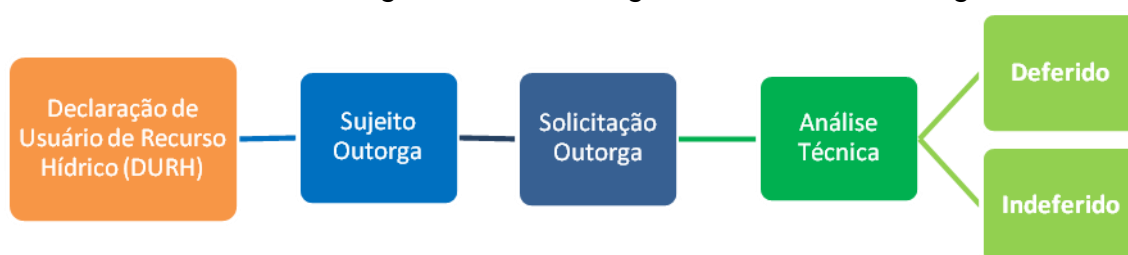
Todo e qualquer cadastro só pode ser realizado/alterado pelo empreendedor ou responsável técnico. Desta forma, no caso de acumulações inferiores a 10.000 m³, quando as declarações são enviadas para análise do órgão estadual de meio ambiente, a situação da mesma fica "Enviada".

Portanto, quando um técnico do IMASUL detectar qualquer inconsistência é colocada uma pendência e a situação será "Pendente". Após a validação de um técnico do órgão e a barragem sendo insignificante a situação se torna "Validado".

Em barramento com capacidade superior a 10.000 m³ após o cadastramento o sistema automaticamente informará situação "sujeito a outorga", que quer dizer que é necessário solicitar a Outorga de Direito de Uso, um procedimento pago, que necessita de um responsável técnico com atribuição. A situação "Em Retificação" está informando que este cadastro está sendo alterado por quem de direito, após uma pendência. E finalmente a situação "Outorgada" é referente a todos os barramentos que já possuem o ato de outorga de direito de uso.

Logo, chega-se a conclusão que apenas os cadastros validados e outorgados estão regularizados quanto aos recursos hídricos. Quer dizer, 481 de um total de 1811, representando 26,56% do atual universo cadastrado. Todavia vale frisar que o Estado do Mato Grosso do Sul não possui apenas essa quantidade de barragens em seu território.

Para regularizar essas estruturas de barramentos no Estado do MS quando há a necessidade da outorga, o trâmite a seguir é conforme o fluxograma 2.



Fluxograma 2- Trâmite administrativo da outorga

2.1 REGULAMENTAÇÃO DE OUTORGA NO ESTADO

A Outorga de direito de uso é muito confundida com o licenciamento ambiental como afirma o IMASUL, órgão estadual de meio ambiente responsável pelas duas pautas no Estado do Mato Grosso do Sul. É de conhecimento comum, porém errôneo, de que a licença ambiental é o único documento administrativo necessário para regularização de barramentos. Parte disso pode ser creditada ao fato de que a legislação de outorga é "recente", possuindo menos de 5 anos de vigência.

Contudo, ressalta-se que a outorga é um instrumento de gestão estabelecido na Lei Estadual nº 2.406/2002, a política Estadual de Recursos hídricos, e sendo regulamentada no dia 02 de julho de 2014 pelo Decreto Estadual nº 13.990. E como para a política de segurança de barragem em seu quinto artigo determina que a entidade que outorgou o direito de uso dos recursos hídricos é a responsável, então esse ato administrativo será o foco do trabalho conforme determina o Art. 5 da Política Nacional de Segurança de Barragem, Lei 12.334/2010.

O licenciamento ambiental conforme previsto no manual de licenciamento do Estado do Mato Grosso do Sul, Resolução Semade nº 9 de 08 de junho de 2015 é o instrumento administrativo que visa controle prévio e monitoramento das atividades que utilizem recursos naturais com potencial poluidor ou de degradação ambiental. Segundo o Decreto 13990/2014 a outorga é o instrumento da Política de Recursos Hídricos que tem como objetivos assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água.

O Manual de Outorga do Estado do Mato Grosso do Sul, regulamentado pela Resolução SEMADE nº 021 de 27 de novembro de 2015, estabelece as normas e procedimentos administrativos de requerimento e análise técnica para que seja emitido o ato de outorga para todas as finalidades de usos de recursos hídricos, inclusive barramentos.

Os documentos solicitados para o requerimento são:

- Formulário Técnico para Barramentos ou Formulário Técnico para CGH, devidamente preenchido;
- Projeto Executivo em conformidade com os critérios mínimos:
 - Características físicas e hidrológicas da bacia hidrográfica, onde fica inserida a obra;
 - Topografia da bacia hidráulica, incluindo as divisas de propriedade (jusante e montante);
 - Características geológicas e perfis longitudinal e transversal do maciço da barragem;
 - Cálculo do Volume afluente médio anual do projeto de engenharia;
 - Diagrama da relação cota-área-volume; o Características técnicas das estruturas do maciço, sangradouro e tomada de água;
 - Mapa de localização da obra e cópia das plantas do projeto de engenharia, indicando dimensionamentos e detalhes construtivos;
 - Cópia da ART do CREA do Engº Projetista e do Executor responsável pela Obra.
- Formulário de Segurança de Barragens, devidamente preenchido.

Portanto para o procedimento de requerer uma outorga de direito de uso de recursos hídricos, ao contrário da simples realização do cadastro de usuários de recursos hídricos, é necessário um responsável técnico que tenha atribuição, definido pelo conselho de classe, para a determinada solicitação do processo, devendo ser apresentada a respectiva ART do serviço prestado.

Segundo a Gerência de Recursos Hídricos do Imasul a grande dificuldade que os empreendedores estão encontrando em se regularizarem é devido a falta de responsáveis técnicos que assinem uma anotação de responsabilidade técnica ART, pois a maioria dos barramentos existentes não possuem nenhuma documentação, projeto, fotos da construção da barragem e além disso as mesmas não possuem nenhuma instrumentação.

Os que normalmente aceitam assinar por uma estrutura que não foi projetada e nem construída por eles, estão cobrando valores exorbitantes pela execução do serviço, tanto que financeiramente não atraem os proprietários que tem conhecimento das legislações vigente.

2.2 REGULAMENTAÇÃO REFERENTE A SEGURANÇA DE BARRAGEM

Conforme determinado pela Política Nacional de Segurança de Barragem, o Estado de Mato Grosso do Sul regulamentou alguns itens da Lei Nacional nº 12.334/2010 através da Resolução Semade nº 044 de 20 de dezembro de 2016 e pela Portaria IMASUL nº576 de 22 de dezembro de 2017.

Tendo em vista que essas normativas são referentes a barramentos que acumulam água para usos múltiplos, exceto geração de energia elétrica, no caso o IMASUL também por ser um órgão de meio ambiente, também é o responsável pela fiscalização das barragens de contenção de rejeito industrial.

Conforme informações oficiais contidas no Relatório de Segurança de Barragem, emitido pela Agência Nacional das Águas - ANA, não foi declarada nenhuma barragem dessa modalidade, no Estado do Mato Grosso do Sul.

A Resolução Semade nº 044/2016 regulamentou os artigos oitavo e nono da PNSB, que dizem respeito do Plano de Segurança de Barragem - PSB e Inspeções Regulares e Especiais respectivamente.

O PSB possui conteúdo mínimo e nível de detalhamento determinados através dos artigos sete e anexo III respectivamente, da Resolução Semade nº 044/2016. O conteúdo mínimo é mesmo idealizado na PNSB, todavia o nível de detalhamento segue a tabela 2

VOLUMES	CONTEUDO	OBSERVAÇÕES
I – Relatório do Plano de Segurança da Barragem	1. Caracterização da Segurança da Barragem: 1.1. Identificação do Empreendedor 1.2. Caracterização do empreendimento 1.3. Características Técnicas do Projeto e da Construção 1.4. Identificação da área do entorno das instalações e seus respectivos acessos a serem resguardados de quaisquer usos ou ocupações permanentes 1.5. Estrutura organizacional, contatos dos responsáveis e qualificação técnica dos profissionais da equipe de segurança barragem 1.6. Quando for o caso, indicação da entidade responsável pela regra operacional do reservatório 1.7. Declaração da classificação da barragem quanto à categoria de risco e dano potencial 1.8. Formulário Técnico da Barragem (modelo ANA) 2. Planos e Procedimentos: 2.1. Plano de operação, incluindo, mas não se limitando à: a) regra operacional dos dispositivos de descarga; b) procedimentos para atendimento às regras operacionais definidas pelo Empreendedor ou entidade responsável, quando for o caso. 2.2. Planejamento das manutenções; 2.3. Plano de monitoramento e instrumentação; 2.4. Planejamento das inspeções de segurança da barragem; e 2.5. Cronograma de testes de equipamentos hidráulicos, elétricos e mecânicos quando for o caso. 3. Relação da Documentação Técnica do Empreendimento 3.1. Projetos (básico e/ou executivo) 3.2. Projeto como construído (as built) 3.3. Manuais dos Equipamentos 3.4. Licenças ambientais, outorgas e demais requerimentos legais 4. Registros e Controle 4.1. Registros de Operação 4.2. Registros de Manutenção CONTINUA	(i) Em relação ao item 3. Relação da Documentação Técnica do Empreendimento e ao item 4. Registros e Controles, os documentos técnicos deverão ser apresentados em meio digital e, se possível, estar disponível para download no sitio do empreendedor e obrigatoriamente no local da barragem.

