



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
NÚCLEO DE DESENVOLVIMENTO AMAZÔNICO EM ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE BARRAGENS E
GESTÃO AMBIENTAL**

EVANDRO LOPES DOS SANTOS JUNIOR

**PROPOSTA DE INSPEÇÃO DE BARRAGENS ATRAVÉS DE UM APLICATIVO
PARA DISPOSITIVO MÓVEL**

Tucuruí-PA

2021

EVANDRO LOPES DOS SANTOS JUNIOR

**PROPOSTA DE INSPEÇÃO DE BARRAGENS ATRAVÉS DE UM APLICATIVO
PARA DISPOSITIVO MÓVEL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Barragens e Gestão Ambiental do Núcleo de Desenvolvimento Amazônico em Engenharia, da Universidade Federal do Pará, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Barragens e Gestão Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Adriano Frutuoso da Silva

Aprovada em 21 de Maio de
2021.

Tucuruí-PA

2021

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

Santos Junior, Evandro Lopes Dos

Proposta de inspeção de barragens através de um aplicativo para dispositivo móvel./ Evandro Lopes dos Santos Junior; Orientador Dr. Adriano Frutuoso da Silva. — 2021.

116 f.:il.

Dissertação (Engenharia de Barragens e Gestão Ambiental do Núcleo de Desenvolvimento Amazônico em Engenharia) - Universidade Federal do Pará, Tucuruí, 2021.

1. Barragens. 2. Segurança de barragens. 3. Aplicativo para inspeção.
I. Silva, Adriano Frutuoso da, *orient.* II. Título.

CDD 23. ed.: 621.312134

EVANDRO LOPES DOS SANTOS JUNIOR

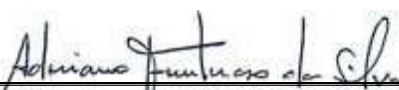
**PROPOSTA DE INSPEÇÃO DE BARRAGENS ATRAVÉS DE UM APLICATIVO PARA
DISPOSITIVO MÓVEL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Barragens e Gestão Ambiental do Núcleo de Desenvolvimento Amazônico em Engenharia, da Universidade Federal do Pará, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Barragens e Gestão Ambiental.

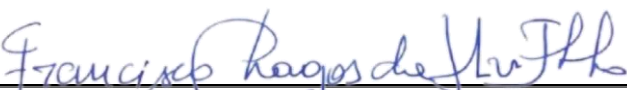
Orientador: Prof. Dr. Adriano Frutuoso da Silva

Aprovada em 21 de Maio de 2021.

BANCA EXAMINADORA:



Prof. Dr. Adriano Frutuoso da Silva – Orientador
Universidade Federal de Roraima UFRR
Universidade Federal do Pará – UFPA/NDAE/PEBGA



Prof. Dr. Francisco Chagas, da Silva Filho – Membro Externo
Universidade Federal do Ceará – UFCE



Prof. Dr. Aarão Ferreira Lima – Membro Interno
Universidade Federal do Pará – UFPA/NDAE/PEBGA

Tucuruí-PA

2021

AGRADECIMENTOS

O conhecimento tem movido à humanidade e nos proporcionado questionamentos importantes que nos fazem refletir como pessoa.

Quero agradecer, a oportunidade alcançada e ofertada pela Universidade pública, gratuita e de excelência em especial a Universidade Federal do Pará ofertando o Mestrado profissional a qual tive a honra de participar.

Agradeço também aos professores do programa em especial ao meu orientador Prof. Dr. Adriano Frutuoso Silva por terem acreditado no nosso trabalho.

Dedico a minha família em especial meu avô Antônio Rosado sertanejo metalúrgico, ourives, rurícola e comerciante que sucumbiu a essa pandemia.

A minha linda avozinha Ana Maria, meu amado pai Evandro Lopes e minha mãe Raimunda Nonata e principalmente minha linda e amada esposa Mayara Barbosa Sindeaux e ao meu filho Felipe;

Agradeço também aos amigos que contribuíram com o trabalho, Magnon Max, Fernando Queiroz, João Antônio, Jerfesson Sarayva, Samantha Araújo, Igor Rfael, e principalmente aos integrantes do PEBGA.

