



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CAMPUS DE RUSSAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

MARCOS GERMANO GIRÃO NOBRE

**ANÁLISE DAS CONDIÇÕES DE SEGURANÇA DE BARRAGENS DA REGIÃO DO
VALE DO JAGUARIBE DO ESTADO DO CEARÁ**

RUSSAS
2019

MARCOS GERMANO GIRÃO NOBRE

ANÁLISE DAS CONDIÇÕES DE SEGURANÇA DE BARRAGENS DA REGIÃO DO
VALE DO JAGUARIBE DO ESTADO DO CEARÁ

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará Campus de Russas, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Profa. Ma. Andriele Nascimento de Souza

RUSSAS
2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

N672a Nobre, Marcos Germano Girão.

Análise das condições de segurança de barragens da Região do Vale do Jaguaribe do Estado do Ceará / Marcos Germano Girão Nobre. – 2019.
88 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Campus de Russas, Curso de Engenharia Civil, Russas, 2019.

Orientação: Profa. Ma. Andriele Nascimento de Souza.

1. Segurança de Barragens. 2. PNSB. 3. Lei 12.334/2010. 4. Manual de Segurança e Inspeção de Barragens. I. Título.

CDD 620

MARCOS GERMANO GIRÃO NOBRE

ANÁLISE DAS CONDIÇÕES DE SEGURANÇA DE BARRAGENS DA REGIÃO DO
VALE DO JAGUARIBE DO ESTADO DO CEARÁ

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará Campus de Russas, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em: 21/11/2019.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Ma. Andriele Nascimento de Souza (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Rosiel Ferreira Leme
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profa. Maria Uly Eduardo Martins
Universidade Federal do Ceará (UFC)

À toda minha família, em especial aos meus pais e meus avós maternos por sempre serem os meus maiores influenciadores e motivadores.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus, por ser luz e me guiar pelos caminhos da vida, por ser proteção e conforto nos momentos difíceis e por colocar em minha vida pessoas maravilhosas, das quais irei falar a seguir.

Agradecer ao meu pai, Marcos Nobre, por ser exemplo para mim de homem íntegro e empreendedor de sucesso, obrigado por ser meu maior espelho e por nunca deixar faltar amor e carinho, você me mostrou que a vida ensina muito mais que uma sala de aula. Agradecer à minha mãe, Germany Girão, por ser minha melhor amiga, parceira e motivadora durante todos esses anos, e por me ensinar que ser amigo é dar tudo sem esperar nada em troca. Enfim, agradecer a vocês dois que sempre acreditaram em mim e nunca deixaram faltar nada.

Gostaria de agradecer ao meu Avô, Audísio Girão, com você eu aprendi a ver a vida apenas pelo lado positivo, obrigado por me ensinar que se pode chegar onde você quiser sem precisar pisar em ninguém, obrigado também por me mostrar o esporte que hoje é minha maior paixão. Eu não podia deixar de agradecer também por me levar em suas visitas de trabalho no DNOCS, que me influenciaram a seguir essa área e escolher o tema deste trabalho. Gostaria de agradecer também à minha Avó, Socorro Brilhante, por ser minha protetora, por me dar conforto nos momentos difíceis e por me mostrar o Deus que eu sigo hoje. A senhora disse há 5 anos atrás que achava que não ia me ver formado e aqui estou eu, escrevendo meu Trabalho de Conclusão de Curso.

Agradecer também a todos os meus familiares, por me incentivarem e por podermos compartilhar juntos momentos bons e ruins das nossas vidas.

Agradecer à minha orientadora, a professora Andriele Nascimento, pelos ensinamentos, pela paciência e por me incentivar a escolher este tema para realização deste trabalho.

Agradecer aos meus professores, pelos conhecimentos passados durante toda a graduação. Em especial ao professor Otavio Rangel, pelos conselhos e por nunca deixar de lutar pelo nosso curso, apesar dos grandes problemas que surgiram durante esta caminhada. Obrigado por nos acompanhar do início ao fim.

Agradecer por fim, aos amigos que a faculdade me deu, Ronildo Farias, Lucas Pimentel, Thayssa Vieira, Joseanne Alves, Alane Cavalcante, Thales Elias, Tallis Maia, Louise Caroline, Sabrina Saraiva, Junior Sombra. Obrigado pelos

momentos que passamos juntos, pelas dificuldades superadas e por todas as brigas que só um trabalho em equipe pode proporcionar, e nunca mais me chamem para fazer uma ponte de macarrão.

Gostaria de agradecer a todos meus outros amigos que convivem comigo, saibam que eu aprendo muito com vocês e me torno uma pessoa melhor a cada dia, espero que eu possa ajudar vocês também a se tornarem pessoas melhores. Torço pelo sucesso de vocês todos os dias, e quero que saibam que para o que precisar, estarei aqui.

Por fim, gostaria de agradecer a uma pessoa que entrou na minha vida, na vida da minha família e dos meus amigos a pouco tempo, mas parece que sempre esteve lá. Obrigado Salviana Girão pelos cuidados e pelo carinho que você tem com a Chácara Anésia Girão, com minha família e com meus amigos, não é à toa que você é chamada de mãe Salviana. Agradecer também a sua família: ao Reginaldo, seu esposo, e as minhas irmãs adotadas Jacira e Samili, que vão ficar com muito ciúmes quando virem isso.

RESUMO

A seca é um dos principais problemas enfrentados pela população da Região Nordeste, o regime de chuvas irregulares e as altas temperaturas são fatores determinantes para o agravamento desta situação. Com o objetivo de diminuir este problema, são construídas barragens para poder reservar água, e assim poder garantir o uso de água durante o ano todo. Porém estas estruturas possuem grandes riscos, pois uma ruptura de uma barragem pode causar danos desde perdas de vidas até prejuízos econômicos, sociais e ambientais.

O presente trabalho teve como principal objetivo avaliar as condições de segurança de barragens da região do Vale do Jaguaribe, no interior do Estado do Ceará. Foram selecionadas as barragens mais próximas da cidade de Russas onde fica localizado o campus da UFC.

Foram realizadas inspeções, seguindo as recomendações do Manual de Segurança e Inspeção de Barragens, do Ministério da Integração Nacional. Buscou-se identificar pontos que requerem maior atenção para a realização de manutenção nas estruturas que compõem as barragens.

Durantes as inspeções, foi possível observar a presença de algumas anomalias nas estruturas pertencentes a essas barragens. Nenhuma das anomalias identificadas indica risco de ruptura iminente da estrutura, sendo resultante tanto da degradação natural dos materiais de composição, quanto da manutenção precária ou inexistente. Nota-se então a importância e a necessidade de monitorar essas anomalias e realizar estudos mais aprofundados sobre suas causas para que se possa avaliar de maneira adequada o nível de risco de ruptura destas obras.

Palavras-chave: Segurança de Barragens. PNSB. Lei 12.334/2010. Manual de Segurança e Inspeção de Barragens.

ABSTRACT

Drought is one of the main problems faced by the population of the Região Nordeste, the irregular rainfall regime and high temperatures are determining factors for the worsening of this situation. In order to reduce this problem, dams are built to be able to reserve water, and thus be able to ensure the use of water throughout the year. However, these structures have great risks, because a rupture of a dam can cause damage from loss of life to economic, social and environmental damage.

The main objective of this work was to evaluate the safety conditions of dams in the Jaguaribe Valley region, in the interior of the State of Ceará. The nearest dams in the city of Russas were selected, where the UFC campus is located.

Inspections were carried out, following the recommendations of the Dam Safety and Inspection Manual of the Ministry of National Integration. We sought to identify points that require greater attention to maintain the structures that make up the dams.

During inspections, it was possible to observe the presence of some anomalies in the structures belonging to these dams. None of the anomalies identified indicate the risk of imminent rupture of the structure, resulting from both the natural degradation of composition materials and poor or non-existent maintenance. It is then noted the importance and need to monitor these anomalies and carry out further studies on their causes so that the level of risk of rupture of these works can be adequately evaluated.

Keywords: Security of dams. PNSB. Law 12.334/2010. Dam Safety and Inspection Manual.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Região Nordeste, Polígono das Secas e Região Semiárida do FNE. ...	13
Figura 2.2 – Elementos Principais de uma barragem.....	14
Figura 2.3 – Barragem de Concreto Gravidade.....	16
Figura 2.4 – Barragem de Concreto Estrutural com Contrafortes	17
Figura 2.5 – Barragem de Concreto em Arco Duplo.	17
Figura 2.6 – Barragem de Terra Homogênea.....	18
Figura 2.7 – Barragem de Aterro Hidráulico.	19
Figura 2.8 - Barragem de Terra-Enrocamento (a) com núcleo central e (b) inclinado para montante.	19
Figura 2.9 – Barragem de Enrocamento com Membrana de Concreto.	20
Figura 2.11 – Esquemática do galgamento.	21
Figura 2.14 – Grandes Rachaduras.	29
Figura 2.15 – Deslizamentos no Talude de Montante.....	29
Figura 2.16 – Rip-rap incompleto.	30
Figura 2.17 – Deslizamento no Talude de Jusante	30
Figura 2.18 – Rachaduras Transversais.....	31
Figura 2.19 – Rachaduras Longitudinais no Talude de Jusante.....	31
Figura 2.20 – Afundamentos no Talude de Jusante.....	32
Figura 2.21 – Erosão no Talude de Jusante.....	32
Figura 2.22 – Área molhada em faixa horizontal.	33
Figura 2.23 – Vazamento vindo das ombreiras.	33
Figura 2.24 – Rachaduras longitudinais na Crista.....	34
Figura 2.25 – Deslocamento vertical.	34
Figura 2.26 – Rachaduras transversais na crista.	35
Figura 2.27 – Depressões na crista.....	35
Figura 2.28 – Áreas encharcada a jusante.....	36
Figura 3.1 – Mapa de Bacias Hidrográficas do Ceará.....	37
Figura 3.2 – Sangradouro da Barragem Santo Antônio de Russas.....	38
Figura 3.3 – Torre de tomada d'água da Barragem Santo Antônio de Russas.	39
Figura 3.4 – Sangradouro da Barragem Poço do Barro.	40
Figura 3.5 – Torre da Tomada d'água da Barragem Poço do Barro.	40
Figura 3.6 – Tomada d'água à jusante da Barragem Poço do Barro.	40

Figura 3.7 – Sangradouro da Barragem Figueiredo.	41
Figura 3.8 – Torre de Tomada d'água da Barragem Figueiredo.	42
Figura 3.9 – Sangradouro da Barragem Castanhão.....	43
Figura 3.10 – Galeria da Tomada d'água da Barragem Castanhão.....	43
Figura 4.1 – Canaletas obstruídas, Santo Antônio de Russas.	48
Figura 4.2 – Taludes de (a) Jusante e de (b) Montante, Santo Antônio de Russas. .	49
Figura 4.3 – Área molhada a jusante, Santo Antônio de Russas.	50
Figura 4.4 – Talude de Jusante, Santo Antônio de Russas.....	50
Figura 4.5 – Meio fio a jusante, Poço do Barro.	52
Figura 4.6 – Canaletas, Poço do Barro.	52
Figura 4.7 – Taludes de (a) Montante e de (b) Jusante, Poço do Barro.....	53
Figura 4.8 – Rip-rap de montante, Poço do Barro.....	54
Figura 4.9 – Talude de Jusante, Poço do Barro.....	54
Figura 4.10 – Afundamentos no coroamento, Poço do Barro.....	55
Figura 4.11 – Talude de Montante, Figueiredo.....	56
Figura 4.12 – Talude de Jusante, Figueiredo.....	56
Figura 4.13 – Afundamento no coroamento, Figueiredo.	57
Figura 4.14 – Talude de Montante, Castanhão.	58
Figura 4.15 – Talude de Jusante, Castanhão.....	58
Figura 4.16 – Fissura restaurada, Castanhão.	59
Figura 4.17 – Vista de montante do sangradouro, Castanhão.	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Classificação referente à situação, à magnitude e ao nível de perigo..	45
Tabela 3.2 – Itens para avaliação do Talude de Jusante.	47

SUMÁRIO

1.0 INTRODUÇÃO	11
1.1 Objetivos	12
1.1.1 Objetivo Geral.....	12
1.1.2 Objetivos específicos.....	12
2.0 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
2.1 DNOCS e o problema da seca na Região Nordeste.....	13
2.2 Barragens.....	14
2.2.1 Definição e Importância	14
2.2.2 Elementos de uma Barragem	14
2.2.3 Tipos de Barragens	15
2.2.3.1 Barragens de Concreto	16
2.2.3.2 Barragens de terra.....	18
2.2.3.3 Barragens de Enrocamento.....	19
2.2.4 Causas de Rupturas de Barragens	20
2.2.4.1 Erosão Interna (Piping).....	20
2.2.4.2 Galgamento (Overtopping).....	21
2.2.4.3 Sobrecarga.....	22
2.3 Segurança de Barragens e a Lei 12.334/2010	22
2.3.1 A Lei 12.334/2010.....	23
2.3.1.1 Os Objetivos da Política Nacional de Segurança de Barragens.....	23
2.3.1.2 Os Instrumentos da Política Nacional de Segurança de Barragens.....	24
2.3.2 Manual de Segurança e Inspeção de Barragens	27
2.4 Tipos de anomalias comumente identificadas	28
2.4.1 Talude de Montante.....	28
2.4.2 Talude de Jusante	30
2.4.3 Crista	34

2.4.4 Áreas a jusante da barragem	36
3.0 PROCEDIMENTOS E MATERIAIS UTILIZADOS	37
3.1 Barragens analisadas	37
3.2 Procedimento em campo.....	44
3.3 Fichas de inspeção	45
4.0 RESULTADOS DAS INSPEÇÕES	48
4.1 Barragem Santo Antônio de Russas	48
4.2 Barragem Poço do Barro	51
4.3 Barragem Figueiredo	55
4.4 Barragem Castanhão	57
4.4.1 A fissura da Barragem Castanhão.....	59
5.0 CONSIDERAÇÕES FINAIS	61
6.0 REFERÊNCIAS.....	62
APÊNDICE A – FICHAS DE INSPEÇÃO DA BARRAGEM SANTO ANTÔNIO DE RUSSAS	65
APÊNDICE B – FICHAS DE INSPEÇÃO DA BARRAGEM POÇO DO BARRO	71
APÊNDICE C – FICHAS DE INSPEÇÃO DA BARRAGEM FIGUEIREDO	77
APÊNDICE D – FICHAS DE INSPEÇÃO DA BARRAGEM CASTANHÃO	83

1.0 INTRODUÇÃO

A escassez de água sempre foi um grande desafio para a sobrevivência dos seres vivos, principalmente na região Nordeste do Brasil que enfrenta grandes períodos de estiagem. Nesse contexto surge o Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS) com o objetivo de mitigar o problema da seca na Região Nordeste.