CONTINUAÇÃO

VOLUMES	CONTEUDO	OBTERVAÇÕES
	4.3.Registros de Monitoramento e Instrumentação 4.4. Fichas e relatórios de Inspeção de Segurança de 4.5. Registros dos testes de equipamentos hidráulicos, elétricos e mecânicos se for o caso	
II – Relatório da Revisão Periódica de Segurança da Barragem	1.Resultado de inspeção detalhada e adequada do local da barragem e de suas estruturas associadas 2. Reavaliação da categoria de risco e dano potencial associado 3. Atualização das séries e estudos hidrológicos e confrontação desses estudos com a capacidade dos dispositivos de descargas existentes. 4. Reavaliação dos procedimentos de operação, manutenção, testes, instrumentação e monitoramento 5. Reavaliação do Plano de Ação de Emergência - PAE, quando for o caso 6. Revisão dos relatórios das revisões periódicas de segurança de barragem anteriores 7. Recomendações 8. Conclusões	
III - Plano de Ação de Emergência – PAE		O conteúdo mínimo e o nível de detalhamento do Plano de Ação de Emergência serão definidos em regulamento específico
IV - Resumo Executivo do Plano de Segurança da Barragem	1. Identificação da barragem e empreendedor 2. Identificação do responsável técnico 3. Período de realização do trabalho 4. Listagem dos estudos realizados 5. Recomendações 6. Conclusões 7. Plano de ação de melhoria e cronograma de implementação das ações identificadas no trabalho 8. Extrato da Inspeção de Segurança Regular de Barragem e a Declaração do Estado Geral de Conservação e Segurança da Barragem	

Tabela 2 - Detalhamento do PSB no Mato Grosso do Sul

As inspeções Regulares são as inspeções periódicas em um prazo igual ou menor, a critério do empreendedor, do especificado na resolução Semade nº 044 pois a mesma tem como finalidade verificar como estão todas as estruturas que compõem a barragem. Agora a Inspeção Especial tem o intuito de verificar uma patologia considerada grave - objeto de discussão do Capítulo 3 do presente trabalho - sem periodicidade fixada em legislação, isto é, varia de acordo com a necessidade do barramento.

A periodicidade da inspeção, segundo a legislação estadual do Mato Grosso do Sul é estipulada de acordo com Dano Potencial Associado da Barragem- DPA, independente da Categoria de Risco - CRI.

Quando o DPA for 'Alto', conforme características pontuadas demonstrada pela tabela 3 da resolução CNRH nº 143/2012, a inspeção deverá ocorrer semestralmente.

No caso de DPA 'Médio' será anualmente. E finalmente, DPA 'Baixo', a inspeção decorrerá a cada dois anos, no caso de barragens que acumulam água para usos múltiplos, em curso hídrico estadual. Vale ressaltar que, quando o barramento estiver em córrego federal, deverá atender à Resolução ANA n 236/2017, e no caso da finalidade hidrelétrica, à Resolução ANEEL n 696/2015.

Tabela 4 - Dano Potencial Associado (DPA)

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

Tabela 3 - Matriz DPA Proveniente da Tabela 4 / Resolução CNRH 143/2012

Um detalhe nessa normativa é que as inspeções deverão ser realizadas em ciclos diferentes a cada realização, quer dizer o primeiro é compreendido entre 01 de outubro até 31 de março e o segundo ciclo é definido como 01 de abril até 30 de setembro. Segundo o IMASUL foram estabelecidas essas referências devido a sazonalidade hídrica da região, com duas épocas bem distintas: época chuvosa (contemplada no período de outubro a março) e época de estiagem (a qual varia de abril a setembro. Normalmente, e através desse fenômeno, é possível determinar algumas anomalias, devidas à resposta do barramento a diferentes estímulos hidrológicos, como aumento ou diminuição do nível d'água.

A outra normativa estadual, Portaria Imasul nº576/2017, trata da Revisão Periódica de Segurança de Barragem e o Plano de Ação de Emergência - PAE. Diferente do encontrado nas inspeções que só estão relacionadas com o DPA, a Revisão Periódica de Segurança de Barragem é uma matriz entre o DPA e CRI. Conforme sua classificação é atribuída uma letra (A a E) proveniente da tabela 4, anexo I da referida portaria, e conseqüentemente, é determinado um tempo para a renovação do documento em questão, variando de no mínimo 5 até 15 anos.

Categoria de Risco	Dano Potencial Associado		
	Alto	Médio	Baixo
Alto	A	B	C
Médio	A	C	D
Baixo	A	D	E

Tabela 4 - Matriz DPA e CRI do Estado do MS

O detalhamento do PAE é explicitado no Anexo II com os seguintes itens mínimos:

- I. Apresentação do PAE para o Empreendimento;
- II. Identificação e contatos do Empreendedor, do coordenador do PAE e das Entidades constantes do Fluxograma de Notificação;
- III. Descrição da barragem e estruturas associadas, incluindo acessos à barragem e características hidrológicas;
- IV. Classificação das situações de emergências em potencial conforme Nível de resposta;
- V. Procedimento de notificação (incluindo fluxograma de notificação) e sistema de alerta;
- VI. Responsabilidades no PAE (empreendedor, coordenador, equipe técnica e defesa civil);
- VII. Síntese do Estudo de inundação com os respectivos mapas, indicação da ZAS (zonas de autosalvamento) e pontos vulneráveis potencialmente afetados para barragens de Categoria de Risco e Dano Potencial Alto; Para as demais barragens será aceito um plano de contingência;
- VIII. Formulários de declaração de início da emergência, de declaração de encerramento da emergência e de mensagem de notificação;
- IX. Relação das entidades públicas e privadas que receberam cópia do PAE com os respectivos protocolos de recebimento.

O PAE é um documento técnico e importante para eventual crise, na iminência de rompimento da barragem. Por ser um guia que estabelece os procedimentos de ação emergencial, como avisos sonoros de incidentes e rotas de fuga para desocupação de áreas possivelmente afetadas, o mesmo deverá sempre estar atualizado - sendo determinada, pois, periodicidade de atualização anual (para que todos os contatos do fluxograma e a realidade a jusante, que possivelmente seja afetada, estejam atualizados).

Para todos os normativos estaduais citados, a qualificação técnica, como é exigido na PNSB que o órgão fiscalizador também regulamente, é um responsável técnico com registro em seu conselho regional, e que as atribuições profissionais sejam compatíveis com as definidas pelo conselho federal.

2.3 BARRAGEM NO CADASTRO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM (ANA)

Quanto à segurança de barragem, o Estado do Mato Grosso do Sul (assim como todos os outros estados da federação), participou de um programa da ANA durante 5 anos (2013 - 2018), o PROGESTÃO - Programa de Consolidação do Pacto Nacional pela Gestão das Águas, que visa dar incentivos financeiro para aplicação exclusiva em ações de fortalecimento institucional e de gerenciamento de recursos hídricos mediante o alcance de metas previstas conforme previsto na REN N. 379/2019 ANA. Uma das metas estabelecidas foi quanto à segurança de barragem do ano 2014. Em vista disso o avanço significativo podendo ser referendado nos Relatórios de Segurança de Barragem, anuais, sendo que pela PNSB, a ANA é a responsável pela elaboração e envio ao congresso nacional.