E finalmente ao nosso senhor Jesus cristo, nossa senhora de Nazaré, minha mãe que sempre estiveram ao nosso lado.

RESUMO

Visando contribuir com processo de inspeção de barragem o presente trabalho traz uma proposta que inova na forma como as informações são coletadas trazendo a possibilidade de substituição do preenchimento de um *check list* de forma manual e tradicional para uma forma automatizada através de um aplicativo para dispositivos mobile Android. As funcionalidades do aplicativo desenvolvido, denominado ISB, foram estruturadas com base no Manual do Empreendedor sobre Segurança em Barragens da Agência Nacional de Águas. Após isso, o software foi testado na barragem de terra Igarapé Ilha do Coco nº 1, localizada no município de Parauapebas-PA. Os resultados mostram uma melhor eficiência no processo de inspeção de segurança na barragem nos critérios de tempo, do alívio de carga, melhoramento da coleta, armazenamento e proteção de dados em comparação com o método convencional. A utilização do IBS pode contribuir para a construção de um banco de dados oriundo do compartilhamento de relatórios gerados nesta ferramenta que permitirá à comunidade técnica e científica uma melhor identificação dos problemas e anomalias nas barragens, proporcionando assim uma melhoria contínua no processo de tomada de decisões que visem contribuir para a segurança e a proteção das comunidades em torno das barragens e do meio ambiente.

Palavras-chave: Barragens. Inspeção de barragens. Segurança de barragens. Aplicativo para inspeção.

ABSTRACT

Ensuring safety and reliability in dams is a challenge for society, governments and especially for entrepreneurs who experience daily difficulties in maintaining the enterprise in good conditions of use during its life cycle. Today, technology is an indispensable tool for this to happen in view of the continuous need for the development and application of this tool in this branch of engineering. Thus, in order to contribute to the dam inspection process, the present work brings a proposal that innovates in the way the information is collected bringing the possibility of replacing the filling of a check list in a manual and traditional way to an automated way through a platform. simple and intuitive. This platform consists of an Android application. To do so, it was necessary to analyze the entrepreneur's manual on dam safety - volume II of the National Water Agency, study about mobile application development and define the application's functionalities to develop it. Then, studies were carried out on the programming language and the software for developing the tool on Android. One by one, the features of the App were built using a peculiar methodology for this, which revolves around the gear made up of research, testing and implementation. The developed application, called ISB, is a test version and has been subjected to emulations to verify its operation. Therefore, it was found that the application performed satisfactorily, avoiding flaws in the filling, and therefore in the safety assessment of the works surveyed.

Keywords: Dams. Inspection. Security Management. Application. Android.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Esquema de uma barragem de terra	16
Figura 2– Seção típica de barragens	17
Figura 3– Seção típica de barragem enrocamento	17
Figura 4 – Seção típica de barragens: Concreto	18
Figura 5- Tipos de Alçamento em Barragem de Rejeito	19
Figura 6-Incidentes x Idades de Barragens	21
Figura 7 – Barragem de terra típica com anomalia	27
Figura 8 - Entidades Fiscalizadoras de Segurança de Barragens	29
Figura 9-Lógica fiscalizatória	30
Figura 10 – Procedimento de inspeção – Dados comuns a todo tipo de barragem	39
Figura 11 – Fluxograma de inspeção de barragem de terra	40
Figura 12 - Processo de tomada de decisão	47
Figura 13-Fluxograma do Aplicativo	48
Figura 14 -Etapa 1 – Preparação	49
Figura 15 -Esquema de um Wireframe	50
Figura 16 - Etapa 2 – Desenvolvimento	51
Figura 17 - Etapa 3 - Pré teste	52
Figura 18 - Logotipo do aplicativo ISB	53
Figura 19- (a) Tela com o ícone do App; (b) Tela inicial com o ícone do App	54
Figura 20 –Tela do aplicativo com mensagem de aviso para habilitação do GPS; (a) Tela com configuração para habilitação do GPS, (b)	56
Figura 21- Tela de cadastro	57
Figura 22– Tela de Menu	57
Figura 23– Telas – (a), (b) e (c) Tela A.1. Dados Gerais – Condição Atual	59
Figura 24– Telas referentes ao preenchimento da ficha para infraestrutura operacional	60
Figura 25 - Localização espacial do barramento	62
Figura 26 - Tela de Menu (Tipos de barragens)	64
Figura 27- (a) A.1. Dados Gerais - Condição Atual (Teste)	66
Figura 28 - A.2 Ficha para infraestrutura operacional (Teste)	66