Para combater o problema da seca na Região Nordeste, são utilizados diversos métodos, e dentre esses métodos se destaca a construção de barragens. Como nesta região as chuvas ocorrem de maneira irregular durante o ano, estas estruturas possibilitam o armazenamento das águas provenientes das chuvas para que assim, se possa usufruir delas durante os períodos de estiagem.

As barragens podem ser classificadas de acordo com sua forma, sua finalidade, seu tamanho, seu material de composição etc. Uma das principais classificações é quanto ao seu material de composição, onde elas se dividem principalmente em: Barragens de Terra, Barragens de Concreto e Barragens de Enrocamento. Estas estruturas também podem ser classificadas quanto à sua Categoria de Risco (CRI) e ao Dano Potencial Associado (DPA), que representam basicamente o risco que elas têm de romper e o dano que pode ser causado com um acidente envolvendo estas obras.

Fica evidente que barragens são obras de grande importância para a sociedade, porém necessitam de monitoramento, acompanhamento e manutenção para garantir o seu funcionamento e evitar acidentes que podem acarretar consequências ao meio ambiente, à economia e, principalmente, perda de vidas humanas.

Em setembro de 2010 foi criada a lei 12.334, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens. Dentre as recomendações dessa lei está a realização inspeções periódicas das barragens em território nacional, a fim de observar suas estruturas, verificando a existência de falhas que possam comprometer a estabilidade dessas estruturas.

Atualmente a questão de Segurança de Barragens no Brasil está bastante em foco, devido aos acidentes que aconteceram recentemente com barragens de rejeitos em Mariana (2015) e Brumadinho (2019). Estes acontecimentos geraram bastante preocupação dos órgãos públicos e da população com relação a segurança das demais barragens já construídas no país.

Tendo em vista a importância de se garantir a segurança das barragens, este trabalho propõe uma análise da segurança de algumas barragens próximas ao Campus de Russas da Universidade Federal do Ceará.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

O presente trabalho teve como objetivo geral avaliar as condições de segurança das barragens Santo Antônio de Russas, Poço do Barro, Figueiredo e Castanhão que se localizam no Vale do Jaguaribe, interior do estado do Ceará. Para a realização da avaliação foram seguidas as recomendações do Manual de Segurança e Inspeção de Barragens, do Ministério da Integração Nacional.

1.1.2 Objetivos específicos

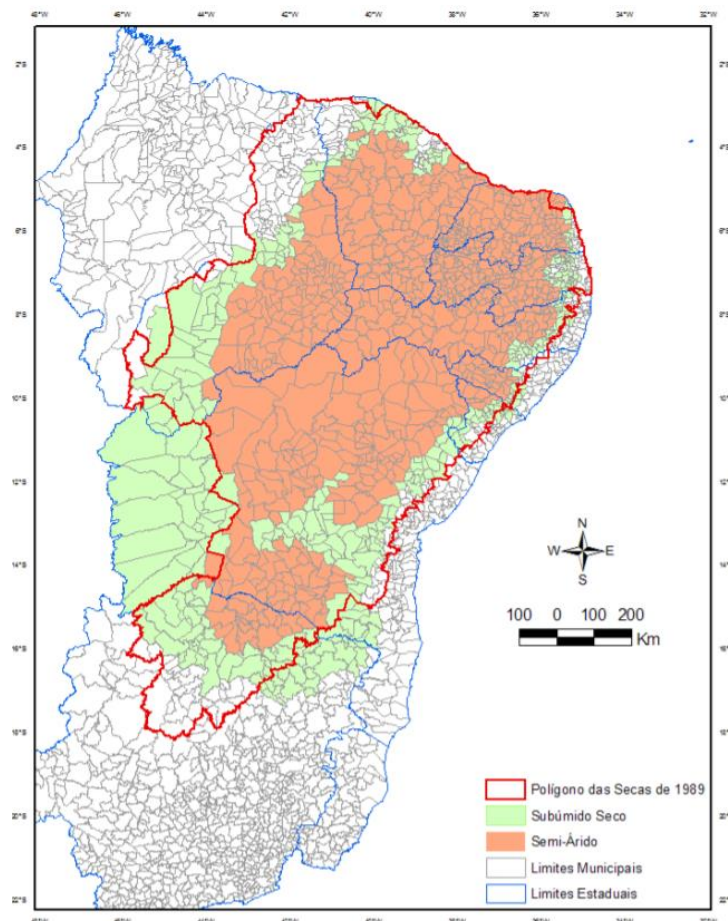
- Identificar as principais anomalias encontradas durante as inspeções feitas;
- Informar a sociedade através deste trabalho, sobre as condições de segurança das barragens inspecionadas;
- Mostrar a importância de seguir as recomendações da Lei 12.334/2010 e do Manual de Segurança e Inspeção de Barragens, para garantir a segurança das barragens.

2.0 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 DNOCS e o problema da seca na Região Nordeste

“Dentre os muitos aspectos apresentados pela Região Nordeste o que mais se destaca é a seca, causada pela escassez de chuvas, proporcionando pobreza e fome.” (FREITAS, 2019). A situação mais crítica é na região do Polígono das Secas, que abrange quase toda Região Nordeste e o Norte de Minas Gerais. Essa região possui índice pluviométrico variável de 300 a 800 mm/ano, tendo sua condição agravada devido elevada média térmica, que contribui para a grande evaporação, a qual, somada à grande irregularidade na distribuição das chuvas, explica a semiaridez da região. A figura 2.1 ilustra a região do polígono das secas.

Figura 2.1 – Região Nordeste, Polígono das Secas e Região Semiárida do FNE.



Fonte: Ministério da Integração (2005).

De acordo com Mello (2013), a alternativa mais eficaz para o combate à seca é a construção de barragens, visto que a Região Nordeste passa por grandes

períodos de estiagem. Portanto é necessário acumular água em reservatórios durante o período chuvoso.

Nesse contexto em 1909 é criada a Inspetoria de Obras Contra as Secas (IOCS), que em 1919 recebeu o nome de Inspetoria Federal de Obras Contra as Secas (IFOCS), até que, em 1945 passa a chamar-se Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS). Essa Instituição foi criada com o objetivo de diminuir o problema da seca na Região Nordeste com enfoque maior no Polígono das Secas. Atualmente o DNOCS é considerado o maior construtor de barragens, sendo que no final do ano de 2017 este órgão já possuía 327 barragens sob sua responsabilidade, com capacidade de acumulação de 27,2 bilhões de m³. (BRASIL, 2017).

2.2 Barragens

2.2.1 Definição e Importância

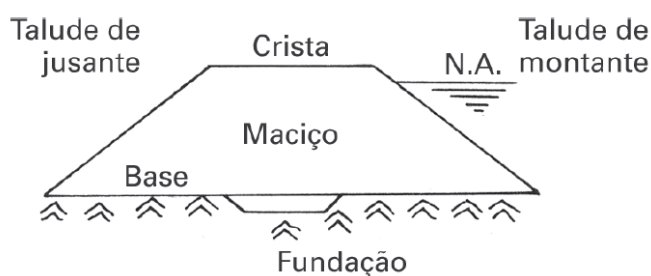
“Barragem pode ser definida como um elemento estrutural, construída transversalmente à direção de escoamento de um curso d’água, destinada a criação de um reservatório artificial de acumulação de água.” (CHIOSSI, 2013).

As barragens são construídas para diversos objetivos como: geração de energia, controle de inundações, abastecimento doméstico e industrial, irrigação. Sendo que, esses dois últimos são os mais importantes quando se olha para o cenário do Nordeste brasileiro.

2.2.2 Elementos de uma Barragem

Os principais elementos que compõem uma barragem são: fundação, base, maciço, crista e os taludes de jusante e montante, como indica a Figura 2.2:

Figura 2.2 – Elementos Principais de uma barragem.



Fonte: Chioffi (2013)

Outros elementos presentes no conjunto de obras que compõem uma barragem são:

- Ensecadeira: é uma estrutura construída com o objetivo de possibilitar o tratamento das fundações, desviando o rio. Segundo Chiossi (2013), elas podem ser construídas com terra e blocos de rochas, ou quando necessário utilizam-se chapas metálicas ou diafragmas impermeáveis. São utilizadas também na construção de pontes.
- Túneis de desvio: possuem o mesmo intuito das ensecadeiras, porém são construídos quando se trata de cursos d'água em vales íngremes. Posteriormente esses túneis, muitas vezes, são utilizados para adução, transportando água do reservatório para a casa de máquinas.
- Vertedouro: conhecido como sangradouro, é uma estrutura que funciona como um dispositivo de segurança, dando vazão a água, impedindo que o reservatório atinja um nível que possa prejudicar a estabilidade da estrutura.
- Tomada d'água: elemento que retira água do reservatório para a devida funcionalidade para que a barragem foi projetada.
- Rip-rap: utilizado em barragens de terra, é um elemento de proteção dos taludes principalmente contra a ação das águas advindas das chuvas e das ondas, evitando a erosão desses taludes e, conseqüentemente, prejudicando a estrutura da barragem.

2.2.3 Tipos de Barragens

Segundo Souza (2014), as barragens podem ser classificadas em diferentes aspectos como: tamanho, tipo de material de construção, forma, finalidade etc. Quanto ao tamanho elas são classificadas de acordo com o volume do seu reservatório ou a altura do seu barramento, se dividindo em pequenas, médias e grandes.

Quanto aos materiais, elas podem ser de terra, podendo ser de terra homogênea ou zoneada, ou de aterro hidráulico; de concreto, sendo gravidade, em arco ou com contrafortes; de enrocamentos, possuindo núcleo de terra ou face em concreto.

As barragens também podem ser classificadas quanto ao risco, elas são classificadas nas categorias de risco (CRI) podendo ser alto, médio ou baixo; também

são classificadas quanto ao dano potencial associado (DPA), podendo também, ser alto, médio ou baixo.

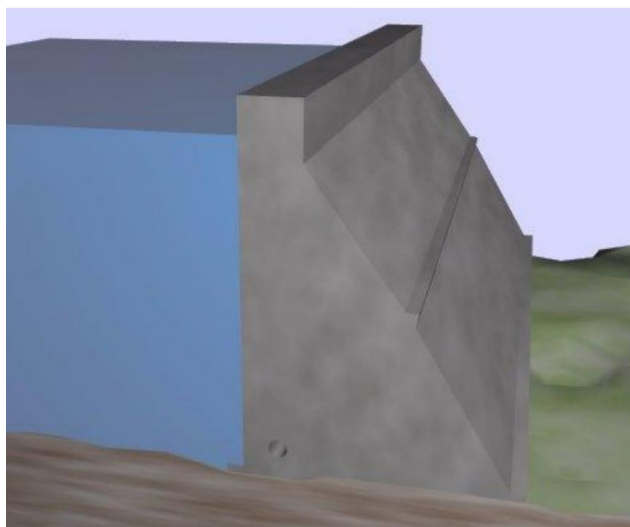
“O sistema de classificação de barragens, por categoria de risco, por dano potencial associado e por volume, é o primeiro e, de certo modo, o mais importante dos sete instrumentos da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB).” (ANDERAÓS; ARAUJO; NUNES, 2013).

2.2.3.1 Barragens de Concreto

- Barragens de Concreto Gravidade

É um tipo de barragem em que sua estabilidade se dá através do seu peso próprio. Seu tamanho é delimitado de acordo com a capacidade de resistência da sua fundação. Massad (2010) recomenda construir esse tipo de barragem com fundação em rocha devido sua capacidade de suporte.

Figura 2.3 – Barragem de Concreto Gravidade



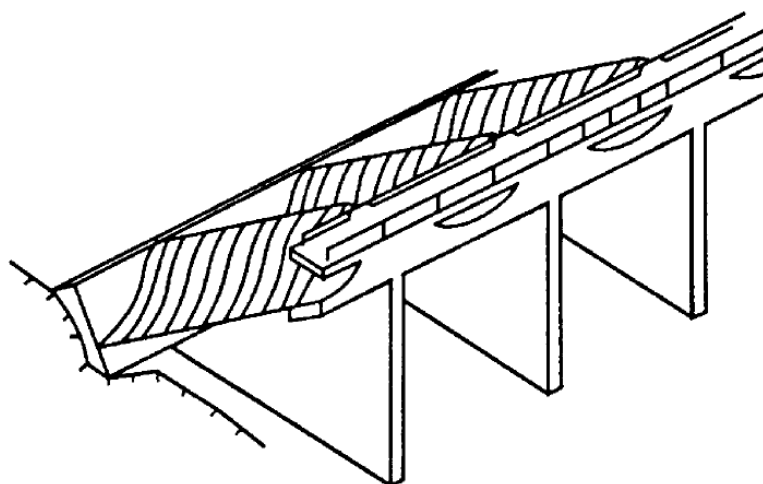
Fonte: Agência Nacional de Águas (2016)

- Barragens de Concreto Estrutural com Contrafortes

Constituídas de lajes ou abóbadas múltiplas inclinada, apoiadas em contrafortes. Comparando com as barragens de concreto gravidade, estas garantem uma economia maior em concreto, porém, exigem uma quantidade maior de fôrma e armação.

Esse tipo de obra requer cuidados com as fundações, pois a sua base, em contato com o maciço rochoso, é relativamente pequena, havendo, em contrapartida, vantagens quanto às subpressões. (MASSAD, 2010).

Figura 2.4 – Barragem de Concreto Estrutural com Contrafortes

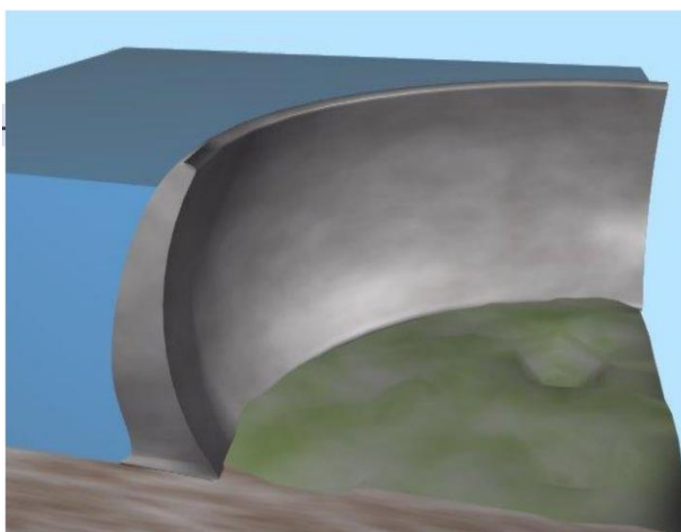


Fonte: Massad (2010)

- Barragens de concreto em arco de dupla curvatura

Esse tipo de barragem em arco duplo possui uma forma de “casca” fazendo com que o concreto trabalhe em compressão. Massad (2010) afirma que só é possível construir esse tipo de obra engastada em vales fechados, onde a relação entre a largura da crista e a altura do barramento seja inferior a 2,5.