As informações dos Relatórios de Segurança de Barragem, quanto ao estado do MS, são de acordo com a tabela 5:

Relatório de Segurança de Barragem	Informação contida no Relatório Segurança de Barragem
RSB 2011	Não foram enviadas informações sobre cadastro de barragens, regulamentações ou processo de adaptação do Estado às novas responsabilidades relativas a segurança de barragens.
RSB 2012/2013	Respondeu ao RSB 2012, possuía o cadastro de 8 barragens de acumulação de água e atribuição da Lei 12.334/2010 ainda não incorporada à entidade.
RSB 2014	Foi informado que foi incorporada atividade referente a regulação e fiscalização à rotina do órgão. Possui uma equipe evolvida com a segurança de barragem de 3 pessoas. O número de cadastro de barragem de acumulação de água passou a ser 123 (sendo 28 reguladas pela PNSB), a classificação de DPA e/ou CRI de 40 e 79 cadastradas com autorização através do licenciamento ou autorização, uma vez que a outorga ainda não estava implementada no estado.
RSB 2015	A equipe trabalhando com o tema continua com 3 pessoas, contudo sem um setor com a atribuição em segurança de barragem pelo órgão. O Cadastro enviado foi de 367 barragens (sendo 32 enquadradas na Lei 12334/2010), 45 classificações por DPA e 40 por CRI e assim sendo, 308 dos cadastros enviados possuíam autorização ou licenciamento, uma vez que a outorga foi implementada no final do ano e nenhuma barragem foi outorgada no período.
RSB 2016	O Estado do Mato Grosso do Sul possui equipe de 1 pessoa trabalhando com o tema, contudo, sem um setor com a atribuição em segurança de barragem. Foram enviados 380 cadastros, dos quais, 79 barragens estão enquadradas na PNSB. Os barramentos classificados em DPA/CRI são 187 e 242 dos cadastros possuem algum tipo de autorização (outorga, licenciamento ou autorização).
RSB 2017	Este relatório apresenta várias planilhas onde se pode extrair os seguintes dados sobre a segurança de barragens desempenhada pelo estado do Mato Grosso do Sul: Houve capacitação sobre o tema de 32h e a equipe é composta com um integrante, sem um setor com a atribuição para a segurança de barragem. A respeito das barragens as tabelas demonstraram que foram 405 enviadas, das quais 271 possuem alguma autorização, seja outorga de direito de uso ou licenciamento ambiental. Apenas 2 barramentos não possuem seu empreendedor identificado. Quanto a PNSB são 93 barramentos enquadrados, 210 classificados quanto ao DPA e 176 ao CRI. Destes, 12 estruturas estão com o DPA alto quanto o CRI. Quatro barramentos possuem PSB e PAE, a tabela que detalha esta informação não especifica quais são essas barragens, portanto poderão ser as mesmas quanto diferentes. Também foi indicado que não houve fiscalização por parte da equipe do órgão fiscalizador nem inspeções realizadas pelos proprietários, seja regular ou especial.

Tabela 5 - Descrição do MS Quanto aos RSB 2011-2017

Nas figuras 1 e 2, a seguir, está mostrada essa evolução citada na tabela 5, quanto ao cadastramento e classificação de DPA e CRI nos RSB de 2011 (o primeiro ano de emissão), e o RSB 2016 (onde o mapa do Estado do Mato Grosso do Sul está assinalado com indicadores conforme a legenda)

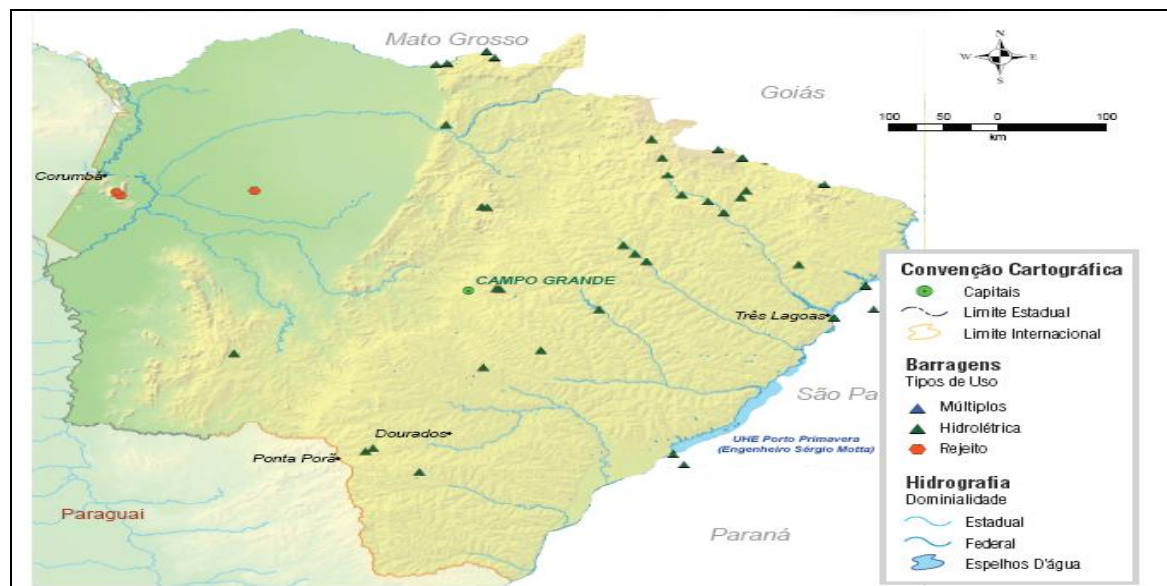


Figura 1 - Estado do MS com os cadastros de barragem no RSB 2011

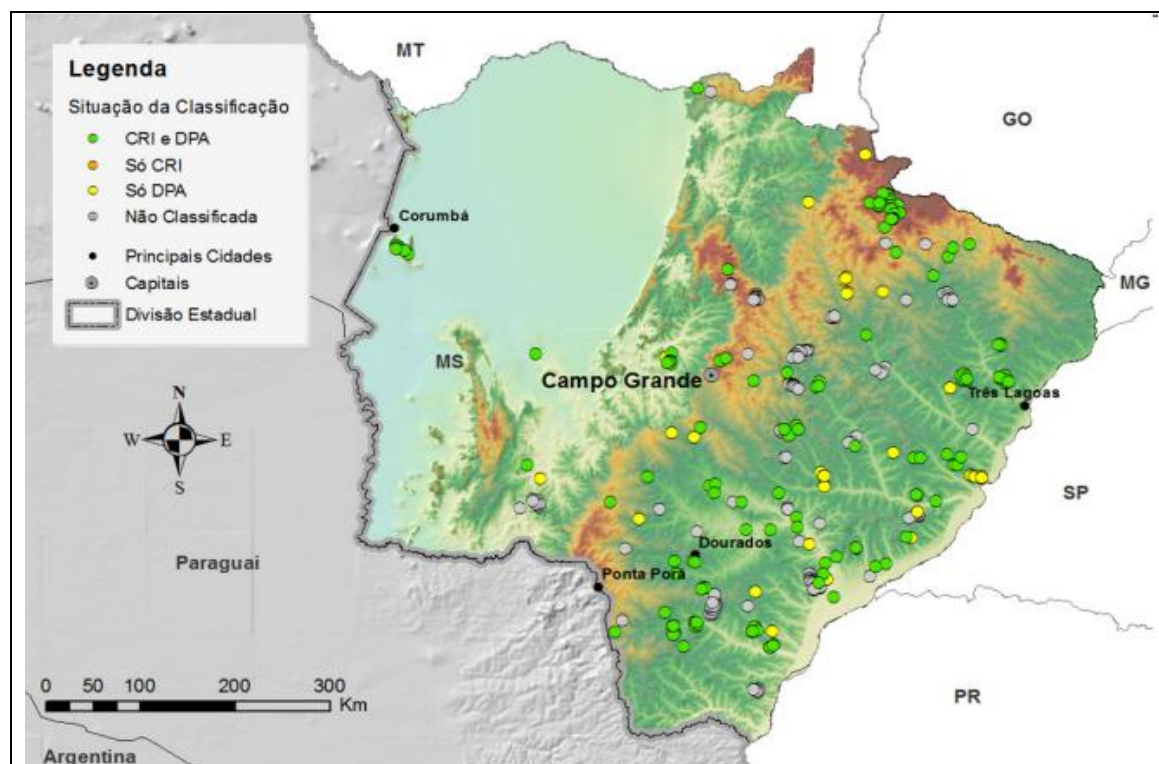


Figura 2 - Estado do MS com os cadastros de barragem no RSB 2016

Segundo a gerência de Recursos Hídricos do IMASUL, o número de cadastramento de barragens para elaboração do RSB não tem crescido expressivamente devido a implementação da outorga.

A nova orientação é que os cadastros que antes tinham licenças ou autorizações passem a ter a outorga como documento de autorização.

Após a emissão do ato da outorga, o órgão classifica a barragem quanto ao DPA e CRI, enviando um ofício informando a classificação e conseqüentemente as obrigações quanto à segurança de barragem.

Também é realizado o trabalho para o caso de barramento insignificante após a validação dos mesmos.

Vale lembrar que nem todas as barragens são enquadradas na Lei Nacional 12.334/2010 por não terem altura superior a 15 metros (da base da fundação a crista), ou capacidade de armazenamento acima de 3 hm³, ou DPA médio ou alto. Nesse caso os empreendedores estão isentos de responsabilidade quanto a segurança das barragens, mas as mesmas deverão ser zeladas.