Figura 29-Ficha de inspeção de Barragem de Terra (Talude de Montante)	68
Figura 30- Ficha de inspeção de Barragem “Crista”	70
Figura 31-Ficha de inspeção de Barragem de Terra (Talude de Jusante)	73
Figura 32-Subseção Ombreiras a Montante até a área de Segurança Definida em Projeto	76
Figura 33- Tela de Inspeção: Reservatório	77
Figura 34-Estrutura Auxiliares Comportas Do Vertedouro	80
Figura 35 - Tela com a opção gerar relatório em formato PDF e Compartilhar PDF	85

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Causas de Ruptura	18
Tabela 2-Periodicidade de inspeções de segurança	29
Tabela 3 - Cadastro técnico do barramento do Igarapé Ilha do Coco 01	63

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Principais acidentes em barragens ocorridas no Brasil	23
Quadro 2-Anomalias em barragens	27
Quadro 3- Informações para preenchimento do relatório	36
Quadro 4- Instruções para preenchimento da “Situação”	38
Quadro 5- Instruções para preenchimento (Magnitude)	39
Quadro 6- Informações para preenchimento do “Nível de Perigo”	39

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	9
INTRODUÇÃO	9
1.1 Considerações Iniciais	9
1.2 Objetivo Geral	11
1.3 Objetivos específicos.....	11
1.4 Estrutura do Trabalho	12
REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1 Conceituação	13
2.2 Classificação das Barragens quanto ao tipo de material	14
2.3 Barragens de rejeito	16
2.4 Ruptura em Barragens.....	17
2.4.1 Causa de Ruptura em Barragens.....	17
2.4.2 Anomalias em barragens.....	23
2.5 Legislação sobre segurança de Barragens no Brasil	24
2.6 Inspeção de Barragens	28
2.7 Roteiro de inspeção.....	34
2.8 Elaboração do Relatório de Inspeção	32
2.9 Instruções para o preenchimento.....	38
2.10 Tecnologia a Serviço do Empreendedor	38
2.10.1 Projeto do Produto.....	39
2.10.2 Engenharia de Software (ES)	41
2.10.3 Programação em JAVA.....	41
2.10.4 Tomada de decisão.....	44
CAPÍTULO 3	47
DESENVOLVIMENTO DO APLICATIVO ISB-INSPEÇÃO DE SEGURANÇA DE BARRAGENS	47
3.1 Introdução	47
3.2 Etapa 1 – Preparação	48
3.3 Etapa 2 – Desenvolvimento.....	50
3.4 Etapa 3 – Pré-teste.....	51

CAPITULO 4.....	53
O APLICATIVO	53
4.1 O Produto	53
4.5 Cadastro e login	55
4.6 A tela inicial.....	56
VALIDAÇÃO DO APLICATIVO	62
5.1 Característica da barragem.....	62
5.2 Característica técnica do barramento	63
5.3 Preenchimento do formulário.....	64
5.6 Emissão do relatório de inspeção de barragens.....	84
5.5 Resultados de desempenho do app.....	85
CAPITULO 6.....	87
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	87
REFERÊNCIAS	89
ANEXO A-RELATÓRIO DE INSPEÇÃO OBTIDO PELA FORMA CONVENCIONAL.....	90
ANEXO B- RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR.....	97

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 Considerações Iniciais

As barragens são importantes obras de engenharia construídas tendo em vista diversas finalidades tanto para o trabalho de gestão dos recursos hídricos quanto no âmbito industrial. São sistemas complexos que independente da sua constituição ou utilidade pode apresentar durante sua vida útil diversos problemas como resultado de operação e/ou manutenção inadequadas. Estas dificuldades podem ser originadas a partir de mudanças sociais e econômicas, implementações incompletas do projeto de execução da barragem, interação entre a construção e os materiais incorporados ao projeto, bem como atores naturais endógenos ou exógenos (ZAUCÃ *et al.*, 2014; FLUIXA-SANMART *et al.*, 2018).