Figura 2.5 – Barragem de Concreto em Arco Duplo.



Fonte: Massad (2010)

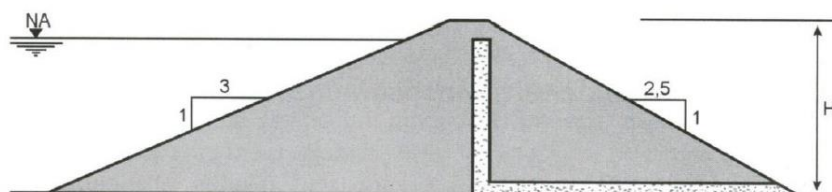
2.2.3.2 Barragens de terra

- Barragens de Terra Homogênea

É o tipo de barragem mais adotada na Região Nordeste, devido às condições topográficas, com vales muito abertos, além da grande disponibilidade de material arenoso. Esse tipo de barragem pode ser construído em solos de menor capacidade, pelo fato de se tratar de uma construção bem elementar.

É denominada homogênea por ser constituída de apenas um tipo de material, exceto na região de proteção dos taludes. Há a necessidade de se utilizar um material impermeável para controlar a passagem de água, geralmente são utilizados filtros para drenar o fluxo interno.

Figura 2.6 – Barragem de Terra Homogênea.



Fonte: Massad (2010)

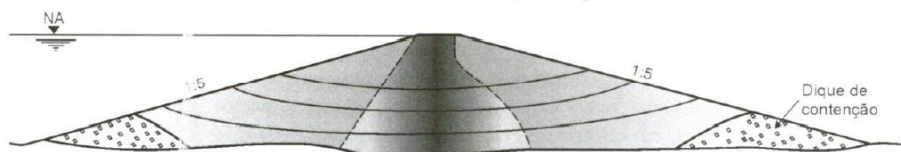
- Barragens de Terra Zoneada (ou Zonadas)

Possuem esse nome pelo fato de serem constituídas de mais de um material, o núcleo é constituído de um material impermeável e as zonas mais externas são constituídas de materiais mais permeáveis.

- Barragens de Aterro Hidráulico

São barragens construída com solo transportado com água até o local da construção. O material é despejado e segrega-se separando a areia, que formará os espaldares, do material mais fino (silte e argila), que constitui o núcleo da barragem. A vantagem é o baixo custo, apesar do grande volume de solo, que depende, em virtude do abatimento dos taludes (1:5) (MASSAD, 2010).

Figura 2.7 – Barragem de Aterro Hidráulico.



Fonte: Massad (2010).

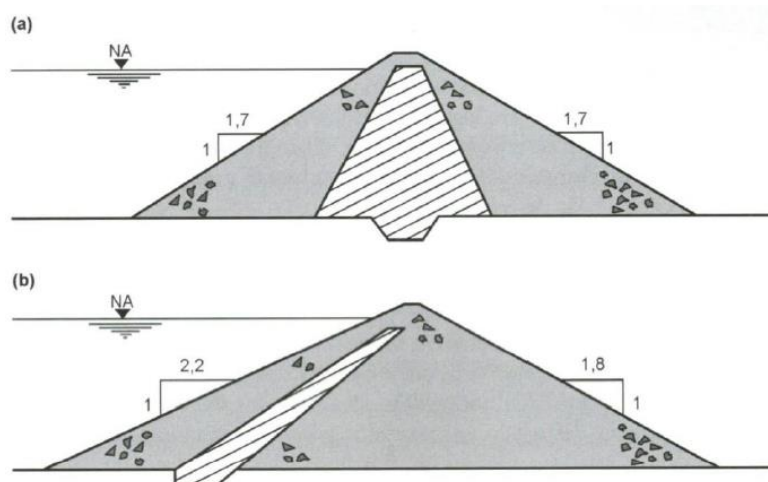
2.2.3.3 Barragens de Enrocamento

- Barragens de Terra-Enrocamento

É o tipo de barragem mais estável dentre as barragens de terra e terra-enrocamento, ratificado pelo fato de não haver nenhum registro de ruptura envolvendo seus taludes. O material do enrocamento possui alto ângulo de atrito, garantindo a estabilidade dos taludes, mesmo sendo íngremes. O núcleo argiloso é responsável por garantir estanqueidade a barragem, permitindo o represamento da água.

O núcleo dessas barragens pode ser central ou inclinado para montante. A vantagem de se inclinar o núcleo é que não há como transferir seu peso para os espaldares (MASSAD, 2010).

Figura 2.8 - Barragem de Terra-Enrocamento (a) com núcleo central e (b) inclinado para montante.



Fonte: Massad (2010).

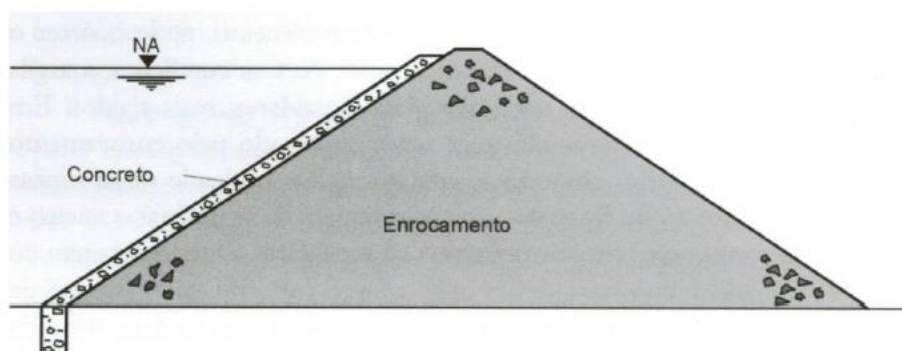
- Barragem de Enrocamento com Membrana de Concreto

Esse tipo de barragem apresenta, como septo impermeável, placas de concreto sobre o talude de montante, de enrocamento (Figura 2.11). As placas são

ligadas umas às outras através de juntas especiais, pois estão apoiadas em meio deformável, que pode sofrer recalques significativos no seu primeiro enchimento.

“A grande vantagem está no cronograma construtivo, pois tanto o aterro quanto a membrana de concreto podem ser construídos independentemente do clima e, portanto, da duração das estações chuvosas.” (Massad, 2010)

Figura 2.9 – Barragem de Enrocamento com Membrana de Concreto.



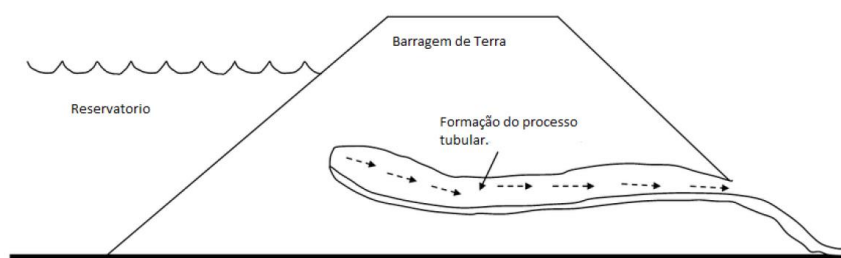
Fonte: Massad (2010).

2.2.4 Causas de Rupturas de Barragens

As causas de rupturas de barragens são diferentes para cada tipo de barragem. Segundo Netto (2018), a erosão interna (*piping*) e o galgamento (*overtopping*) são as principais causas de rupturas em barragens de terra. Já em barragens de concreto as causas são basicamente pela deterioração do material ou por falha estrutural na fundação, seja por sobrecarga ou saturação elevada.

2.2.4.1 Erosão Interna (Piping)

O *piping* é um fenômeno de erosão do solo que se inicia no talude de jusante, pelo ponto de saída do fluxo percolado, progredindo para montante, formando um tubo, carreando material que com o tempo vai fazer com que o tamanho do tubo aumente, conseqüentemente, aumentando o fluxo de material e diminuindo a estabilidade do maciço até que este entre em colapso.

Figura 2.10 – Processo de *piping*.

Fonte: Goodarzi et al. (2010).

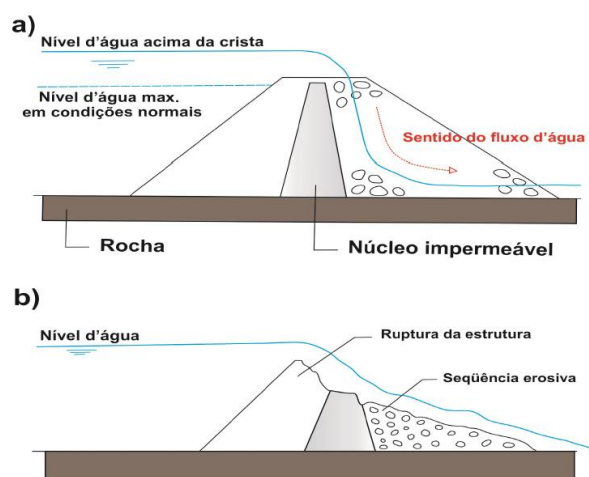
A plasticidade é o fator determinante na formação do *piping*. A formação da brecha é mais provável de ocorrer em solos sem coesão do que em solos coesivos ou plásticos (TONUSSI, 2017).

Para controlar esse fenômeno é necessário fazer o controle da percolação, pelas fundações e pelo maciço. No maciço são utilizados filtros, que podem ser verticais ou inclinados, para interceptar o fluxo de água, evitando que este progrida para o talude de jusante.

2.2.4.2 Galgamento (*Overtopping*)

O galgamento é o fenômeno que acontece quando a água verte sobre a crista da barragem, podendo erodir o talude de jusante e, conseqüentemente, diminuir a estabilidade da barragem até que esta venha a colapso. Segundo Netto (2018), o galgamento é responsável por 40% dos casos de acidentes com barragens.

Figura 2.11 – Esquemática do galgamento.



Fonte: Netto (2018).

As principais causas do galgamento são:

- Má operação do reservatório e do vertedouro durante a ocorrência de uma cheia de projeto;
- Ocasão de uma cheia extraordinária, para a qual o vertedouro não havia sido projetado;
- Deformação excessiva do maciço, causando recalque na crista;
- Formação de uma onda induzida dentro do reservatório, para a qual este não havia sido projetado.

2.2.4.3 Sobrecarga

Esse fenômeno não representa nenhum tipo de ruptura em particular, podendo se manifestar de diversos modos. Este ocorre quando a barragem está sob solicitações para a qual não havia sido projetada, o que sobrecarrega a estrutura, aumentando sua instabilidade e podendo ser levada ao colapso. No caso de barragens de terra essas sobrecargas podem fissurar o maciço, facilitando a percolação e prejudicando a sua estrutura até que venha ao colapso.

2.3 Segurança de Barragens e a Lei 12.334/2010

Existe uma preocupação crescente no que se trata de segurança de barragens, isso se deve ao fato da grande importância que essas estruturas possuem para o desenvolvimento, devido às diversas funções que elas podem exercer como: a geração de energia; retenção de resíduos de mineração; abastecimento humano e animal etc. Entretanto estas apresentam grande riscos, pelo fato de que seu colapso pode trazer grandes danos econômicos, ambientais, perdas de vidas.

No Brasil, não é de hoje que as instituições se preocupam com a segurança de barragens, o Comitê brasileiro de Barragens (CBDB) trabalha há muito tempo para a regulamentação da segurança de barragens, através da elaboração de diversos documentos como: Diretrizes Para a Inspeção e Avaliação de Segurança de Barragens em Operação (1983), Segurança de barragens: Recomendações para a Formulação e Verificação de Critérios e Procedimentos (1986) e Guia Básico de Segurança de Barragens (2001).

Somente muito tempo depois é que foi promulgada a lei brasileira de segurança de barragens que é a lei 12.334 de 2010 que institui a Política Nacional de Segurança de Barragens.

Atualmente no Brasil, a segurança de barragens é um tema muito recorrente, devido, principalmente, aos acidentes que estamparam as capas de jornais, Brumadinho e Barragem do Fundão (Mariana), que gerou preocupação das autoridades e da população com relação a todas as outras barragens construídas no país.

2.3.1 A Lei 12.334/2010

Depois de esforços durante anos, a segurança de barragens teve seu grande avanço com a criação da lei 12.334 em 2010 que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) e criou o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB). Esta lei é aplicada a barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais.

Esta lei abrange todas as barragens do território nacional que se enquadre em pelo menos um dos critérios a seguir:

- I. Altura do maciço, contada do ponto mais baixo da fundação à crista, maior ou igual a 15m (quinze metros);
- II. Capacidade total do reservatório maior ou igual a 3.000.000m³ (três milhões de metros cúbicos);
- III. Reservatório que contenha resíduos perigosos conforme normas técnicas aplicáveis;
- IV. Categoria de dano potencial associado, médio ou alto, em termos econômicos, sociais, ambientais ou de perda de vidas humanas.

2.3.1.1 Os Objetivos da Política Nacional de Segurança de Barragens

A lei 12.334/2010 em seu artigo 4º pauta os objetivos que orientam a PNSB, sendo esses:

- I. Garantir a observância de padrões de segurança de barragens de maneira a reduzir a possibilidade de acidentes e suas consequências;
- II. Regulamentar as ações de segurança a serem adotadas nas fases de planejamento, projeto, construção, primeiro enchimento e primeiro

vertimento, operação, desativação e de usos futuros de barragens em todo o território nacional;

- III. Promover o monitoramento e o acompanhamento das ações de segurança pelos responsáveis por barragens;
- IV. Criar condições para que se amplie o universo de controle de barragens pelo poder público, com base na fiscalização, orientação e a correção das ações de segurança;
- V. Coligir informações que subsidiem o gerenciamento da segurança de barragens pelos governos;
- VI. Estabelecer conformidades de natureza pública que permitam a avaliação da adequação aos parâmetros estabelecidos pelo poder público;
- VII. Fomentar a cultura de segurança de barragens e gestão de riscos.