Para que os empreendedores atinjam esse objetivo o próximo capítulo é uma orientação de como se atentar aos problemas que podem ocorrer nas barragens de terra, tanto do estado do Mato Grosso do Sul quanto de qualquer outro.

3. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

3.1. GENERALIDADES

Classificam-se como barramentos ou barragens, as estruturas construídas transversalmente em um corpo hídrico perene ou intermitente, podendo a estrutura ser de concreto ou de aterro, com mecanismos que permitem a elevação do nível do curso de água ou a formação de reservatórios de acumulação. Estes empreendimentos podem ser destinados ao lazer, piscicultura, regularização de vazões, captação de água para irrigação, consumo humano, dessedentação animal, entre outros, segundo o Decreto Estadual n. 13990/2014.

No caso deste trabalho, o foco será sobre os barramentos de terra com a finalidade de usos múltiplos, visando orientar os empreendedores, e mesmo os funcionários de fazendas onde há barragens. Uma vez que os mesmos podem não ter formação/atribuição para a realização de uma inspeção regular/especial, contudo o proprietário/empreendedor é responsável pela integridade do barramento. Desta forma os mesmos poderão realizar vistorias rotineiras, entre as inspeções de um responsável técnico, para a averiguação da necessidade da antecipação ou até mesmo solicitar uma inspeção especial, já que o órgão fiscalizador estabelece o prazo máximo entre as inspeções de segurança de barragem.

3.2 - DEFINIÇÕES:

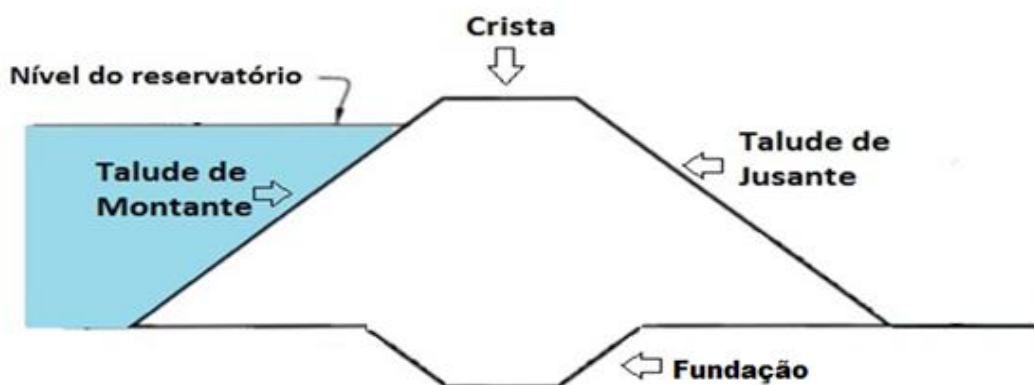


Figura 3- Detalhes da barragem

Nível do Reservatório: É a altura que corresponde ao nível de água armazenado no reservatório da barragem no exato momento da verificação.

Crista ou coroamento: Parte superior do maciço horizontal da barragem.

Talude: segundo GERSCOVICH (2016) é a denominação dada a qualquer superfície inclinada, seja de um maciço de rocha ou solo, pode ser natural, denominado como encosta, ou construído pelo homem como no caso dos barramentos. Nas barragens existem dois tipos, sendo eles:

- **Talude Montante:** Superfície inclinada do maciço em contato com a água do reservatório produzido pelo barramento.

- Talude Jusante: Superfície inclinada do maciço que não está em contato com a água do reservatório.

Vertedor, Vertedouro, Sangradouro ou Extravasor: Estrutura para a saída de águas em excesso que chegam ao barramento em época de chuvas intensas ou para a vazão de água ecológica, chamada de vazão defluente no Estado do Mato Grosso do Sul (MATOS, SILVA e PRUSKI, 2012). Podem se apresentar de três maneiras diversa como:

- Extravasamento por canal lateral: é constituído por um canal na adjacência, quer dizer fora da estrutura da barragem.
- Extravasamento sobre o corpo da barragem: é concebido de concreto ou alvenaria e está localizado na estrutura da barragem, podendo apresentar ou não, comporta para o controle operação.
- Extravasamento por dispositivos especiais: a vazão é escoada por dispositivo especial projetado para essa função, como vertedor Tulipa ou cachimbo ou monge, etc.

Para evitar qualquer tipo de problema futuro, os sangradouros deverão estar sempre operando sem qualquer obstrução ou erosão, como tronco de árvores, plantas aquáticas, sedimentos, etc. Tipos de vertedouros encontrados:



Figura 4- Vertedor de soleira livre



Figura 5 - Vertedor com comporta e grelha



Figura 6 - Vertedor com comporta



Figura 7 - Vertedor em Poço ou Monge

3.3 VISTORIA

Vistoria é o ato de observar, de mensurar, de verificar e detectar inconformidades que afetem a segurança do barramento ou examinar se uma estrutura está em perfeitas condições de funcionamento.

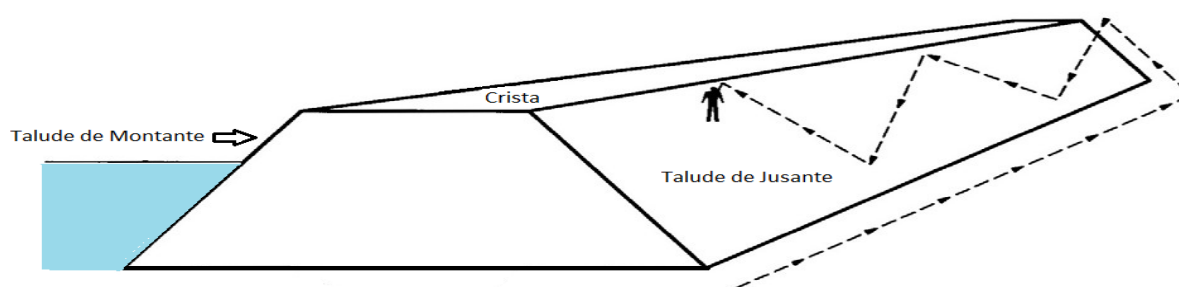
É indispensável identificar as anomalias em um estágio inicial, de modo que as ações corretivas possam ser executadas a tempo de evitar a ruptura da estrutura.

Qualquer anomalia ou alteração relativa à última vistoria deverá ser registrada, tanto em registro fotográfico quanto em um texto descritivo, pois a mesma pode demorar um certo tempo até se tornar evidente. E, na comparação das fotografias e descrições, há a possibilidade de notar as sutis mudanças na estrutura da barragem (MATOS, SILVA e PRUSKI, 2012)

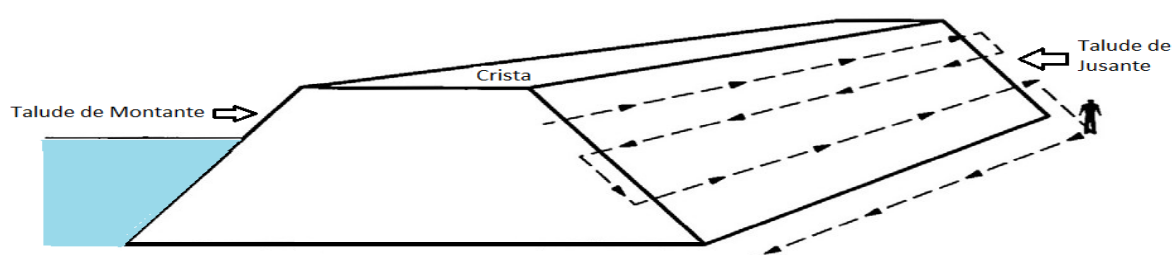
3.4 COMO REALIZAR UMA VISTORIA NA BARRAGEM?

A técnica empregada em vistoria é percorrer por toda a superfície do talude, seja na área à montante, jusante, quanto na crista da barragem, quantas vezes forem necessárias.

O percurso sugerido para a realização das vistorias de talude ou na crista deve ser realizado no padrão zig-zag ou em paralelo, conforme desenhos demonstrativos apresentados a seguir. Utilizando este procedimento para monitoramento, é possível ter convicção que toda a superfície do barramento será averiguada, no que diz respeito a possíveis danos e imperfeições:



Técnica Zigzag, usada normalmente para crista e taludes menores e/ou inclinação pequena



Técnica paralela, usada normalmente para crista e taludes grandes e/ou muito íngrimes.

Figura 8 – Técnicas de vistorias de taludes

Vale ressaltar que essa vistoria não deverá ser realizada em dia chuvoso e nem com o solo encharcado de água, pois é necessário aguardar que o terreno drene, para que desta forma, nenhuma patologia deixe de ser averiguada, ou seja confundida.

3.5 - O QUE SE DEVE VERIFICAR NUMA VISTORIA?

3.5.1. Percolação

Percolação é a passagem da água do reservatório através do maciço e/ou da fundação, deste modo, podendo comprometer a integridade da estrutura.