A Engenharia de Barragens não é uma ciência exata, ou seja, não é capaz de eliminar completamente os riscos devendo assim ser prioridade em todas as fases de sua construção e uso, incluindo o projeto, construção e fases de operação e manutenção. Diversos países, como Portugal, Estados Unidos, Reino Unido, Canadá e Austrália, trabalham incansavelmente com a segurança de barragens tornando um ponto chave para o desenvolvimento específico de legislações relacionadas ao assunto, motivando aumento e melhoria na avaliação da segurança deste tipo de empreendimento.

Segundo Matos e Almeida (1998) as obras existentes estão envelhecendo e as preocupações com a preservação da natureza vão crescendo. Grandes barragens já foram construídas nos locais propícios ao estabelecimento de grandes reservatórios e observa-se um aumento na construção de barragens de menor porte, menos instrumentadas e com técnicas construtivas e operacionais com pouco ou sem rigor de engenharia. Daí vem às atenções, no domínio das barragens, para com a manutenção e segurança das obras existentes. O impulso que também colaborou para a crescente preocupação com a segurança de barragens foi à aquisição de novas informações hidrológicas, novas tecnologias construtivas e a constatação de um crescimento das populações nos vales a jusante, além da proteção contra riscos observados em sociedades democráticas (percepção do risco).

De acordo com o relatório de segurança em barragens (RSB) de 2019 apresentado pela Agência Nacional de Água - ANA, estão cadastradas no Sistema Nacional de Informação de Segurança de Barragens – SNISB, apontou que em 2018, houve 12 relatos de acidentes e 58 incidentes com barragens em 15 estados, sendo considerado como um alto índice de registro

desse tipo em relação aos Relatórios anteriores. Além disso, 26 deles apontaram para um total de 156 barragens críticas em 22 estados. Sendo que um dos mais graves desses acidentes ocorreu em Brumadinho (MG), com o rompimento da Barragem I da mina Córrego do Feijão, que resultou em 270 vítimas fatais e mais de 40 mil pessoas afetadas (ANA, 2020).

A má adesão às políticas de segurança impende os órgãos fiscalizadores de mapearem e atuarem na padronização de processos de inspeções, gerando riscos ao ser humano e o meio ambiente. Desta forma, as barragens são obras de engenharia e devem ter projetos e estarem submetida a critérios de engenharia e a lei de segurança de barragens para que possam ser obra funcionais e seguras.

O crescimento das atividades humanas ocasiona o aumento da magnitude das inundações em uma bacia hidrográfica, fazendo com que as barragens sejam confrontadas com estas inundações mais intensas. Possíveis falhas nestes processos podem ocasionar diversos danos à população, aos bens materiais e a meio ambiente ao redor delas (KHALOO *et al.*, 2018; ANA, 2016).

Contudo, para que possam ter condições mínimas de segurança ao longo da sua vida útil algumas medidas de controle e prevenção devem ser tomadas. As barragens como importantes obras de engenharia precisam ser monitoradas e inspecionadas constantemente, os empreendedores juntamente com os órgãos de fiscalização devem estabelecer a frequência, e o nível de detalhamento que devem constar no relatório de inspeção de segurança, assim como nas ações propostas para manter essas estruturas, obedecendo a todos os critérios de segurança estabelecidos pelas diretrizes governamentais.