2.3.1.2 Os Instrumentos da Política Nacional de Segurança de Barragens

A lei 12.334/2010 em seu artigo 6º, fundamenta os instrumentos da PNSB que estão listados a seguir:

- I. O sistema de fiscalização de barragens por categoria de risco e por dano potencial associado;

Sua principal finalidade é reunir as barragens de acordo com as possíveis consequências de um acidente para que assim, possa se estabelecer os procedimentos para garantir a segurança. A função de utilizar esse sistema é de responsabilidade não só do Poder Público, que precisa para poder priorizar as ações de segurança, como também do empreendedor, pois ele precisa estar ciente dos padrões de segurança que o seu empreendimento deve atender.

As barragens são classificadas por categoria de risco e por dano potencial associado em baixo, médio ou alto. Com essa classificação podem ser tomadas as medidas adequadas de monitoramento, inspeção e planos de segurança. Essa classificação obedece a três aspectos: risco, dano potencial associado e volume.

A classificação em relação ao risco é feita levando em conta os aspectos de projeto da barragem, estado de conservação, operação e manutenção; importância etc. Já o dano potencial associado está relacionado aos impactos que um possível acidente causaria à vida, à economia, ao meio ambiente. Quanto maior o dano, maior deve ser a atenção quanto a segurança. Por fim o volume do reservatório está

relacionado ao dano que será causado na região de jusante da barragem. Quanto maior o volume do reservatório maior o dano na região de jusante.

II. O Plano de Segurança de Barragem;

Segundo a lei o plano, no mínimo, deve conter informações como:

- identificação do empreendedor;
- dados técnicos referentes à implantação do empreendimento, inclusive, no caso de empreendimentos construídos após a promulgação desta Lei, do projeto como construído, bem como aqueles necessários para a operação e manutenção da barragem;
- estrutura organizacional e qualificação técnica dos profissionais da equipe de segurança da barragem;
- manuais de procedimentos dos roteiros de inspeções de segurança e de monitoramento e relatórios de segurança da barragem;
- regra operacional dos dispositivos de descarga da barragem;
- indicação da área do entorno das instalações e seus respectivos acessos, a serem resguardados de quaisquer usos ou ocupações permanentes, exceto aqueles indispensáveis à manutenção e à operação da barragem;
- Plano de Ação de Emergência (PAE), quando exigido;
- relatórios das inspeções de segurança;
- revisões periódicas de segurança.

De acordo com a a lei, o órgão fiscalizador é o responsável pela periodicidade de atualização, pela qualificação do responsável técnico, pelo conteúdo mínimo e pelo nível de detalhamento dos planos de segurança, das inspeções de segurança regular e especial; e da Revisão Periódica de Segurança de Barragem.

O artigo 9º da lei define que, “as inspeções de segurança regular e especial deverão levar em conta a categoria de risco e o dano potencial associado à barragem.” Essas inspeções possuem o objetivo de verificar o estado de conservação das estruturas da barragem, devendo ser elaborado posteriormente um relatório resultante dessas inspeções que deve ser disponibilizado ao órgão fiscalizador e à sociedade civil.

A Revisão Periódica de Segurança de Barragem possui o objetivo de verificar o estado geral de segurança da barragem, considerando o atual estado da

arte para os critérios de projeto, a atualização dos dados hidrológicos e as alterações das condições a montante e a jusante da barragem, além disso, deve indicar as ações a serem adotadas pelo empreendedor para a manutenção da segurança da barragem.

O Plano de Ação Emergência (PAE) é um documento que estabelece as ações a serem executadas pelo empreendedor da barragem em caso de emergência, bem como identifica os agentes a serem notificados dessa ocorrência. O PAE é elaborado em função da categoria de risco e do dano potencial, de acordo com o artigo 11º.

III. O Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens;

Possui a finalidade de armazenar, gerenciar e disponibilizar para a sociedade todas as informações relacionadas à segurança das barragens em território nacional. Compreende em um sistema de coleta, tratamento, armazenamento e recuperação de informações, que deve contemplar barragens em construção, operação e desativadas.

Seus princípios básicos são: descentralização da obtenção e produção de dados e informações; coordenação unificada do sistema; e acesso a dados e informações garantido a toda a sociedade. Sua gestão é de responsabilidade da ANA, que deverá construir uma plataforma para controlar o fluxo de informações.

IV. O Sistema Nacional de Informações sobre o Meio Ambiente;

É o instrumento responsável pela gestão da informação no âmbito do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA). Sua forma de atuação é baseada em três eixos estruturantes: Desenvolvimento de ferramentas de acesso à informação; integração de bancos de dados e sistemas de informação; e fortalecimento do processo de produção, sistematização e análise de estatísticas e indicadores relacionados com as atribuições do Ministério do Meio Ambiente.

É nesse sistema que estão cadastradas as barragens de rejeitos, além das barragens de acumulação de água para diversos fins. Sua gestão é de responsabilidade principal do Ministério do Meio Ambiente, através do Departamento de Coordenação do SISNAMA (DSIS).

V. O Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental;

Sua gestão é administrada pelo IBAMA e possui a finalidade de identificar pessoas físicas e jurídicas que se dediquem à consultoria técnica sobre problemas

ecológicos e ambientais e à indústria e comércio de equipamentos, aparelhos e instrumentos destinados ao controle de atividades efetivas ou potencialmente poluidoras. Junto com o Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras e Utilizadoras de Recursos Naturais recebem a denominação de Cadastro Técnico Federal (CTF/IBAMA).

VI. O Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras ou Utilizadoras de Recursos Ambientais;

Possui a finalidade de controlar e monitorar as atividades potencialmente poluidoras e/ou a extração, produção, transporte e comercialização de produtos potencialmente perigosos ao meio ambiente, assim como de produtos e subprodutos da fauna e flora.

VII. O Relatório de Segurança de Barragens.

A responsabilidade da elaboração do relatório é da ANA, porém para que este seja elaborado, é necessário que todos os órgãos e agentes fiscalizadores de segurança de barragens no país, nas esferas federal e estadual, enviem a ANA dados pertinentes às barragens sob sua responsabilidade. As informações enviadas são reunidas com as informações das barragens fiscalizadas pela própria ANA e são enviadas para a apreciação do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH). O conselho além de apreciar tem a função de fazer recomendações de ações de melhoria na segurança de barragens, se for necessário, e enviar o relatório ao congresso nacional.

O relatório possui como principal objetivo disponibilizar as informações relativas à segurança das barragens brasileiras a toda sociedade. Nota-se que este instrumento consolida os demais, visto que as informações relacionadas a implementação dos outros instrumentos serão utilizadas para a elaboração deste relatório.

2.3.2 Manual de Segurança e Inspeção de Barragens

Foi elaborado pelo Ministério da Integração com base no Guia Básico de Segurança de Barragens do Comitê Brasileiro de Barragens, além terem sido utilizados também, materiais referentes ao tema de segurança de barragens do *Bureau of Reclamation*, da *Canadian Dam Association* e da Companhia de Gestão de Recursos Hídricos do Estado do Ceará (COGERH/CE).

Possui o objetivo de estabelecer parâmetros e um roteiro básico para orientar os procedimentos de segurança a serem adotados em novas barragens, quaisquer que sejam seus proprietários, e manter as já construídas em um estado de segurança compatível com seu interesse social e de desenvolvimento. Além disso esse documento pretende determinar requisitos mínimos de segurança, uniformizar critérios de avaliação, permitir uma supervisão constante para execução de melhorias que aumentem a segurança das estruturas, e contribuir para a legislação e regulamentação de barragens em âmbito nacional.

O manual também dispõe de anexos que auxiliam os responsáveis pela segurança e inspeção de barragens. O anexo A trata de um modelo alternativo de classificação do potencial de risco, no qual, são utilizadas matrizes compostas por parâmetros e características das barragens que permitem que as barragens sejam classificadas quanto periculosidade, vulnerabilidade, importância e potencial de risco.

O anexo B traz um roteiro de inspeção de barragens, apontando os tipos de anomalia que podem ser identificadas, suas causas e procedimentos, além de citar ações a serem adotadas durante a inspeção. Nesse anexo também é disponibilizado um modelo de ficha de inspeção com os itens a serem avaliados.

O anexo C detalha e ilustra as anomalias que podem ser identificadas durante a inspeção, apontando suas possíveis causas e consequências, além de sugerir ações corretivas para resolver o problema.

O anexo D trata-se de um modelo de Plano de Ação Emergencial (PAE), apontando as situações de emergência, ações preventivas, além de disponibilizar modelos de fichas de cadastro para recursos de emergência, cadastro da população, entre outros.

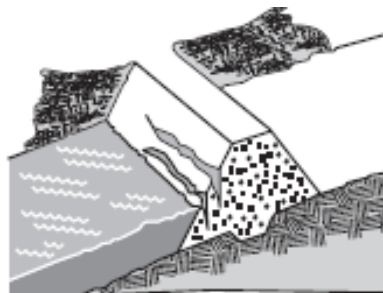
2.4 Tipos de anomalias comumente identificadas

O anexo C do Manual aborda as anomalias mais comuns de serem identificadas durante uma inspeção de segurança em uma barragem e seus impactos.

2.4.1 Talude de Montante

- **Grandes Rachaduras:** ilustradas na figura 2.14. Podem ser causadas por movimentação do maciço devido a sua perda de resistência, ou por movimentação da fundação. Indica um início de deslizamento ou recalque do maciço causado pela ruptura da fundação.

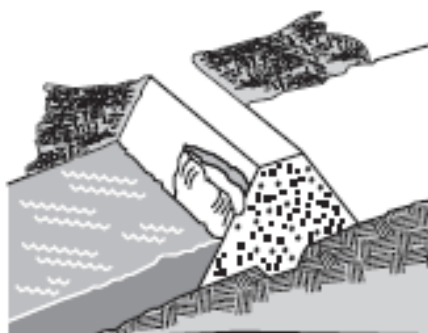
Figura 2.14 – Grandes Rachaduras.



Fonte: Ministério da Integração (2002).

- Deslizamentos, afundamentos ou escorregamentos: ilustradas na figura 2.15. Podem ocorrer quando terras ou pedras deslizam pelo talude devido a sua inclinação exagerada ou ao movimento da fundação. Uma série de deslizamentos podem provocar a obstrução da tomada d'água ou ruptura da barragem.

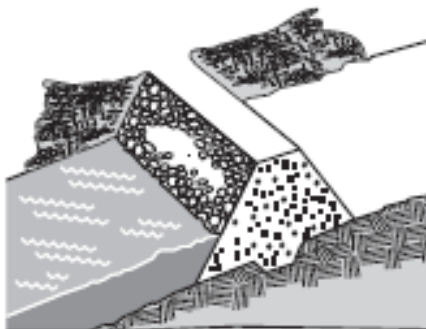
Figura 2.15 – Deslizamentos no Talude de Montante.



Fonte: Ministério da Integração (2002).

- Rip-rap incompleto, destruído ou deslocado: ilustrado na figura 2.16. Pode ser ocasionado quando o rip-rap de baixa qualidade se deteriora, ou pela ação das ondas, que deslocam o rip-rap. Pode ocasionar a diminuição do maciço, prejudicando a estabilidade da barragem.

Figura 2.16 – Rip-rap incompleto.



Fonte: Ministério da Integração (2002).

- Erosão por trás do rip-rap mal graduado: pode ocorrer quando pedras de mesma granulometria permitem a passagem das ondas que acabam por erodir o maciço. Pode ocasionar a diminuição da largura da barragem prejudicando sua estabilidade.

2.4.2 Talude de Jusante

- Deslizamento/charco: ilustrado na figura 2.17. Pode ser ocasionado pela perda de resistência do material do maciço pela infiltração da água ou falta de suporte da fundação.

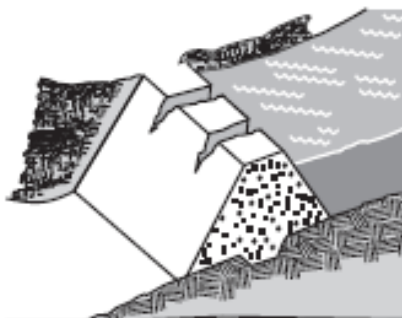
Figura 2.17 – Deslizamento no Talude de Jusante



Fonte: Ministério da Integração (2002).

- Rachaduras transversais: ilustradas na figura 2.18. Podem ocorrer quando há um assentamento diferenciado entre o centro e as ombreiras. Elas permitem que haja infiltração de água no maciço prejudicando a estabilidade da barragem.

Figura 2.18 – Rachaduras Transversais.



Fonte: Ministério da Integração (2002).

- Rachaduras longitudinais: ilustradas na figura 2.19. Provavelmente são ocasionadas pelo ressecamento e contração do material da superfície do talude ou por movimentos de assentamento do maciço a jusante. Essas rachaduras podem indicar um possível deslizamento, além de permitir a infiltração de água, prejudicando a estabilidade da barragem.

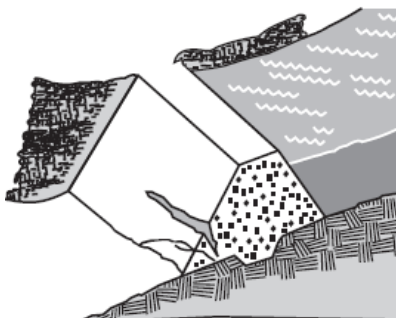
Figura 2.19 – Rachaduras Longitudinais no Talude de Jusante.



Fonte: Ministério da Integração (2002).

- Afundamentos: ilustrados na figura 2.20. É uma condição localizada e pode ocorrer quando há uma erosão regressiva em uma porção do talude. Pode expor zonas impermeáveis à erosão e provocar futuros afundamentos.

Figura 2.20 – Afundamentos no Talude de Jusante.



Fonte: Ministério da Integração (2002).

- Erosão: ilustrada na figura 2.21. Podem ocorrer quando as águas advindas das chuvas carregam o material da superfície do talude, criando uma vala/calha contínua. Podem ser perigosas caso aumentem de tamanho, podendo deteriorar o talude de jusante e provocando, posteriormente, a ruptura da estrutura.

Figura 2.21 – Erosão no Talude de Jusante

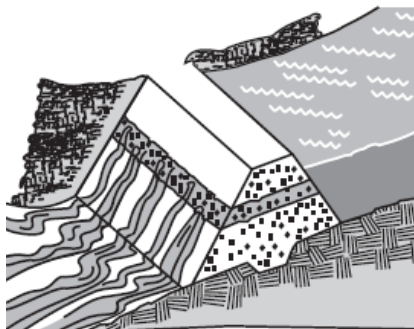


Fonte: Ministério da Integração (2002).

- Presença de vegetação: geralmente decorrem da falta de manutenção da barragem. As raízes das árvores podem criar caminhos para a passagem de água.
- Buracos de animal: geralmente causados pela presença de animais roedores. Podem criar caminhos para a passagem da água e provocar *piping*.
- Área molhada em faixa horizontal: ilustrada na figura 2.22. Pode ser ocasionada devido a utilização de materiais inadequados na construção.