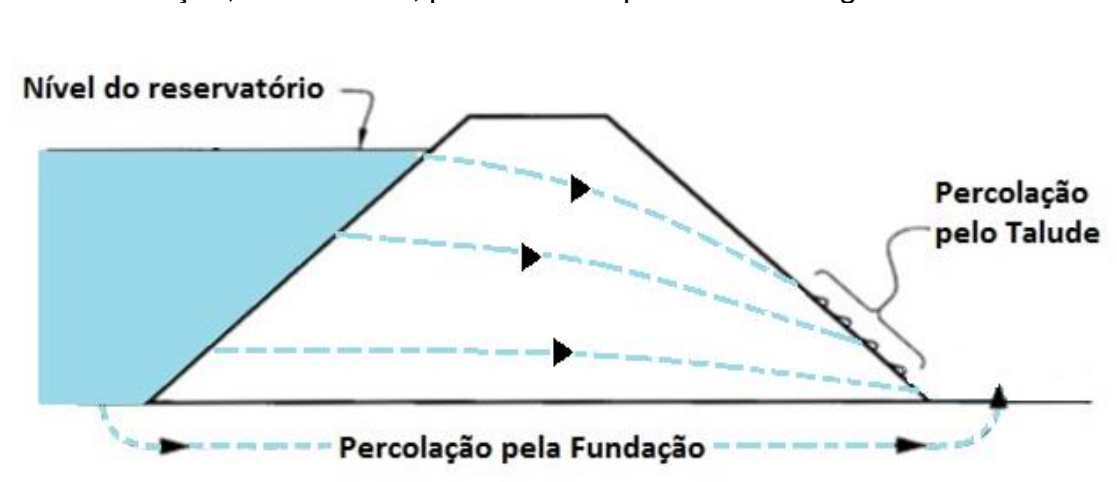


Figura 9 – Demonstração de percolação

É possível detectar as infiltrações em lugares onde a grama (caso a gramínea seja a proteção do talude jusante) esteja com tipo ou características (coloração) diferentes do que nas demais áreas. Uma vez identificada essa anomalia, pode-se colocar hastes delimitando a área, para uma verificação se a patologia está aumentando ou diminuindo, com o passar do tempo (NEVES, CALDEIRA e PINHEIRO, 2015)



Figura 10- Vegetação diferente do corpo da barragem com a encontrada no pé



Figura 11- Presença de água no pé da barragem



Figura 12- Demonstração de vegetação com coloração diferente na presença de água

MATOS, SILVA e PRUKSI (2012) informam, em seu livro denominado “Barragem de Terra de Pequeno Porte”, que nenhuma barragem de terra é considerada impermeável, quer dizer é previsível que se encontre água em algum lugar onde não deveria estar. Logo, haverá percolação em algum ponto do aterro e se a pressão da água exceder a resistência ao deslocamento de uma partícula do solo (maciço do barramento) nesse ponto, essa partícula entra em movimento. De modo conseqüente, o escoamento das menores e mais leves partículas, geralmente ocorrendo no pé do aterro. Caso ocorra formação de erosão em forma de tubo, o que é conhecido como erosão tubular ou *piping*, conforme a figura 9, pode ocorrer a ruptura do aterro. Uma outra característica que auxilia na detecção desta patologia, é a coloração turva que flui da água (devido o carreamento de partículas), e caso a pressão neutra ascendente se iguale à pressão de solo, poderá ocorrer perda de resistência e se formar o fenômeno de ‘liquefação’, como se fosse areia movediça.

No caso desse fenômeno estar se iniciando e/ou ocorrendo no barramento, há necessidade do apoio de um engenheiro especialista em barragem com urgência, para as providências imediatas, possivelmente a execução de filtro invertido.

3.5.2 Trincas e Fissuras

Fissura é a separação do material que antes era contínuo e agora possui uma separação (sulco) de pequena espessura (normalmente, até 0,4 mm). Trinca é de maior abertura, quando a distância entre as bordas do material aumenta em relação a fissura, ficando acima de 0,4 mm. A presença de trincas ou fissuras pode prejudicar a estabilidade da barragem, por alterar a capacidade de resistência do material e possibilitar a entrada de água, por espaços antes inexistentes. Isso pode aumentar os efeitos de percolação e também reduzir a largura da crista da barragem, por escorregamento de parte do talude. (NEVES, CALDEIRA e PINHEIRO, 2015)

As trincas e fissuras devem ser fotografadas e terem sua localização e formatação, registradas (direção, comprimento, largura e, se possível, a profundidade), de forma que seja possível monitorar se estão aumentando, diminuindo ou permanecendo constante.

As fotos podem auxiliar nas análises e verificação do andamento da patologia em questão, por um engenheiro especialista em barragem.

Após a verificação da causa do aparecimento das anomalias e a determinação de reintegração do talude, será necessário fazer uma escavação para a retirada do solo fissurado para que seja preenchido com material compactado, desta forma dificultando a penetração da água proveniente de chuvas. (NEVES, CALDEIRA e PINHEIRO, 2015)

Exemplos de trincas e fissuras:



Figura 13 – Trinca



Figura 14 – Fissura

Na figura 13 se apresenta uma trinca no centro da crista da barragem, enquanto a figura 14 demonstra fissura que percorre do coroamento ao talude montante. Em caso de fissura/trinca observada, caso não se tenha equipamento de medição em mãos, pode-se colocar um objeto que se tenha próximo (na foto, a caneta) para que seja possível dimensionar aproximadamente, o tamanho da fissura/trinca analisada.

3.5.3 – Deslizamento

Deslizamento é definido por um movimento de escorregamento de parcela considerada solo, em se tratando de barragem de terra, em que ocorre na ruptura da superfície, que está sob o efeito da gravidade. Devido a causas naturais (como chuvas ou sismos) ou a ação do homem, ou mesmo os dois fatores. (HIGHLAND E BOBROWSHY, 2008), desta forma, ocasiona uma erosão na estrutura e deslocamento de material para jusante.

Além de monitorar o escorregamento, se deve baixar o nível do reservatório se a segurança da barragem estiver ameaçada. Caso o deslizamento não se estabilize, há necessidade do apoio de um engenheiro especialista em barragem com urgência, para as providências imediatas, possivelmente a execução de uma berma, etc.

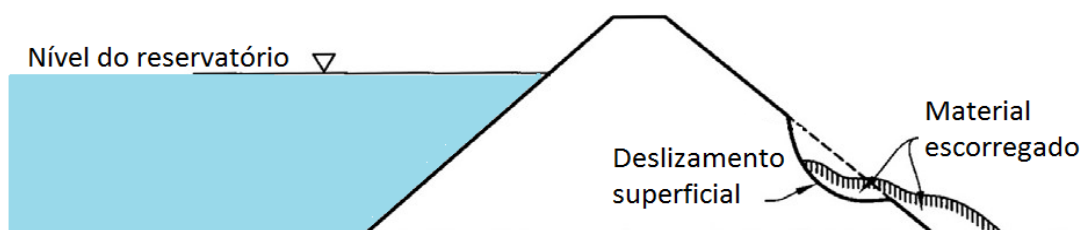


Figura 15 – Demonstração de deslizamento

3.5.4 - Proteção Inadequada de talude

O talude de montante deverá ser protegido contra o feito erosivo, proveniente principalmente das ondas que são formadas com a água presente no reservatório e rajadas de vento. Já para o talude de jusante, a proteção deve prevenir o risco de erosão devido passagem concentrada das águas de chuva (MATOS, SILVA e PRUSKI, 2012). Essas proteções podem ser do tipo *Riprap*, alvenaria de pedra ou laje de concreto, proteção vegetal ou proteção com brita, pedregulho e/ou bica corrida.

Riprap: É uma proteção formada normalmente por (no mínimo) duas camadas: a camada externa é de pedras maiores que protegem o talude, principalmente dissipando a força das ondas provocadas por ventos. Devem ser resistentes para não se desgastarem ou fraturarem com os efeitos da exposição de longo prazo aos agentes atmosféricos (NEVES, CALDEIRA E PINHEIRO, 2015). Já a camada interna (transição) é formada por pedras menores, com função de evitar que a água que passa pela camada exterior carregue partículas do solo do talude.