O monitoramento é feito através da instalação de instrumentos no corpo da barragem para que seja monitorado o maciço, níveis d'água no reservatório além de ocorrências a montante e a jusante da barragem. A inspeção é realizada por meio de visita de campo, seguindo as orientações do Guia de Orientação e Formulários para Inspeções de Segurança de Barragem (ANA, 2016) e têm como objetivo avaliar as condições estruturais da barragem, buscando identificar possíveis anomalias que podem afetar a segurança de seu funcionamento, devem ser organizada e realizadas de modo holístico e eficaz. Realizar esse monitoramento fornece ao empreendedor e aos órgãos responsáveis informações que permitam aos mesmos possibilidades de reação, quanto mais cedo identificado o problema maior a chance de solução e menores serão os impactos. O não acompanhamento podem resultar em acidentes, constituindo assim uma ameaça as comunidades, bem como a fauna e flora nas proximidades da construção.

No Brasil as inspeções de barragens devem seguir as orientações do Guia de Orientação e Formulários para Inspeções de Segurança de Barragem (ANA, 2016). Este documento contém diretrizes básicas para orientar as inspeções de formas dinâmicas e compreensíveis, gerando relatórios de acompanhamento que servirão de parâmetros no momento de realizar ações de prevenção ou de correção mediante necessidade observada. Entretanto, identificou-se que o preenchimento e o modo operante de realização das inspeções podem ser otimizados, computadorizando relatórios e tornando as informações acessíveis de maneira mais rápida e dinâmica.

Além disso, na atualidade, organizações já consolidadas no mercado gozam de diversas ferramentas de gestão para auxiliarem nas tomadas de decisões, desde softwares altamente sofisticados até as mais simples ferramentas de gestão. Esses investimentos e pesquisas possuem muitas vezes custos elevados e tempo para aplicar, testar e consolidar dentro das empresas, mas quando inseridos e postos em prática os resultados são excepcionais (VIEIRA; VALMOSIR, 2017).

Desse modo, consolidar essas informações em uma plataforma simples e com baixo valor de investimento é atrativo e fornece ao empreendedor a capacidade de gerir de forma correta todos os processos de inspeções exigidos no que diz respeito a barragens e suas especificidades.

Nesse sentido, este trabalho propõe o desenvolvimento de uma ferramenta, como a criação de um software livre para dispositivo móvel, que facilite o registro de indicadores utilizados nas inspeções de barragens aumentando a eficiência deste processo.

1.2 Objetivo Geral

Realizar o processo de inspeção de barragens por meio de um aplicativo para dispositivo móvel.

1.3 Objetivos específicos

- Desenvolver um o aplicativo para inspeções de segurança em barragem, cujos parâmetros avaliativos estejam baseados no Guia de Orientação e Formulários para Inspeções de Segurança de Barragem da Agência Nacional de Águas;
- Validar o funcionamento do aplicativo em uma barragem.

- Avaliar a eficiência do *software* comparando os resultados obtidos com os do método tradicional (*Check List*).

1.4 Estrutura do Trabalho

Esta dissertação está organizada em cinco capítulos, iniciando-se por esta introdução, que apresenta de forma concisa todo o trabalho. O capítulo 2, intitulado de referencial teórico, apresenta uma revisão da literatura referente a aspectos conceituais, legislação sobre segurança de barragens, inspeção de barragens e conceitos tecnológicos quanto ao desenvolvimento softwares. No Capítulo 3, intitulado Metodologias da Pesquisa, são apresentadas as principais etapas para a elaboração desta dissertação. O Capítulo 4 expõe o produto do projeto, apresentando o aplicativo e funcionamento das telas do APP. O Capítulo 5 apresenta uma aplicação prática onde é feita a validação do aplicativo. No Capítulo 6 são apresentadas as considerações finais, tendo em vista todo processo de desenvolvimento e o produto entregue, incluindo cronograma para elaboração final do trabalho.

CAPÍTULO 2

REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Conceituação

Desde os primórdios de sua existência, o homem buscou se organizar como forma de garantir uma sobrevivência segura. O ser humano evoluiu ao longo de milênios e, pouco a pouco, foi desenvolvendo a inteligência, acumulando conhecimentos e se organizando. Com a descoberta e o desenvolvimento da agricultura abandonou o nomadismo e acabou criando cidades e nações, em uma taxa de crescimento acelerada (MAYS, 2002).