Quando os fluxos de água são excessivos podem causar uma erosão acelerada provocando uma instabilidade no maciço.

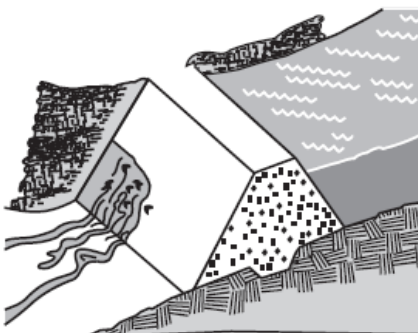
Figura 2.22 – Área molhada em faixa horizontal.



Fonte: Ministério da Integração (2002).

- Vazamento vindo das ombreiras: ilustrado na figura 2.23. Provavelmente é ocasionado por fissuras ou rachaduras nos materiais das ombreiras que permitem a percolação da água. Pode provocar uma erosão rápida na ombreira e o esvaziamento do reservatório, além de poder provocar deslizamentos próximos ou a jusante da barragem.

Figura 2.23 – Vazamento vindo das ombreiras.



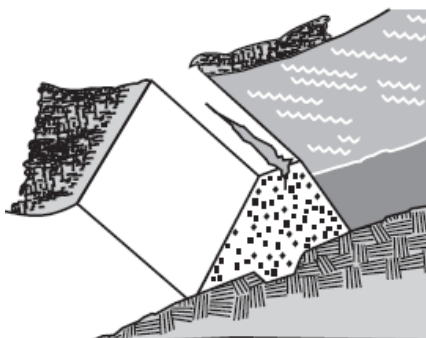
Fonte: Ministério da Integração (2002).

- Tráfego de animais: danifica a proteção do talude, permite que haja acúmulo de água em certas regiões e faz com que a área fique suscetível a rachaduras por ressecamento.

2.4.3 Crista

- Rachaduras longitudinais: ilustradas na figura 2.24. Podem ser ocasionadas por falha na fundação ou por assentamentos diferentes entre seções adjacentes ou zonas do maciço da barragem. Permite a entrada do escoamento superficial para dentro do maciço podendo provocar uma ruptura.

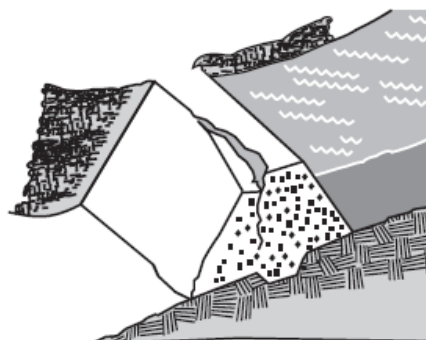
Figura 2.24 – Rachaduras longitudinais na Crista.



Fonte: Ministério da Integração (2002).

- Deslocamento vertical: ilustrado na figura 2.25. Pode ser causado por deformação ou falha estrutural causada por instabilidade estrutural ou falha na fundação. Reduz a seção transversal da barragem e permite a entrada de água do escoamento superficial podendo causar ruptura.

Figura 2.25 – Deslocamento vertical.



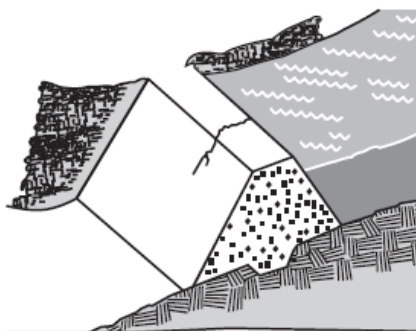
Fonte: Ministério da Integração (2002).

- Desabamentos: podem ser provocados pela erosão interna do material do maciço, devido a presença de tocas de roedores ou pela infiltração de água. Vazios dentro da barragem podem causar desabamentos,

deslizamentos, instabilidade, ou reduzir a seção transversal do maciço da barragem, além de permitir a entrada de águas superficiais que podem levar a estrutura a sua ruptura.

- Rachaduras transversais: ilustradas na figura 2.26. Podem ser ocasionadas por movimentos desiguais das partes adjacentes da estrutura ou por deformação causada por tensão estrutural ou instabilidade. Pode criar um caminho para infiltração através da seção transversal do maciço prejudicando sua estabilidade.

Figura 2.26 – Rachaduras transversais na crista.



Fonte: Ministério da Integração (2002).

- Depressões: ilustradas na figura 2.27. Podem ser causadas por falhas na terraplanagem final, por erosão devido ao escoamento superficial, ou por erosão interna do maciço. Elas reduzem a cota de segurança disponível para a passagem da água através do sangradouro com segurança.

Figura 2.27 – Depressões na crista.

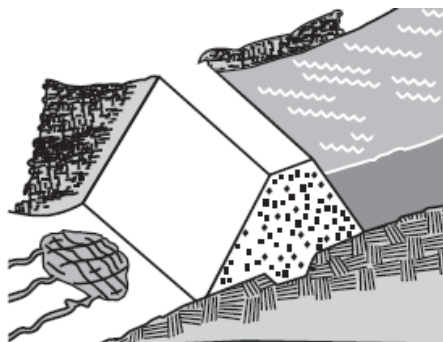


Fonte: Ministério da Integração (2002).

2.4.4 Áreas a jusante da barragem

- Áreas encharcadas a jusante: geralmente podem ser ocasionadas pela passagem excessiva de água pelas fundações. Pode ocasionar erosão do material da fundação e possivelmente a ruptura da barragem.

Figura 2.28 – Áreas encharcada a jusante.



Fonte: Ministério da Integração (2002).

3.0 PROCEDIMENTOS E MATERIAIS UTILIZADOS

3.1 Barragens analisadas

O Estado do Ceará tem seus reservatórios distribuídos em 12 bacias hidrográficas que estão dispostas como ilustra a figura 3.1, disponibilizada no site da Agência Nacional de Águas (ANA).

Figura 3.1 – Mapa de Bacias Hidrográficas do Ceará.



Fonte: Agência Nacional de Águas (2016).

As barragens analisadas encontram-se nas bacias do Banabuiú, Baixo e Médio Jaguaribe. Tomou-se como prioridade as barragens da região do Vale do Jaguaribe mais próximas do município de Russas. A seguir temos a descrição dessas barragens:

- Barragem Santo Antônio de Russas: localizada na bacia do Baixo Jaguaribe no município de Russas. É a barragem mais antiga entre as estudadas neste trabalho, teve sua conclusão no ano de 1927. O açude possui capacidade de 24.154.800 m³ de água, e sua barragem é de terra homogênea com altura máxima de 14,00 metros, seu coroamento possui 4 metros de largura e 620 metros de extensão. Ela barra o rio Palhano e possui um sangradouro do tipo Soleira Espessa, como é possível

observar na figura 3.1, com lâmina de água máxima projetada de 1 metro, sendo a tomada d'água do tipo galeria como mostra a figura 3.2. Dos açudes observados foi o único que sangrou no ano de 2019 e estava com cerca de 89% de sua capacidade no período da visita.

Figura 3.2 – Sangradouro da Barragem Santo Antônio de Russas.



Fonte: Autor (2019).

Figura 3.3 – Torre de tomada d'água da Barragem Santo Antônio de Russas.



Fonte: Autor (2019).

- Barragem Poço do Barro: localizada na bacia do Banabuiú no município de Morada Nova, teve sua conclusão no ano de 1956. O açude possui capacidade de 54.703.500 m³ de água. A barragem é de terra homogênea com altura máxima de 25,30 metros, seu coroamento possui 6 metros de largura e 628 metros de extensão. Ela barra o rio Livramento e possui um sangradouro do tipo Vertedouro, como é possível observar na figura 3.4, com lâmina de água máxima projetada de 1,50 m, sendo a tomada d'água do tipo galeria como mostra as figuras 3.5 e 3.6. O açude se encontrava com cerca de 26% de sua capacidade no período da visita.

Figura 3.4 – Sangradouro da Barragem Poço do Barro.



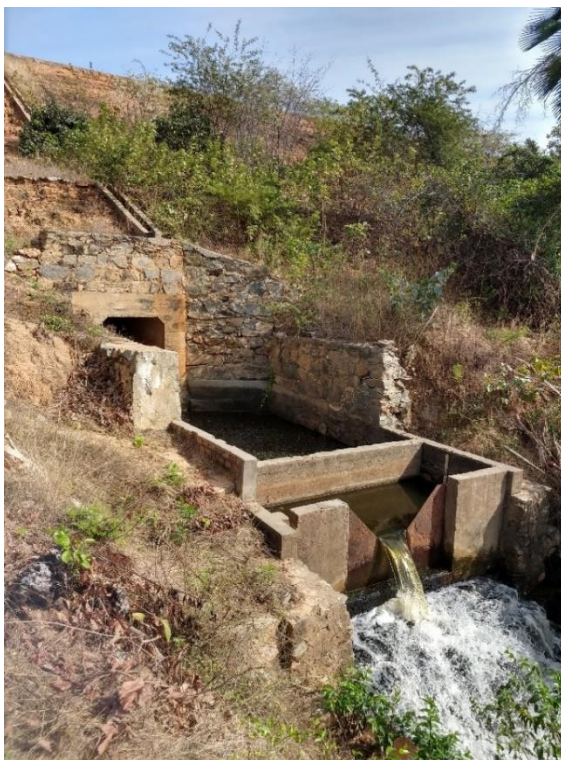
Fonte: Autor (2019).

Figura 3.5 – Torre da Tomada d'água da Barragem Poço do Barro.



Fonte: Autor (2019).

Figura 3.6 – Tomada d'água à jusante da Barragem Poço do Barro.



Fonte: Autor (2019).

- Barragem Figueiredo: localizada na bacia do Médio Jaguaribe no município de Alto Santo, é a barragem mais recente entre as estudadas nesse trabalho. Foi concluída em 2013, possui capacidade de 519.600.000 m³ de água, é uma barragem de enrocamento com núcleo argiloso com altura máxima de 33,50 metros, seu coroamento possui 8 metros de largura e 2.915 metros de extensão. Ela barra o Rio Figueiredo e possui um sangradouro do tipo Canal com Soleira Frontal, como é possível observar na figura 3.7, com lâmina de água máxima projetada de 2,30 m, sendo a tomada d'água do tipo galeria com corpo da barragem como mostra a figuras 3.8. O açude se encontrava com cerca de 8% de sua capacidade no período da visita.

Figura 3.7 – Sangradouro da Barragem Figueiredo.



Fonte: Autor (2019).

Figura 3.8 – Torre de Tomada d'água da Barragem Figueiredo.



Fonte: Autor (2019).

- Barragem Castanhão: localizada na bacia do Médio Jaguaribe no município de Nova Jaguaribara, apesar de atender bastantes municípios. O açude Castanhão é o maior açude para usos múltiplos da América Latina possuindo capacidade de 6.700.000.000 m³ de água. Sua Barragem é de terra homogênea e Concreto Compactado a Rolo (CCR) com altura máxima de 60,00 metros, seu coroamento possui 7 metros de largura e 4.320 metros de extensão. Ela barra o Rio Jaguaribe e possui um sangradouro do tipo Superfície de encosta com Perfil Creager, como é possível observar na figura 3.9, com lâmina de água máxima projetada de 11,00 m, sendo a tomada d'água do tipo Torre – Galeria como mostra a figura 3.10. O açude se encontrava com 5% de sua capacidade no período da visita.

Figura 3.9 – Sangradouro da Barragem Castanhão.



Fonte: Autor (2019).

Figura 3.10 – Galeria da Tomada d'água da Barragem Castanhão.



Fonte: Autor (2019).

3.2 Procedimento em campo

Foram realizadas visitas às barragens nos dias 17 e 30 de julho. No dia 17 pela parte da manhã foi realizada a visita à barragem Santo Antônio de Russas pelo. Esta visita foi acompanhada pelo chefe da Unidade de Campo da Bacia do Baixo Jaguaribe (UCBBJ) e responsável pela barragem.

No dia 30 de julho pelo período da manhã foram visitadas as barragens do Poço do Barro e Figueiredo. Já no período da tarde foi realizada a visita à barragem Castanhão, esta visita também contou com a presença do coordenador do Complexo do Castanhão. As visitas foram programadas de acordo com a disponibilidade do chefe da unidade, e como as barragens Poço do Barro, Figueiredo e Castanhão são próximas, foi possível realizar as visitas a elas em um mesmo dia.

As visitas foram feitas seguindo as recomendações do Manual de Segurança e Inspeção em Barragem, mais especificamente em seu anexo B. As inspeções foram realizadas com o objetivo de identificar anomalias que pudessem afetar a segurança das barragens.

A técnica de inspeção consiste em caminhar sobre os taludes e o coroamento, tantas vezes quantas sejam necessárias, de forma a observar a

superfície da área claramente. Dependendo da situação do terreno são necessárias pausas, para garantir que não passe despercebido detalhes como tocas de animais.

Durante as pausas deve-se observar a superfície a partir de diferentes perspectivas, o que pode revelar uma deficiência que poderia de outra forma não ser observada, deve-se também verificar o alinhamento da superfície. O tipo de trajetória a ser utilizada, em ziguezague ou paralela ao eixo da barragem, depende exclusivamente das características da superfície.

3.3 Fichas de inspeção

As visitas são classificadas como Inspeções Formais, de acordo com o Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem. As estruturas foram avaliadas através do preenchimento de fichas, conforme os modelos disponibilizados no referido manual.

Inicialmente são preenchidos dados gerais como: identificação da barragem, localização, proprietário, data da vistoria, entre outros. É adotado um sistema de legenda para se identificar a situação, magnitude e o perigo da anomalia, como explicitado na tabela 3.1 a seguir.

Tabela 3.1 – Classificação referente à situação, à magnitude e ao nível de perigo.