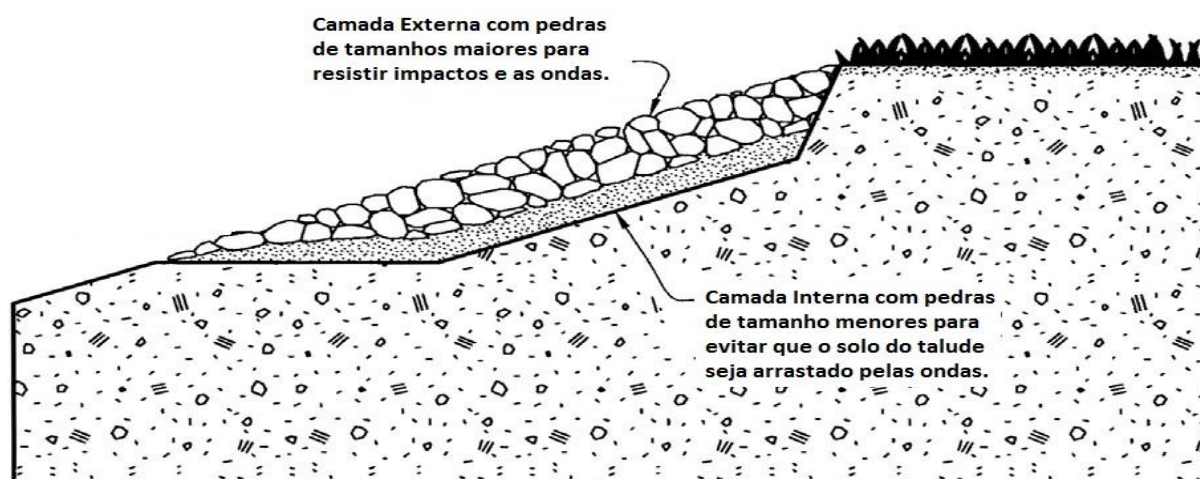


Figura 16 – Demonstrativo da proteção de talude, tipo *Riprap*

A seguir, exemplo onde a camada de não foi bem executada. Observa-se o deslocamento das pedras e a erosão concentrada no local.



Figura 17 – Proteção inadequada em barragem

Em caso de proteção inadequada, restabelecer o talude e refazer corretamente o *Riprap*, com a orientação de um responsável técnico. Caso continue o problema pode ser necessário o apoio de um engenheiro especialista de barragem.

Proteção Vegetal: O plantio de alguns tipos de vegetação (usualmente gramínea) nos taludes pode assegurar proteção contra a erosão. Pode ser usado tanto no talude montante quanto de jusante.

A gramínea deve ser mantida aparada, com altura máxima de 0,15 m, para permitir que o talude esteja protegido e ao mesmo tempo promovendo condições para a vistoria.

Locais onde os ventos são muito fortes e provocam ondas de grande impacto, a proteção vegetal não é recomendada a montante.

Em caso de a gramínea estar infestada de pragas, deve-se retirar toda a extensão contaminada e plantar nova no local. Ainda, em locais onde não se realizou o plantio por completo ou existam pontos sem vegetação, é necessário relatório fotográfico para acompanhamento da situação. Recomenda-se que este monitoramento seja realizado periodicamente. Ou em prazo ainda menor, quando julgar necessário.

MATOS, SILVA E PRUSKI (2012) sugerem que em aterro onde não há condições físicas e química adequadas para o plantio de gramíneas, deverá ser lançado sobre o talude, uma camada de terra diferente do solo utilizado na construção da barragem, terra vegetal, com 0,20 m de espessura, para que consiga então realizar o plantio.



Figura 18 -Talude com áreas sem proteção



Figura 19-Talude com boa cobertura vegetal

Ressalta-se que a presença de árvores não deve ocorrer nos taludes e também, na região ao pé do aterro, até uma distância equivalente a meia base da barragem (no caso de aterro).

Árvores e arbustos: Apesar de uma saudável cobertura vegetal ser vantajosa para proteção do talude como o caso das gramíneas, o desenvolvimento de plantas com raízes profundas, é indesejável, segundo o Manual de Segurança e Inspeção de Barragens, do Ministério da Interação Nacional (2002) pois:

- reduz a capacidade de visualização para o levantamento e inspeção das estruturas: para observar possíveis percolações, trincas, afundamentos, etc.
- previnem-se, também, eventuais danos às estruturas devido ao crescimento das raízes, que encurtam o caminho para a percolação, vazios no maciço pela decomposição de raízes ou remoção de árvores.
- previnem-se, também, eventuais danos às estruturas devido ao tombamento das árvores, que podem provocar erosão de talude.
- reduz-se a presença de animais por diminuir a oferta de alimentação.

Deve-se retirar todas as árvores e arbustos (exceto a grama) do talude a montante, na crista, em toda a extensão do talude a jusante. Uma faixa (de pelo menos 10 m) a partir do pé do talude, também deve estar sem árvores, conforme a figura 20 demonstra. Essa consideração se baseia em recomendação do US Bureau of Reclamation – BoR (faixa equivalente à metade da base do aterro, no mínimo 10 m, junto à ombreira).

Tomar cuidado para que todas as raízes sejam retiradas até a profundidade que seja praticável realizar escavações (com a devida segurança), para evitar o apodrecimento das mesmas. É recomendado ser realizada essa desarborização em época de seca (sendo que se deve verificar a condição local e regional, no Brasil, por exemplo, de julho a setembro), e com a orientação de um técnico responsável.

Após a retirada das raízes, aterrar todos os buracos, ressaltando que deve ser bem compactado para evitar novos afundamentos e realizado o plantio de gramínea, para que desta forma o material inserido não seja erodido.

Fazer manutenções periódicas (despraguejamento) para a retirada de plantas indesejáveis.

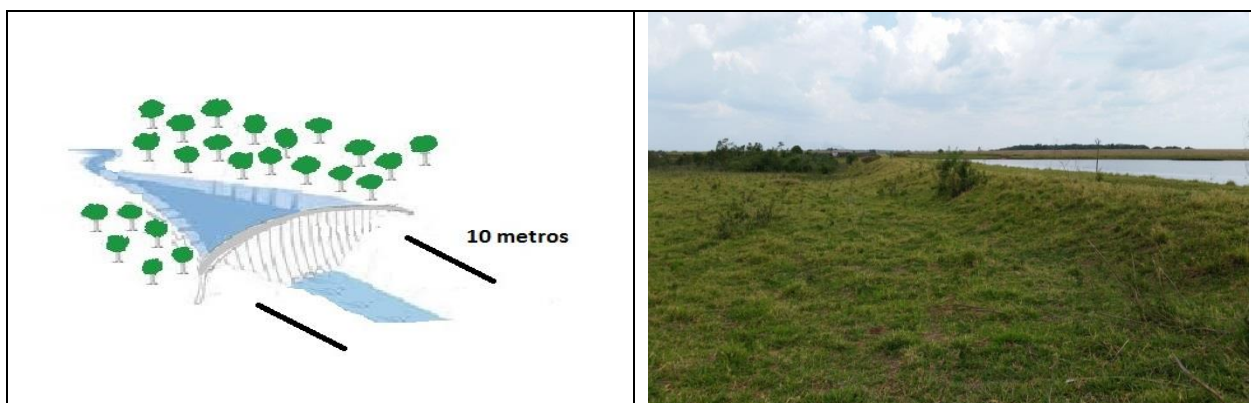


Figura 20- Demonstrativo da faixa de 10 m.

Figura 21 – Barragem com a faixa de 10 m

Plantação de Árvores e arbustos ao longo do talude pode dar a impressão a leigos (o falso conceito), de que árvores, principalmente bambus, são elementos de proteção de taludes. Assim, realizam plantio deste tipo de vegetação ao longo do talude (montante e jusante) e inclusive nas bordas da crista. Conforme já citado, deve-se evitar completamente a presença de árvores e arbustos ao longo destas regiões. A seguir, figuras 22, 23 e 24, situações onde ocorre a presença inadequada de vegetação:



Figura 22- Plantação de bambu



Figura 23 – Plantação de árvores



Figura 24- Vegetação densa a montante e jusante no corpo da barragem

3.5.5 – Toca de Animais

As tocas podem ocorrer tanto na estrutura do barramento, quanto no encontro do solo natural com a barragem como na área a jusante. Elas são potencialmente perigosas para a segurança estrutural da barragem pois enfraquecem o maciço e podem criar caminhos preferenciais para a percolação.

Dentre os animais que podem escavar o aterro, os principais são as formigas, os cupins, tatus e corujas, dentre outros roedores. A maior atenção deverá ser na parte baixa do talude (conhecido como pé da barragem), onde poderá ocorrer a saída de água das tocas. (NEVES, CALDEIRA e PINHEIRO, 2015)

No ato de vistoria é necessário registrar por fotografia, a existência de tocas, localizando e, se possível, anotando o tamanho e profundidade, com finalidade de comparar as dimensões, com a situação em futuras visitas.

Em caso de manutenção, deve-se retirar o animal do local e realizar o fechamento da toca, aterrando com material adequado e bem compactado. De

preferência, o preenchimento da toca deve ser feito com material sólido (tipo pedra, cacos de tijolo, etc) e só a parte superficial ser reaterrada.

No caso de haver corrente de água de qualquer toca, há necessidade do apoio de um engenheiro especialista em barramento, imediatamente.



Figura 25- Toca de tatu no talude



Figura 26- Toca de tatu no talude

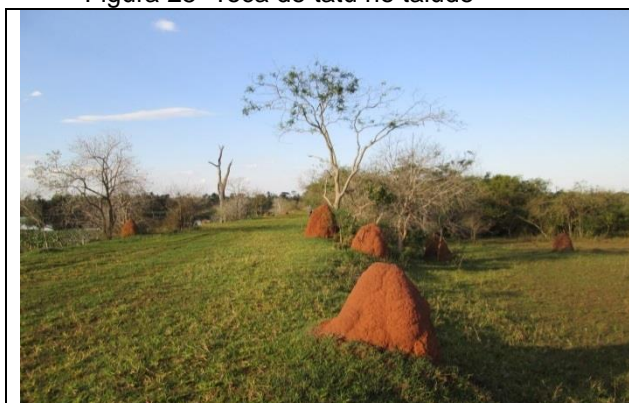


Figura 27- Cupinzeiro



Figura 28- Formigueiro

3.5.6 – Assoreamento

MATOS, SILVA e PRUSKI (2012) afirmam que os sedimentos podem vir de áreas próximas, por isso aconselham sempre que possível os empreendedores de barragem, a fazerem curvas de nível. Assim, devem desviar para a jusante da intervenção, o material que seria levado ao reservatório. Nele, vão ainda existir aqueles que já são previstos trazidos pelo curso de água, onde se situa o barramento.

Na figura 29, exemplo de assoreamento no talude de montante. Já na figura 30, há reduzida passagem de água, devido ao acúmulo de material, junto ao vertedouro, podendo causar problemas sérios, caso venha uma chuva intensa.



Figura 29- Assoreamento na barragem



Figura 30 - Assoreamento do vertedor

3.5.7 – Obstrução do Vertedor

O extravasor nunca deverá estar obstruído, para que desta forma, não haja um represamento de água acima do previsto no projeto, podendo propiciar um galgamento. As obstruções mais frequentes são: quedas de árvores, desbarrancamento de solo e crescimento descontrolado de vegetação (MATOS, SILVA e PRUSKI, 2012).



Figura 31 – Obstrução no vertedor com vegetação. Figura 32– Obstrução no vertedor com vegetação

Observa-se, nestas fotos, que um dos lados do vertedouro esteja obstruído por presença de vegetação. Caso ocorra uma chuva muito intensa, pode ocasionar danos a estrutura da barragem (por galgamento).



Figura 33- Obstrução com troncos



Figura 34 – Obstrução com vegetação



Figura 35- Obstrução com placa metálica



Figura 36 – obstrução da tela de proteção

Nas figuras 33 e 34 as obstruções demonstram que no vertedouro há a presença de troncos de árvores e vegetação. Na figura 35, observa-se presença de material obstruindo a passagem, antes mesmo da placa metálica. E, na figura 36 há a presença de material orgânico, como folhas, obstruindo a plena passagem de água, na tela de proteção.

3.5.8 – Galgamento

O galgamento ocorre quando a água do reservatório passa por cima do barramento e a mesma arrasta os materiais que constituem a estrutura do barramento. Esse risco é ainda maior se ocorrer a redução da capacidade de descarga (vazão de água que passa pelo vertedor) pela presença de entulhos, mau funcionamento ou a não abertura das comportas. É necessário que a barragem tenha sempre uma altura de segurança (folga) entre o nível máximo que a água e o coroamento, para que, caso ocorra um evento crítico de chuvas, a barragem não sofra galgamento (NEVES, CALDEIRA e PINHEIRO, 2015)

Segundo os autores MATOS, SILVA e PRUSKI (2012), ocorre em torno de 40%, o colapso de barragem de terra, resultante do galgamento devido a insuficiência de borda livre (folga) ou à falta da capacidade dos vertedores.



Figura 37 – Barragem sem altura de segurança (folga)

3.5.9 – Depressões / Abatimentos

Árvores, além de prejudicarem estruturalmente o talude, não permitem que o sol atinja a crista da barragem, mantendo poças de água no local.

Futuramente, a presença delas poderá formar caminho de percolação, da crista ao talude de jusante.



Figura 38- Empoçamento no coroamento



Figura 39- Abatimentos da barragem

A presença de afundamentos no corpo do barramento pode indicar falhas na compactação.

Caso seja necessário, deve-se recuperar o pavimento com material apropriado e compactado, nivelando a barragem, aplicando, se necessário, uma camada de material que possa funcionar como revestimento (sendo mais utilizado o cascalho) na parte superior, para que desta forma, evite empoçamento de água. (NEVES, CALDEIRA e PINHEIRO, 2015)

Em caso de permanência de abaulamentos, mesmo com a medida acima, deve-se chamar um engenheiro especialista em barragem.

3.5.10 – Erosões

Erosões normalmente são provenientes da ação das ondas, assentamento diferenciado e localizado do solo ou da proteção inadequada dos taludes. A evolução desta anomalia poderá afetar a altura de folga da barragem ou largura da crista do barramento (NEVES, CALDEIRA e PINHEIRO, 2015)

A ação corretiva é restabelecer projeto inicial (inclinações) da barragem, aterrando com material adequado e bem compactado, além de melhorar a proteção superficial dos taludes.

Caso a erosão for resultante de transbordamento de água por cima da crista, um engenheiro especialista em barragem deverá ser chamado para a verificação do vertedor e a estabilidade da barragem. Eventualmente, haverá necessidade de se promover a construção de mureta a montante (na crista) para garantir a necessária borda livre.



Figura 40- Erosão no talude de jusante



Figura 41- Erosão de talude de jusante



Figura 42- Erosão no talude de montante



Figura 43- Erosão no talude de montante

Observam-se, acima, situações de erosões severas no barramento, onde a presença de vegetação não foi suficiente para conter o material de aterro.



Figura 44- Erosão de contato do vertedor

Na figura 44 verifica-se erosão na região de contato do muro guia do vertedouro com o talude do barramento, onde a falta de proteção adequada agravou a situação.

3.5.11 – Defeito de Vedação (vazamento)

Observa-se esta situação em casos onde, mesmo com a comporta totalmente fechada, ainda há passagem de água de algum modo, seja pela lateral ou pela base da estrutura. Desta forma não é possível a realização de uma manutenção, caso seja necessária, ou mesmo uma ação de segurança de barragem, prevista por um engenheiro em um plano de crise. Demonstrações dessas anomalias abaixo:



Figura 45- Problema de vedação da comporta

Figura 46- Comporta com buracos

3.5.12 – Presença de vegetação aquática extensiva

A presença de plantas aquáticas em lago de reservatórios pode provocar alterações na qualidade da água, pois a mesma impede a penetração de luz. Além disso, prejudica correnteza de água, fazendo com que ela permaneça (praticamente) parada. Recomenda-se a retirada de toda a vegetação aquática.



Figura 47- Reservatório com plantas aquáticas

A água com qualidade indesejável pode causar a deterioração de vertedouros e do concreto, pelo ataque de produtos químicos. Em caso de corrosões, a qualidade da água deve ser investigada para ser determinado qual o elemento químico que está ocasionando a patologia, e a mesma ser revertida.

3.5.13- Desmoronamento das margens

A falta de proteção das margens do reservatório, bem como a dessedentação animal direta nos reservatórios, permitida pelo código florestal, através de corredores, podem provocar o desmoronamento (ou ravinamentos) das margens.

Neste caso, recomenda-se recuperar a área de proteção permanente (APP) e sempre que possível evitar o acesso dos animais ao lago.

Segundo a Lei Nacional 12651/2012, Área de Proteção Permanente - APP é a "área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas".

São as áreas no entorno dos reservatórios d'águas artificiais, decorrentes de barramento ou represamento de cursos d'água naturais, na faixa definida na licença ambiental do empreendimento. Portanto por lei, é obrigatório que todas as estruturas que barrem um curso de água possuam APP.



Figura 48 - Falta de vegetação ciliar (APP)

3.5.14 -Danos no concreto do muro do vertedor

Deve-se observar para situações anormais (conforme a figura a seguir), realizando relatório fotográfico para analisar a estabilidade do tamanho, e/ou a evolução da trinca (deficiência ou até mesmo, rachadura), verificando se ocorre aumento de porte.

É necessário efetuar a recuperação do concreto para evitar maiores problemas estruturais, pois a falha poderá propiciar a passagem de água e conseqüentemente carrear o solo do aterro que estiver em contato com a estrutura do vertedor.



Figura 49- No detalhe, a trinca no concreto

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através deste trabalho procurou-se divulgar os procedimentos no Estado do Mato grosso do Sul tanto no quesito de recursos hídricos quanto na questão de segurança de barragem.

Aproveitou-se para apresentar sugestão para uma metodologia para a avaliação do estado de conservação da estrutura de pequenas barragens de aterro presente em propriedades rurais.