SITUAÇÃO:		MAGNITUDE:		NÍVEL DE PERIGO (NP):	
NA	Quando a barragem não possui o item avaliado;	I	Anomalia que pode simplesmente ser mantida sob observação pela Administração Local;	0	Não compromete a segurança da barragem, mas pode ser entendida como descaso e má conservação;
NE	Quando a barragem não apresenta a anomalia avaliada;	P	Quando a anomalia pode ser resolvida pela própria Administração Local;	1	Não compromete a segurança da barragem a curto prazo, mas deve ser controlada e monitorada ao longo do tempo;
PV	Se a anomalia for identificada pela primeira vez;	M	Anomalia que só pode ser resolvida pela Administração Local com apoio da Administração Regional;	2	Risco a segurança da barragem, devendo ser tomadas providências para a eliminação do problema;

DS	Quando uma anomalia, que havia sido identificada em inspeções anteriores, não esteja mais ocorrendo;	G	Anomalia que só pode ser resolvida pela Administração Regional com apoio da Administração Central.	3	Risco de ruptura iminente, situação fora de controle.
Di	Quando uma anomalia, identificada em inspeções anteriores, apresentar-se em menor intensidade;				
PC	Quando uma anomalia, identificada em inspeções anteriores, não sofreu alterações;				
AU	Quando uma anomalia, identificada em inspeções anteriores, teve sua intensidade aumentada;				
NI	Quando determinado item da barragem não poder ser examinado.				

Fonte: Ministério da Educação (2010).

A tabela 3.2 exemplifica a aplicação da ficha para barragem de terra quanto ao Talude de Jusante:

Tabela 3.2 – Itens para avaliação do Talude de Jusante.

LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA		SITUAÇÃO								MAGNITUDE				NP
B.3	TALUDE DE JUSANTE													
1	Erosões	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
2	Escorregamentos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
3	Rachaduras/afundamentos (laje de concreto)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
4	Falha na proteção granular	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
5	Falha na proteção vegetal	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
6	Afundamentos e buracos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
7	Arvores e arbustos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
8	Erosão nos encontros das ombreiras	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
9	Cavernas e buracos nas ombreiras	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
10	Canaletas quebradas ou obstruídas	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
11	Formigueiros, cupinzeiros ou tocas de animais	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
12	Sinais de movimentos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
13	Sinais de fuga d'água ou áreas úmidas	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
14	Carreamento de material na água dos drenos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	

Fonte: Ministério da Integração (2010)

Como se pode notar, o processo de inspeção é padronizado pelo Manual de Segurança e Inspeção de Barragem, indicando as estruturas e as anomalias a serem avaliadas.

4.0 RESULTADOS DAS INSPEÇÕES

Foram avaliadas quatro barragens da região do vale do Jaguaribe, no interior do estado do Ceará, sendo priorizadas as barragens mais próximas do município de Russas. As barragens inspecionadas foram: a barragem Santo Antônio de Russas, em Russas; a barragem Poço do Barro, em Morada Nova; a Barragem Figueiredo; em Alto Santo; e a barragem Castanhão, em Nova Jaguaribara.

4.1 Barragem Santo Antônio de Russas

É uma barragem de terra localizada no município de Russas. Além da ausência de instrumentação adequada, as principais anomalias identificadas na barragem foram:

- Canaletas e calhas obstruídas, ilustrado na figura 4.1. Pode ser uma consequência da presença de vegetação e pode ser um indicador do carreamento de material da superfície. Compromete a drenagem das águas superficiais do coroamento. Apesar de não apresentar risco de ruptura iminente, é necessária a limpeza dessas estruturas para que não causem danos às outras estruturas.

Figura 4.1 – Canaletas obstruídas, Santo Antônio de Russas.



Fonte: Autor (2019).

- Presença de vegetação nos taludes de montante e jusante, ilustrado na figura 4.2. Este fato não apresenta risco de ruptura iminente, entretanto, causa danos ao rip-rap, às canaletas, ao meio-fio, além do fato das raízes mais profundas causarem danos ao maciço, diminuindo a estabilidade da barragem. Faz-se necessária a limpeza do local por parte da administração local.

Figura 4.2 – Taludes de (a) Jusante e de (b) Montante, Santo Antônio de Russas.



Fonte: Autor (2019)

- Área molhada a jusante, ilustrada na figura 4.3. É necessário monitorar a o surgimento desta água, porque se for proveniente da barragem, pode causar erosão da fundação e prejudicar a estabilidade da estrutura.

Figura 4.3 – Área molhada a jusante, Santo Antônio de Russas.



Fonte: Autor (2019)

- Erosões no Talude de Jusante. Podem ter sido causadas pela ausência de meio-fio e canaletas a jusante, o que prejudica a drenagem das águas superficiais de maneira correta; pela presença de vegetação no talude; ou pelo fato de quase não existir mais rip-rap a jusante, prejudicando a proteção do talude. Durante a visita foi possível notar que o talude se encontra irregular. Faz-se necessária a reparação e limpeza do talude, além da colocação de sistemas de drenagem a jusante. A situação é ilustrada na figura 4.4

Figura 4.4 – Talude de Jusante, Santo Antônio de Russas.



Fonte: Autor (2019).

- Torre da tomada d'água deteriorada. Observando a figura 3.3 é possível notar que a estrutura da torre da tomada d'água está bastante desgastada, apresentando marcas de umidade, alvenarias expostas e ausência de grade de proteção nas aberturas. Apesar de não ser uma estrutura que afete diretamente na estabilidade da barragem, é uma estrutura de grande importância para a operação da barragem e, por isso, é necessário que ela esteja em boas condições para garantir a segurança dos operadores da barragem.
- Laje de dissipação do vertedouro degradada. É possível observar na figura 3.2, que a laje de dissipação do vertedouro encontra-se deteriorada em quase sua totalidade, isso pode ser decorrente do material de composição que foi erodido devido ao escoamento no vertedouro. É necessário que seja feito o reparo dessa estrutura visto que é uma estrutura de grande importância para a barragem, pois ela é responsável por dar vazão na velocidade certa quando a barragem atinge sua cota máxima de operação.

4.2 Barragem Poço do Barro

É uma barragem de terra homogênea localizada no município de Morada Nova. Não foram encontrados os sistemas de instrumentação adequados, e as principais anomalias identificadas na barragem foram:

- Meio fio danificado, ilustrado na figura 4.5. Pode ser uma consequência do mal funcionamento do sistema de drenagem, ou pela presença de vegetação próximas a essas estruturas, ou por escorregamentos do maciço. Deve ser recuperado pela administração local.

Figura 4.5 – Meio fio a jusante, Poço do Barro.



Fonte: Autor (2019).

- Canaletas e calhas obstruídas ou danificadas, ilustradas na figura 4.6. Fato causado tanto pela presença de vegetação próxima a essas estruturas, quanto pelo fato de quando a pista de rolamento foi refeita, e o material colocado acabou por obstruir essas estruturas, prejudicando o sistema de drenagem. Faz-se necessário o reparo e desobstrução dessas estruturas.

Figura 4.6 – Canaletas, Poço do Barro.



Fonte: Autor (2019).

- Presença de vegetação nos taludes, ilustrado na figura 4.7. Pode causar danos ao rip-rap, às canaletas, ao meio-fio, além do fato das raízes mais profundas causarem danos ao maciço, diminuindo a estabilidade da barragem. Faz-se necessária a limpeza do local.

Figura 4.7 – Taludes de (a) Montante e de (b) Jusante, Poço do Barro.



Fonte: Autor (2019).

- Rip-rap de montante danificado, ilustrado na figura 4.8. Esse fato pode ser decorrente de uma falha no material de composição do rip-rap, visto que a barragem foi construída a mais de 60 anos; também pode ser decorrente da presença de vegetação no talude, ou por erosão interna do maciço. Apesar de não apresentar risco iminente de ruptura, faz-se necessário a identificação da origem do problema e a sua reparação.

Figura 4.8 – Rip-rap de montante, Poço do Barro.



Fonte: Autor (2019).

- Erosões no talude de jusante, ilustradas na figura 4.9. Pode ser decorrente tanto da ineficiência do sistema de drenagem, que faz com que a água percole pelo talude carregando material; quanto pela presença de vegetação no talude, prejudicando sua estrutura. Mesmo que este fato não apresente risco de ruptura iminente, é necessária a reparação do talude.

Figura 4.9 – Talude de Jusante, Poço do Barro.



Fonte: Autor (2019).

- Afundamentos no coroamento, ilustrados na figura 4.10. São possivelmente decorrentes de erosão ocasionada pelo escoamento superficial e pelo tráfego de veículos sobre a barragem, visto que, a barragem não possui revestimento. Essa situação não indica risco de ruptura, porém faz-se necessário o reparo destas anomalias.

Figura 4.10 – Afundamentos no coroamento, Poço do Barro.



Fonte: Autor (2019).

4.3 Barragem Figueiredo

É uma barragem de enrocamento com núcleo argiloso localizada no município de Alto Santo. As principais anomalias identificadas na barragem foram:

- Presença de vegetação nos taludes, ilustrado nas figuras 4.11 e 4.12. Este fato pode causar danos ao rip-rap, além do fato das raízes mais profundas poderem causar danos ao maciço, diminuindo a estabilidade da barragem. Faz-se necessária a limpeza do local.

Figura 4.11 – Talude de Montante, Figueiredo.



Fonte: Autor (2019).

Figura 4.12 – Talude de Jusante, Figueiredo.



Fonte: Autor (2019).

- Afundamentos no coroamento, ilustrados na figura 4.13. Provavelmente são decorrentes de erosões ocasionadas pelo escoamento superficial e pelo tráfego de veículos sobre a barragem, visto que, a barragem não possui revestimento. É necessário que seja feito o reparo destas anomalias.

Figura 4.13 – Afundamento no coroamento, Figueiredo.



Fonte: Autor (2019).

4.4 Barragem Castanhão

É uma barragem de terra e CCR localizada no município de Nova Jaguaribara. A única anomalia identificada na barragem foi a presença de vegetação nos taludes, ilustrado nas figuras 4.14 e 4.15. Este fato apresentou-se em pequena escala e não apresenta risco de ruptura iminente, entretanto, pode causar danos ao rip-rap, além do fato das raízes mais profundas poderem causar danos ao maciço, diminuindo a estabilidade da barragem, sendo necessária a limpeza do local por parte da administração local.

Figura 4.14 – Talude de Montante, Castanhão.



Fonte: Autor (2019).

Figura 4.15 – Talude de Jusante, Castanhão.



Fonte: Autor (2019).

4.4.1 A fissura da Barragem Castanhão

Em 2016 os jornais do estado do Ceará noticiaram que a barragem Castanhão apresentava uma fissura em sua parede, o que causou preocupação à população e aos órgãos responsáveis. Engenheiros do Conselho Regional de Engenharia e Agronomia (CREA), foram chamados para fazer estudos sobre as causas dessa fissura e suas possíveis consequências.

No relatório técnico, apresentado após os estudos pelo presidente do CREA-CE na época, foi constatado que a fissura não comprometia a segurança no local, e que ela não foi causada nem por falha no processo de construção da obra nem abalo sísmico, e sim decorrente do fator térmico e outras condições do clima.

Em 2017 foi feita a restauração com adicionamento de material flexível a fim de suportar as movimentações térmicas. Com a visita realizada para a elaboração deste trabalho foi possível observar os resultados desta restauração, ilustrada nas figuras 4.16 e 4.17.

Figura 4.16 – Fissura restaurada, Castanhão.



Fonte: Autor (2019).

Figura 4.17 – Vista de montante do sangradouro, Castanhão.



Fonte: Autor (2019).

5.0 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho foi elaborado a partir de inspeções realizadas em quatro barragens da região do Vale do Jaguaribe, sendo elas: a barragem Santo Antônio de Russas, em Russas; a barragem Poço do Barro, em Morada Nova; a barragem Figueiredo, em Alto Santo; e a barragem Castanhão, em Nova Jaguaribara. Sendo as barragens de Santo Antônio de Russas e Poço do Barro de terra homogênea, enquanto a barragem Figueiredo é de enrocamento com núcleo argiloso, e a barragem Castanhão é de terra homogênea e Concreto Compactado a Rolo (CCR).

Não foi possível identificar anomalias que ofereçam risco de ruptura iminente às barragens. Porém algumas anomalias são recorrentes nas barragens, como a presença de vegetação nos taludes.

Foram observados também danos às estruturas de drenagem e ao rip-rap das barragens, além de afundamentos no coroamento e até a presença de uma região úmida a jusante da barragem Santo Antônio de Russas. Esses danos, apesar de não comprometerem diretamente a segurança da barragem, podem ocasionar falhas maiores, prejudicando a estabilidade da barragem, ou podem até serem indicativos de outras falhas que não podem ser notadas sem estudos mais aprofundados.

Percebe-se que essas anomalias não são causadas apenas pela falta de manutenção, mas também pela própria deterioração dos materiais com o decorrer do tempo. Por isso são necessárias medidas para corrigir essas falhas, para que as barragens possam atender as demandas da população sem apresentar riscos à segurança dela.

Vale ressaltar que após os acidentes com barragens de rejeitos em Mariana (2015) e Brumadinho (2019) no estado de Minas Gerais, a equipe de segurança de barragens do DNOCS fez uma visita de inspeção em cada barragem que o DNOCS é o proprietário, inclusive as que foram abordadas neste trabalho.

Pode-se destacar que é de suma importância a realização de estudos mais aprofundados das anomalias para que possamos conseguir precisar sua origem e possíveis consequências às estruturas. É necessário que os proprietários e o poder público adotem de maneira mais efetiva os procedimentos e instrumentos indicados pela Política Nacional de Segurança de Barragens, principalmente para evitar que outros acidentes aconteçam.

REFERÊNCIAS

ANDERAÓS, Alexandre; ARAUJO, Lígia Maria Nascimento De; NUNES, Carlos Motta. Classificação de barragem quanto à categoria de risco e ao Dano Potencial Associado – um exercício. Bento Gonçalves: XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2013. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/noticias/20131119_PAP012965_04.pdf>. Acesso em: 19 ago. 2019.

BRASIL. Relatório Final: Grupo de trabalho Interministerial para redelimitação do semiárido nordestino e do Polígono das Secas. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2005.

BRASIL. Curso de Segurança de Barragens: Aula 3. Agência Nacional de Águas, 2016. Disponível em: <http://progestao.ana.gov.br/portal/progestao/destaque-superior/boas-praticas/curso-de-seguranca-de-barragens-dae-1/aula-3-segur-barragem-2016tipo.pdf>. Acesso em 19 ago. 2019.

BRASIL. **A gestão de recurso hídricos no Ceará**. Agência Nacional de Águas, 2016. Disponível em: <http://progestao.ana.gov.br/portal/progestao/panorama-dos-estados/ce>. Acesso em 21 ago. 2019.

BRASIL. **Lei nº 12.334, de 20 de Setembro de 2010**. Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens e cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 21 set. 2010. Disponível em: <<http://presrepublica.jusbrasil.com.br/legislacao/1025242/lei-12334-10>>. Acesso em: 19 ago. 2019.

BRASIL. **Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem**. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2010. 117p.

BRASIL. **Manual de Segurança e Inspeção de Barragens**. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2002. 148p.