Considera-se importante também, apresentar sugestões para que sejam realizados trabalhos futuros relacionado no tema. Algumas sugestões podem ser:

- Realizar estudos e preparar proposta de uma metodologia de avaliação das condições de segurança de pequenos barramentos em concreto (tendo em vista que há uma crescente demanda nesse tipo de barragens para CGH); e
- Verificar as condições existentes e propor uma regulamentação específica para segurança de pequenas barragens (conforme existente em Portugal), contendo os parâmetros mínimos de segurança a serem cumpridos.

Eventualmente, outras alternativas de estudos e propostas possam aparecer, à medida que outros profissionais e estudantes de Mestrado e/ou Especialização, passem a efetuar suas pesquisas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUSTRALIAN CAPITAL TERRITORY PARLIAMENTARY COUNSEL, Dam Safety Code, dezembro de 2000, in <http://www.legislation.act.gov.au>, pesquisa realizada no dia 20/10/2018.

Agência Nacional de Águas, Resolução nº 236, de 01 de janeiro de 2017 Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/resolucoes/2017/236-2017.pdf>. Acesso em: 11 dez. 2018

_____, Resolução nº 379, de 21 de março de 2013 Disponível em: <http://progestao.ana.gov.br/portal/progestao/progestao-1/o-programa/normativos/379-2013.pdf> Acesso em: 12 dez. 2018

Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução nº 696, de 15 de dezembro de 2015 Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015696.pdf>. Acesso em: 11 dez. 2018

Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Resolução nº 143, de 10 de julho de 2012. Disponível em: http://www.cnrh.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=14. Acesso em: 30 out. 2018.

_____. Resolução nº 144, de 10 de julho de 2012 Disponível em: http://www.cnrh.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=14. Acesso em: 30 out. 2018.

_____. Resolução nº 178, de 29 de junho de 2016 Disponível em: http://www.cnrh.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=14. Acesso em: 30 out. 2018.

Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010 Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12334.htm. Acesso em: 30 out. 2018.

Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012 Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm. Acesso em: 12 out. 2018.

Ministério da Integração Nacional. Secretaria de Infra-Estrutura Hídrica. Unidade de Gerenciamento do Proágua/Semi-arido. Manual de Segurança e inspeção de barragens. Brasília, 2002.

BRITISH COLUMBIA. Dam safety Guidelines- Inspection & maintenance of dams. (1998), disponível em https://www2.gov.bc.ca/assets/gov/environment/air-land-water/water/dam-safety/2016_new_body_with_index_and_cover-final.pdf Acessado em: 19/11/2018

COMITE BRASILEIRO DE BARRAGEM (CBDB). Main brazilian dams: design, construction and performance. CBDB, Rio de Janeiro, RJ, 1982.

CSOPT - Conselho Superior de Obras Públicas e Transportes. Regulamento de Segurança de Barragens. Decreto Lei n.º 11/90, de 6 de Janeiro, Lisboa. 1990.

Dam safety Act 1978, Austrália, AU. Disponível em:
<https://www.legislation.nsw.gov.au/inforce/48947d16-83c9-6200-c7ab-d95ac6d0beea/1978-96.pdf> Acessada em 19/11/2018

Decreto 10752 de 21 de novembro de 1977, Governo de São Paulo. Disponível em:
<https://governo-sp.jusbrasil.com.br/legislacao/211021/decreto-10752-77#art-1>
Acessado em 23/11/2018

GALLOWAY, G. E., BAECHER, G. A., BRUBAKER, K., LINK, L. E., BRIDEAU, J., CONE J. T., MANTHA, V. Review and Evaluation of the National Dam Safety Program. Clark School of Engineering: University of Maryland. USA, 2011. (Report for the Federal Emergency Management Agency).

GERSCOVICH, D.M.S., Estabilidade de taludes. Editora Oficina de textos São Paulo, 2016

GRAHAM, W.J. A procedure for estimating loss of life caused by dam failure. Denver: U.S Department of the interior - Bureau of Reclamation, 1999. (Report n. DSO-99-06).

HIGHLAND, L. M., AND BOBROWSKY, P., The landslide handbook – A guide to understanding landslides: Reston, Virginia, U.S. Geological Survey Circular, 2008

LEITE, P.S., A tragédia do Óros: Documento histórico. Fortaleza, 2009. Disponível em
<http://econometrix.com.br/pdf/941a89fb72554af9a93b7b0ebb2b063a176c7860.pdf>
Acessado em 13/11/2018

MATO GROSSO DO SUL, Decreto N. 13990 de 02 de julho de 2014. Disponível em:
http://www.imasul.ms.gov.br/legislacao_de_recursos_hidricos/ Acesso em: 08/11/2018

_____, Lei Estadual N. 2406 de 29 de janeiro de 2002. Disponível em:
http://www.imasul.ms.gov.br/legislacao_de_recursos_hidricos/ Acesso em: 08/11/2018

_____, Portaria Imasul N. 576 de 22 de dezembro de 2017. Disponível em:
<http://www.imasul.ms.gov.br/wp-content/uploads/sites/74/2018/01/Portaria-Imasul-576.pdf> Acesso em: 08/11/2018

_____, Resolução CERH/MS, N. 029 de 25 de agosto de 2015. Disponível em:
http://www.imasul.ms.gov.br/legislacao_de_recursos_hidricos/ Acesso em: 08/11/2018

_____, Resolução CERH/MS N. 025 de 03 de março de 2015. Disponível em:
http://www.imasul.ms.gov.br/legislacao_de_recursos_hidricos/ Acesso em: 08/11/2018

_____, Resolução Semac N 005 de 27 de junho de 2012. Disponível em:
http://www.imasul.ms.gov.br/legislacao_de_recursos_hidricos/ Acesso em: 08/11/2018

_____, Resolução Semade N. 009 de 13 de maio de 2015. Disponível em:
http://www.imasul.ms.gov.br/legislacao_de_recursos_hidricos/ Acesso em: 08/11/2018

_____, Resolução Semade N. 044 de 20 de dezembro de 2016. Disponível em:
http://www.imasul.ms.gov.br/legislacao_de_recursos_hidricos/ Acesso em: 08/11/2018

_____, Resolução Semade n. 044, de 20 de dezembro de 2016. Disponível em: <http://www.imasul.ms.gov.br/wp-content/uploads/sites/74/2016/12/resolu%C3%A7%C3%A3o-semade-44-seguran%C3%A7a-de-barragens.pdf> Acesso em: 08/11/2018

_____, Resolução Semade N. 21 de 27 de novembro de 2015. Disponível em: http://www.imasul.ms.gov.br/legislacao_de_recursos_hidricos/ Acesso em: 08/11/2018

MATOS, A.T. de, SILVA, D.D da. PRUSKI, F F. Barragem de Terra de Pequeno Porte. Editora UFV Viçosa-MG, 2012

NEVES, E.M. da, CALDEIRA, L., PINHEIRO, A., Projeto, construção e observação de pequenas barragens de Aterro. Editora IPS Press Lisboa -PT, 2015

NEVES, L. P., Legislação Federal Brasileira em segurança de barragem comentada. Brasília, 2018 Disponível em <http://www.anm.gov.br/assuntos/barragens/e-book-livre-legislacao-federal-brasileira-em-seguranca-de-barragens-autor-luiz-paniago-neves> Acessado em 05/11/2018

Normas de Observação e Inspeção de Barragens. Portaria N.º 847/93 de 10 de Setembro, dos Ministérios da Defesa Nacional, da Administração Interna, da Agricultura, da Indústria e Energia, das Obras Públicas, Transportes e Comunicações, e do Ambiente e Recursos Naturais. Lisboa, PT. 1993b.

NÚCLEO REGIONAL SÃO PAULO DO COMITE BRASILEIRO DE BARRAGEM (CBDB). Guia Básico de Segurança de Barragens. São Paulo: CBGB, 1999. 78p.

Reclamation Safety of Dams Act of 1978, Estados Unidos, Disponível em : <https://www.usbr.gov/ssle/damsafety/documents/SOD-Act-114-113-Dec2015.pdf> Acessado em : 27/11/2018

Regulamento de Pequenas Barragens. Decreto Lei N.º 409/93, de 14 de Dezembro, Lisboa, PT. 1993c.

RODRIGUES, A.C, TOP11: Os piores desastres ambientais da história. Revista Super Interessante. Disponível em: <https://super.abril.com.br/mundo-estranho/top-11-os-piores-desastres-ambientais-da-historia/> Acessado em: 17NOV18

SILVEIRA, J.F.A., Instrumentação e segurança de barragens de terra e enrocamento. Editora Oficina de textos São Paulo, 2006

ZUFFO, M.S.R., Metodologia para avaliação da segurança de barragem. 2005,207 f. Dissertação (mestrado) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas 2005.