Chiossi, Nivaldo. **Geologia de Engenharia**. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2013. 424p.

DNOCS. Ações do DNOCS: Audiência Pública. Brasília, 2017. Disponível em: <<https://www2.camara.leg.br/atividade-legislativa/comissoes/comissoes-permanentes/capadr/audiencias-publicas/audiencias-publicas-2017/audiencia-publica-23-de-novembro-de-2017-dnocs>>. Acesso em 19 ago. 2019.

FONTENELLE, Mariana Campos; FONTENELLE, Alexandre de Sousa; MATOS, Yago Machado Pereira; MONTEIRO, Fernando Feitosa. Avaliações de risco em barragens: estudo de caso da barragem de Malcozinhado no Nordeste brasileiro. REEC - **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 14, n. 1, 28 ago. 2017.

FREITAS, Eduardo de. "**A Seca no Nordeste**"; *Brasil Escola*. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/brasil/a-seca-no-nordeste.htm>. Acesso em 19 ago. de 2019.

GOODARZI, Ehsan; LEE, Teang; ZIAEI, Mina; HAGHIZADEH, Ali. Estimating Probability of Failure Due to Internal Erosion with Event Tree Analysis. **Electronic Journal of Geotechnical Engineering**, 2010.

MASSAD, Faiçal. **Obras de Terra: Curso Básico de Geotecnia**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. 216 p.

MARANGON, Marcio. **Barragens de terra e enrocamento**. Juiz de Fora: UFJF, 2004. Apostila da disciplina Tópicos em Geotecnia e Obras de Terra. Disponível em: <http://www.ufjf.br/nugeo/files/2009/11/togot_unid05.pdf> . Acesso em 20 ago. 2019.

MELLO, Flavio Miguez. **A importância dos reservatórios formados por barragens**. Comitê Brasileiro de Barragens (CBDB), 2013. Disponível em: <http://www.cbdb.org.br/site_antigo_2013/img/47artigo.pdf>. Acesso em 19 Ago. 2019.

NETTO, Leonides Guireli. **Análise de fluxo no interior de barragens de terra a partir do Método do Potencial Espontâneo (SP)**. Rio de Janeiro: Congresso Brasileiro de Geologia, 2018. Disponível em: <<http://cbg2018anais.siteoficial.ws/anexos/st16/4309.pdf>>. Acesso em 21 Ago. 2019.

SOUZA, Andrielle Nascimento. **Análise das condições de segurança de barragens da região do Seridó do Estado do Rio Grande do Norte**. Natal: UFRN, 2014. 69 p.

SILVA, Maria Bernadette Frota Amora Silva; FILHO, Francisco Chagas da Silva. Avaliação de segurança em barragem por inspeção visual: estudo de múltiplos casos no Estado do Ceará. Fortaleza: Revista Tecnológica, v. 34, n. 1 e 2, p. 33-45, dez. 2013.

TONUSSI, Artur Pagotto. **Estudo de ruptura de barragem por *piping***. Florianópolis: UNISUL, 2017. 65 p.

APÊNDICE A – FICHAS DE INSPEÇÃO DA BARRAGEM SANTO ANTÔNIO DE RUSSAS

LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA		SITUAÇÃO								MAGNITUDE				NP
B. BARRAGEM														
B.1 Talude de Montante														
1	Erosões	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
2	Escorregamentos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
3	Rachaduras/afundamentos (laje de concreto)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
4	Rip-rap incompleto, destruído ou deslocado	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
5	Afundamentos e buracos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
6	Árvores e arbustos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	0
7	Erosão nos encontros das ombreiras	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
8	Canaletas quebradas ou obstruídas	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	0
9	Formigueiros, cupinzeiros ou tocas de animais	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
10	Sinais de movimento	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
Comentários: Presença de vegetações que obstruem os sistemas de drenagem.														

LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA		SITUAÇÃO								MAGNITUDE				NP
B.2 Coroamento														
1	Erosões	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
2	Rachaduras	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
3	Falta de revestimento	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
4	Afundamentos e buracos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
5	Árvores e arbustos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
6	Defeitos de drenagem	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	0
7	Defeitos no meio-fio	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
8	Formigueiros, cupinzeiros ou tocas de animais	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
9	Sinais de movimento	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
10	Desalinhamento do meio-fio	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
11	Ameaça de lavar barragem	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
Comentários: Barragem não possui revestimento no coroamento e também não funciona como via de tráfego.														

LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA		SITUAÇÃO								MAGNITUDE				NP
B.3 Talude de Jusante														
1	Erosões	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	1
2	Escorregamentos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
3	Rachaduras/afundamentos (laje de concreto)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
4	Falha na proteção granular	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	0
5	Falha na proteção vegetal	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
6	Afundamentos e buracos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
7	Arvores e arbustos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	0
8	Erosão nos encontros das ombreiras	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
9	Cavernas e buracos nas ombreiras	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
10	Canaletas quebradas ou obstruídas	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
11	Formigueiros, cupinzeiros ou tocas de animais	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
12	Sinais de movimentos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
13	Sinais de fuga d'água ou áreas úmidas	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
14	Carreamento de material na água dos drenos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
Comentários: Não existe sistema de drenagem à jusante da barragem; rip-rap quase que inexistente.														

LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA		SITUAÇÃO								MAGNITUDE				NP
B.4 Região a Jusante da Barragem														
1	Construções irregulares próximas ao leito do rio	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
2	Revência	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	1
3	Árvores/arbustos na faixa de 10m do pé da barragem	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	0
Comentários: Presença de região molhada à jusante, faz-se necessário manter em observação.														

LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA		SITUAÇÃO									MAGNITUDE			NP	
B.5 Instrumentação															
1	Acesso precário aos instrumentos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
2	Piezômetros entupidos ou defeituosos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
3	Marcos de recalque defeituosos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
4	Medidores de nível do reservatório defeituosos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
5	Medidores de vazão de percolação defeituosos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
6	Falta de instrumentação	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	0	
Comentários: Não foi encontrado nenhum sistema de instrumentação.															

LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA		SITUAÇÃO									MAGNITUDE			NP	
C. SANGRADOURO															
C.1 Canais de aproximação e Restituição															
1	Árvores e arbustos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	0	
2	Obstrução ou entulhos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
3	Desalinhamento dos Taludes e Muros Laterais	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
4	Rachaduras no concreto	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
5	Ferragem do concreto exposta	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
6	Erosões ou escorregamentos nos taludes	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
7	Erosão na base dos canais escavados	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
8	Erosão área à jusante (erosão regressiva)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
9	Construções irregulares (aterro/estrada, casa, cerca)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
Comentários:															

LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA		SITUAÇÃO								MAGNITUDE				NP	
C.2 Estrutura Fixação da Cota da Soleira															
1	Rachaduras ou trincas no Concreto	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
2	Ferragem do concreto exposta	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
3	Descalçamento da estrutura	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
4	Juntas danificadas	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
5	Sinais de deslocamento das estruturas	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
6	Deterioração da superfície de Concreto	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	0	
Comentários:															

LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA		SITUAÇÃO								MAGNITUDE				NP	
C.3 Bacia Amortecedora															
1	Defeitos no concreto	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	0	
2	Erosões ou escorregamentos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
3	Obstruções	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
Comentários: Laje de dissipação bastante deteriorada.															

LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA		SITUAÇÃO								MAGNITUDE				NP	
C.4 Muros Laterais															
1	Rachaduras	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
2	Erosão nos contatos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
3	Erosão na fundação	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
Comentários:															

LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA		SITUAÇÃO								MAGNITUDE				NP	
D. RESERVATÓRIO															
1	Réguas danificadas ou faltando	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
2	Construções em áreas de proteção	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
3	Poluição por esgoto, lixo, entulho, pesticidas etc.	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
4	Erosões	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
5	Assoreamento	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		

6	Desmoronamento das margens	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
7	Existência de vegetação aquática excessiva	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
8	Desmatamentos na área de proteção	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
9	Presença de animais e peixes mortos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
10	Pesca predatória	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
11	Gado pastando	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
Comentários:														

LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA		SITUAÇÃO										MAGNITUDE			NP
E. TORRE DA TOMADA D'ÁGUA															
E.1 Entrada															
1	Assoreamento	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
2	Obstrução e entulhos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
3	Tubulação danificada	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
4	Registros defeituosos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
5	Falta de grade de proteção	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	0	
6	Defeitos na grade	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
Comentários:															

LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA		SITUAÇÃO										MAGNITUDE			NP
E.2 Acionamento															
1	Hastes (retida no mancal, corrosão e empenamento)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
2	Base dos mancais (corrosão, falta de chumbadores)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
3	Falta de mancais	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
4	Corrosão nos mancais	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
5	Pedestal: chumbadores, lubrificação e pintura	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
6	Falta de indicador de abertura	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
7	Falta de volante	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
Comentários:															

LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA		SITUAÇÃO								MAGNITUDE				NP	
E.3 Comportas															
1	Peças fixas (corrosão, amassamento da guia, pintura)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
2	Estrutura (corrosão, amassamento, pintura)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
3	Defeito das vedações (vazamento)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
4	Defeito das rodas (comporta vagão, se aplicável)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
5	Defeitos nos rolamentos ou buchas e retentores	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
6	Defeitos no Ponto de içamento	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
Comentários:															

LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA		SITUAÇÃO								MAGNITUDE				NP	
E.4 Estrutura															
1	Ferragem exposta na estrutura da torre	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
2	Falta de Guarda corpo na escada de acesso	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	0	
3	Deterioração do Guarda corpo na Escada de acesso	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
4	Ferragem exposta na Plataforma (passadiço)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	0	
5	Falta de Guarda corpo no passadiço	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
6	Deterioração do Guarda corpo no passadiço	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	0	
7	Deterioração do Portão do Abrigo de manobra	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
8	Deterioração da tubulação de aeração e By-pass	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
9	Deterioração da Instalação de Controle	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
Comentários:															

APÊNDICE B – FICHAS DE INSPEÇÃO DA BARRAGEM POÇO DO BARRO

LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA		SITUAÇÃO								MAGNITUDE				NP
B. BARRAGEM														
B.1 Talude de Montante														
1	Erosões	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
2	Escorregamentos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
3	Rachaduras/afundamentos (laje de concreto)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	1
4	Rip-rap incompleto, destruído ou deslocado	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	1
5	Afundamentos e buracos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	1
6	Árvores e arbustos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	0
7	Erosão nos encontros das ombreiras	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
8	Canaletas quebradas ou obstruídas	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	0
9	Formigueiros, cupinzeiros ou tocas de animais	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
10	Sinais de movimento	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
Comentários: Falhas no rip-rap do talude de montante.														

LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA		SITUAÇÃO								MAGNITUDE				NP
B.2 Coroamento														
1	Erosões	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	0
2	Rachaduras	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
3	Falta de revestimento	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	0
4	Afundamentos e buracos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
5	Árvores e arbustos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
6	Defeitos de drenagem	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	1
7	Defeitos no meio-fio	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	1
8	Formigueiros, cupinzeiros ou tocas de animais	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
9	Sinais de movimento	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
10	Desalinhamento do meio-fio	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
11	Ameaça de lavar barragem	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
Comentários: Sistema de drenagem obstruído quase que completamente. Meio-fio bastante danificado.														

LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA		SITUAÇÃO								MAGNITUDE				NP	
B.3 Talude de Jusante															
1	Erosões	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	1	
2	Escorregamentos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
3	Rachaduras/afundamentos (laje de concreto)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
4	Falha na proteção granular	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	0	
5	Falha na proteção vegetal	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
6	Afundamentos e buracos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
7	Arvores e arbustos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	0	
8	Erosão nos encontros das ombreiras	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
9	Cavernas e buracos nas ombreiras	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
10	Canaletas quebradas ou obstruídas	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	0	
11	Formigueiros, cupinzeiros ou tocas de animais	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
12	Sinais de movimentos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
13	Sinais de fuga d'água ou áreas úmidas	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
14	Carreamento de material na água dos drenos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
Comentários:															

LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA		SITUAÇÃO								MAGNITUDE				NP	
B.4 Região a Jusante da Barragem															
1	Construções irregulares próximas ao leito do rio	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
2	Revência	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
3	Árvores/arbustos na faixa de 10m do pé da barragem	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
Comentários:															

LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA		SITUAÇÃO									MAGNITUDE			NP	
B.5 Instrumentação															
1	Acesso precário aos instrumentos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
2	Piezômetros entupidos ou defeituosos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
3	Marcos de recalque defeituosos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
4	Medidores de nível do reservatório defeituosos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
5	Medidores de vazão de percolação defeituosos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
6	Falta de instrumentação	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
Comentários:															

LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA		SITUAÇÃO									MAGNITUDE			NP	
C. SANGRADOURO															
C.1 Canais de aproximação e Restituição															
1	Árvores e arbustos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	0	
2	Obstrução ou entulhos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
3	Desalinhamento dos Taludes e Muros Laterais	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
4	Rachaduras no concreto	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
5	Ferragem do concreto exposta	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
6	Erosões ou escorregamentos nos taludes	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
7	Erosão na base dos canais escavados	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
8	Erosão área à jusante (erosão regressiva)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
9	Construções irregulares (aterro/estrada, casa, cerca)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
Comentários:															

LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA		SITUAÇÃO								MAGNITUDE				NP	
C.2 Estrutura Fixação da Cota da Soleira															
1	Rachaduras ou trincas no Concreto	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
2	Ferragem do concreto exposta	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
3	Descalçamento da estrutura	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
4	Juntas danificadas	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
5	Sinais de deslocamento das estruturas	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
6	Deterioração da superfície de Concreto	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	0	
Comentários:															

LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA		SITUAÇÃO								MAGNITUDE				NP	
C.3 Bacia Amortecedora															
1	Defeitos no concreto	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
2	Erosões ou escorregamentos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
3	Obstruções	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
Comentários:															

LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA		SITUAÇÃO								MAGNITUDE				NP	
C.4 Muros Laterais															
1	Rachaduras	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
2	Erosão nos contatos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
3	Erosão na fundação	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
Comentários:															

LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA		SITUAÇÃO								MAGNITUDE				NP
D. RESERVATÓRIO														
1	Réguas danificadas ou faltando	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
2	Construções em áreas de proteção	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
3	Poluição por esgoto, lixo, entulho, pesticidas etc.	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
4	Erosões	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
5	Assoreamento	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	

6	Desmoronamento das margens	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
7	Existência de vegetação aquática excessiva	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
8	Desmatamentos na área de proteção	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
9	Presença de animais e peixes mortos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
10	Pesca predatória	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
11	Gado pastando	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
Comentários:														

LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA		SITUAÇÃO										MAGNITUDE		NP	
E. TORRE DA TOMADA D'ÁGUA															
E.1 Entrada															
1	Assoreamento	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
2	Obstrução e entulhos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
3	Tubulação danificada	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
4	Registros defeituosos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
5	Falta de grade de proteção	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
6	Defeitos na grade	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
Comentários:															

LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA		SITUAÇÃO										MAGNITUDE		NP	
E.2 Acionamento															
1	Hastes (retida no mancal, corrosão e empenamento)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
2	Base dos mancais (corrosão, falta de chumbadores)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
3	Falta de mancais	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
4	Corrosão nos mancais	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
5	Pedestal: chumbadores, lubrificação e pintura	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
6	Falta de indicador de abertura	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
7	Falta de volante	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
Comentários:															

LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA		SITUAÇÃO								MAGNITUDE				NP
E.3 Comportas														
1	Peças fixas (corrosão, amassamento da guia, pintura)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
2	Estrutura (corrosão, amassamento, pintura)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
3	Defeito das vedações (vazamento)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
4	Defeito das rodas (comporta vagão, se aplicável)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
5	Defeitos nos rolamentos ou buchas e retentores	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
6	Defeitos no Ponto de içamento	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
Comentários:														

LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA		SITUAÇÃO								MAGNITUDE				NP
E.4 Estrutura														
1	Ferragem exposta na estrutura da torre	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
2	Falta de Guarda corpo na escada de acesso	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
3	Deterioração do Guarda corpo na Escada de acesso	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
4	Ferragem exposta na Plataforma (passadiço)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
5	Falta de Guarda corpo no passadiço	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
6	Deterioração do Guarda corpo no passadiço	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
7	Deterioração do Portão do Abrigo de manobra	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
8	Deterioração da tubulação de aeração e By-pass	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
9	Deterioração da Instalação de Controle	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
Comentários:														

APÊNDICE C – FICHAS DE INSPEÇÃO DA BARRAGEM FIGUEIREDO

LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA		SITUAÇÃO								MAGNITUDE				NP
B. BARRAGEM														
B.1 Talude de Montante														
1	Erosões	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
2	Escorregamentos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
3	Rachaduras/afundamentos (laje de concreto)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
4	Rip-rap incompleto, destruído ou deslocado	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
5	Afundamentos e buracos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
6	Árvores e arbustos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	0
7	Erosão nos encontros das ombreiras	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
8	Canaletas quebradas ou obstruídas	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
9	Formigueiros, cupinzeiros ou tocas de animais	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
10	Sinais de movimento	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
Comentários:														

LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA		SITUAÇÃO								MAGNITUDE				NP
B.2 Coroamento														
1	Erosões	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	0
2	Rachaduras	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
3	Falta de revestimento	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	0
4	Afundamentos e buracos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
5	Árvores e arbustos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
6	Defeitos de drenagem	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
7	Defeitos no meio-fio	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
8	Formigueiros, cupinzeiros ou tocas de animais	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
9	Sinais de movimento	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
10	Desalinhamento do meio-fio	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
11	Ameaça de lavar barragem	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
Comentários														

LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA		SITUAÇÃO								MAGNITUDE				NP	
B.3 Talude de Jusante															
1	Erosões	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
2	Escorregamentos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
3	Rachaduras/afundamentos (laje de concreto)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
4	Falha na proteção granular	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
5	Falha na proteção vegetal	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
6	Afundamentos e buracos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
7	Arvores e arbustos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	0	
8	Erosão nos encontros das ombreiras	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
9	Cavernas e buracos nas ombreiras	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
10	Canaletas quebradas ou obstruídas	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
11	Formigueiros, cupinzeiros ou tocas de animais	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
12	Sinais de movimentos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
13	Sinais de fuga d'água ou áreas úmidas	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
14	Carreamento de material na água dos drenos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
Comentários:															

LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA		SITUAÇÃO								MAGNITUDE				NP	
B.4 Região a Jusante da Barragem															
1	Construções irregulares próximas ao leito do rio	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
2	Revência	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
3	Árvores/arbustos na faixa de 10m do pé da barragem	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
Comentários:															

LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA		SITUAÇÃO								MAGNITUDE				NP	
B.5 Instrumentação															
1	Acesso precário aos instrumentos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
2	Piezômetros entupidos ou defeituosos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
3	Marcos de recalque defeituosos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
4	Medidores de nível do reservatório defeituosos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
5	Medidores de vazão de percolação defeituosos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
6	Falta de instrumentação	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
Comentários:															

LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA		SITUAÇÃO								MAGNITUDE				NP	
C. SANGRADOURO															
C.1 Canais de aproximação e Restituição															
1	Árvores e arbustos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
2	Obstrução ou entulhos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
3	Desalinhamento dos Taludes e Muros Laterais	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
4	Rachaduras no concreto	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
5	Ferragem do concreto exposta	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
6	Erosões ou escorregamentos nos taludes	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
7	Erosão na base dos canais escavados	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
8	Erosão área à jusante (erosão regressiva)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
9	Construções irregulares (aterro/estrada, casa, cerca)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
Comentários:															

LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA		SITUAÇÃO								MAGNITUDE				NP	
C.2 Estrutura Fixação da Cota da Soleira															
1	Rachaduras ou trincas no Concreto	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
2	Ferragem do concreto exposta	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
3	Descalçamento da estrutura	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
4	Juntas danificadas	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
5	Sinais de deslocamento das estruturas	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
6	Deterioração da superfície de Concreto	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	0	
Comentários:															

LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA		SITUAÇÃO								MAGNITUDE				NP	
C.3 Bacia Amortecedora															
1	Defeitos no concreto	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
2	Erosões ou escorregamentos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
3	Obstruções	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
Comentários:															

LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA		SITUAÇÃO								MAGNITUDE				NP	
C.4 Muros Laterais															
1	Rachaduras	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
2	Erosão nos contatos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
3	Erosão na fundação	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
Comentários:															

LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA		SITUAÇÃO								MAGNITUDE				NP
D. RESERVATÓRIO														
1	Réguas danificadas ou faltando	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
2	Construções em áreas de proteção	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
3	Poluição por esgoto, lixo, entulho, pesticidas, etc.	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
4	Erosões	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
5	Assoreamento	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	

6	Desmoronamento das margens	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
7	Existência de vegetação aquática excessiva	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
8	Desmatamentos na área de proteção	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
9	Presença de animais e peixes mortos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
10	Pesca predatória	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
11	Gado pastando	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
Comentários:														

LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA		SITUAÇÃO										MAGNITUDE		NP	
E. TORRE DA TOMADA D'ÁGUA															
E.1 Entrada															
1	Assoreamento	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
2	Obstrução e entulhos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
3	Tubulação danificada	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
4	Registros defeituosos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
5	Falta de grade de proteção	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
6	Defeitos na grade	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
Comentários:															

LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA		SITUAÇÃO										MAGNITUDE		NP	
E.2 Acionamento															
1	Hastes (retida no mancal, corrosão e empenamento)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
2	Base dos mancais (corrosão, falta de chumbadores)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
3	Falta de mancais	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
4	Corrosão nos mancais	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
5	Pedestal: chumbadores, lubrificação e pintura	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
6	Falta de indicador de abertura	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
7	Falta de volante	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G		
Comentários:															

LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA		SITUAÇÃO								MAGNITUDE				NP
E.3 Comportas														
1	Peças fixas (corrosão, amassamento da guia, pintura)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
2	Estrutura (corrosão, amassamento, pintura)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
3	Defeito das vedações (vazamento)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
4	Defeito das rodas (comporta vagão, se aplicável)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
5	Defeitos nos rolamentos ou buchas e retentores	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
6	Defeitos no Ponto de içamento	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
Comentários:														

LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA		SITUAÇÃO								MAGNITUDE				NP
E.4 Estrutura														
1	Ferragem exposta na estrutura da torre	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
2	Falta de Guarda corpo na escada de acesso	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
3	Deterioração do Guarda corpo na Escada de acesso	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
4	Ferragem exposta na Plataforma (passadiço)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
5	Falta de Guarda corpo no passadiço	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
6	Deterioração do Guarda corpo no passadiço	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
7	Deterioração do Portão do Abrigo de manobra	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
8	Deterioração da tubulação de aeração e By-pass	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
9	Deterioração da Instalação de Controle	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
Comentários:														

APÊNDICE D – FICHAS DE INSPEÇÃO DA BARRAGEM CASTANHÃO

LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA		SITUAÇÃO								MAGNITUDE				NP
B. BARRAGEM														
B.1 Talude de Montante														
1	Erosões	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
2	Escorregamentos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
3	Rachaduras/afundamentos (laje de concreto)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
4	Rip-rap incompleto, destruído ou deslocado	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
5	Afundamentos e buracos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
6	Árvores e arbustos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	0
7	Erosão nos encontros das ombreiras	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
8	Erosão nos encontros das ombreiras	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
9	Canaletas quebradas ou obstruídas	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
10	Formigueiros, cupinzeiros ou tocas de animais	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
Comentários:														

LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA		SITUAÇÃO								MAGNITUDE				NP
B.2 Coroamento														
1	Erosões	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
2	Rachaduras	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
3	Falta de revestimento	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
4	Afundamentos e buracos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
5	Árvores e arbustos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
6	Defeitos de drenagem	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
7	Defeitos no meio-fio	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
8	Formigueiros, cupinzeiros ou tocas de animais	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
9	Sinais de movimento	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
10	Desalinhamento do meio-fio	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
11	Ameaça de lavar barragem	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
Comentários:														

LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA		SITUAÇÃO								MAGNITUDE				NP
B.3 Talude de Jusante														
1	Erosões	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
2	Escorregamentos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
3	Rachaduras/afundamentos (laje de concreto)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
4	Falha na proteção granular	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
5	Falha na proteção vegetal	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
6	Afundamentos e buracos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
7	Arvores e arbustos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	0
8	Erosão nos encontros das ombreiras	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
9	Cavernas e buracos nas ombreiras	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
10	Canaletas quebradas ou obstruídas	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
11	Formigueiros, cupinzeiros ou tocas de animais	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
12	Sinais de movimentos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
13	Sinais de fuga d'água ou áreas úmidas	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
14	Carreamento de material na água dos drenos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
Comentários:														

LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA		SITUAÇÃO								MAGNITUDE				NP
B.4 Região a Jusante da Barragem														
1	Construções irregulares próximas ao leito do rio	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
2	Revência	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
3	Árvores/arbustos na faixa de 10m do pé da barragem	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
Comentários:														

LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA		SITUAÇÃO								MAGNITUDE				NP
B.5 Instrumentação														
1	Acesso precário aos instrumentos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
2	Piezômetros entupidos ou defeituosos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
3	Marcos de recalque defeituosos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
4	Medidores de nível do reservatório defeituosos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
5	Medidores de vazão de percolação defeituosos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
6	Falta de instrumentação	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
Comentários:														

LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA		SITUAÇÃO								MAGNITUDE				NP
C. SANGRADOURO														
C.1 Canais de aproximação e Restituição														
1	Árvores e arbustos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
2	Obstrução ou entulhos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
3	Desalinhamento dos Taludes e Muros Laterais	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
4	Rachaduras no concreto	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
5	Ferragem do concreto exposta	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
6	Erosões ou escorregamentos nos taludes	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
7	Erosão na base dos canais escavados	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
8	Erosão área à jusante (erosão regressiva)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
9	Construções irregulares (aterro/estrada, casa, cerca)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
Comentários:														

LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA		SITUAÇÃO								MAGNITUDE				NP
C.2 Estrutura Fixação da Cota da Soleira														
1	Rachaduras ou trincas no Concreto	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
2	Ferragem do concreto exposta	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
3	Descalçamento da estrutura	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
4	Juntas danificadas	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
5	Sinais de deslocamento das estruturas	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
6	Deterioração da superfície de Concreto	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	0
Comentários:														

LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA		SITUAÇÃO								MAGNITUDE				NP
C.3 Bacia Amortecedora														
1	Defeitos no concreto	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
2	Erosões ou escorregamentos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
3	Obstruções	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
Comentários:														

LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA		SITUAÇÃO								MAGNITUDE				NP
C.4 Muros Laterais														
1	Rachaduras	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
2	Erosão nos contatos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
3	Erosão na fundação	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
Comentários:														

LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA		SITUAÇÃO								MAGNITUDE				NP
D. RESERVATÓRIO														
1	Réguas danificadas ou faltando	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
2	Construções em áreas de proteção	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
3	Poluição por esgoto, lixo, entulho, pesticidas, etc.	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
4	Erosões	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
5	Assoreamento	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	

6	Desmoroamento das margens	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
7	Existência de vegetação aquática excessiva	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
8	Desmatamentos na área de proteção	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
9	Presença de animais e peixes mortos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
10	Pesca predatória	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
11	Gado pastando	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
Comentários:														

LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA		SITUAÇÃO										MAGNITUDE		NP
E. TORRE DA TOMADA D'ÁGUA														
E.1 Entrada														
1	Assoreamento	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
2	Obstrução e entulhos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
3	Tubulação danificada	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
4	Registros defeituosos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
5	Falta de grade de proteção	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
6	Defeitos na grade	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
Comentários:														

LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA		SITUAÇÃO										MAGNITUDE		NP
E.2 Acionamento														
1	Hastes (retida no mancal, corrosão e empenamento)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
2	Base dos mancais (corrosão, falta de chumbadores)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
3	Falta de mancais	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
4	Corrosão nos mancais	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
5	Pedestal: chumbadores, lubrificação e pintura	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
6	Falta de indicador de abertura	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
7	Falta de volante	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
Comentários:														

LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA		SITUAÇÃO								MAGNITUDE				NP
E.3 Comportas														
1	Peças fixas (corrosão, amassamento da guia, pintura)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
2	Estrutura (corrosão, amassamento, pintura)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
3	Defeito das vedações (vazamento)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
4	Defeito das rodas (comporta vagão, se aplicável)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
5	Defeitos nos rolamentos ou buchas e retentores	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
6	Defeitos no Ponto de içamento	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
Comentários:														

LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA		SITUAÇÃO								MAGNITUDE				NP
E.4 Estrutura														
1	Ferragem exposta na estrutura da torre	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
2	Falta de Guarda corpo na escada de acesso	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
3	Deterioração do Guarda corpo na Escada de acesso	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
4	Ferragem exposta na Plataforma (passadiço)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
5	Falta de Guarda corpo no passadiço	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
6	Deterioração do Guarda corpo no passadiço	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
7	Deterioração do Portão do Abrigo de manobra	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
8	Deterioração da tubulação de aeração e By-pass	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
9	Deterioração da Instalação de Controle	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
Comentários:														