A história da civilização está intimamente ligada à engenharia de barragens. Estas estruturas estão relacionadas com a ascensão e queda de civilizações, especialmente àquelas extremamente dependentes da irrigação. As barragens vêm servindo ao Homem há mais de 5.000 anos e ruínas de barragens podem ser encontradas em locais considerados berços da civilização, tais como Babilônia, Egito, Índia, Pérsia e em países situados no oriente distante (JANSEN, 1983).

De acordo World Commission on Dams (2000, p.21):

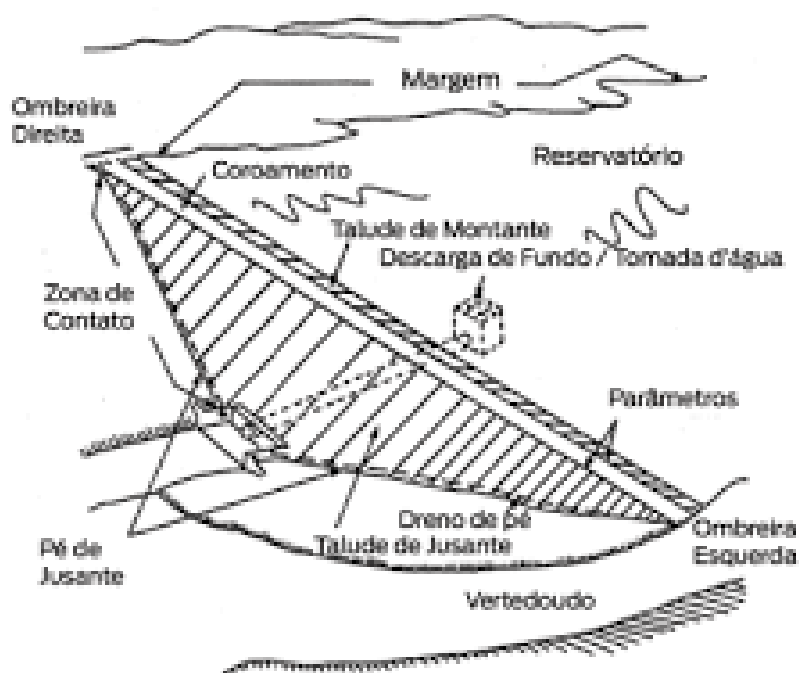
Os cinco países onde mais se construíram barragens são responsáveis por mais de três quartos de todas as grandes barragens em todo o mundo, sendo que cerca de dois terços de todas as grandes barragens do mundo estão localizadas em países em desenvolvimento. A energia hidrelétrica é responsável por mais de 90% da produção total de eletricidade em 24 países, entre eles o Brasil e a Noruega. Metade das grandes barragens do mundo foi construída exclusivamente para irrigação e estima-se que as barragens contribuam com 12% a 16% da produção mundial de alimentos. Além disso, em pelo menos 75 países, grandes barragens foram construídas para controlar inundações e em muitas nações barragens continuam como os maiores projetos individuais em termos de investimento. [...] Hoje quase metade dos rios do mundo tem ao menos uma grande barragem.

A ANA (2019) define barragens como sendo uma estrutura implantada em um curso de água, permanente ou temporário, para fins de contenção ou acumulação de água, de substâncias líquidas ou de misturas de líquidos e sólidos. As barragens podem ser de diversos tipos e tamanhos, desde pequenas represas para uso localizado, até grandes estruturas com várias finalidades. Em geral, dividem-se em barragens convencionais, construídas previamente à fase de operação, e barragens de disposição de rejeitos, cuja construção pode continuar durante a fase de operação. DAEE (2006) complementa que barragem é todo maciço cujo eixo vertical esteja num plano que intercepte um curso d'água e respectivos terrenos marginais,

alterando suas condições de escoamento natural, formando reservatório de água a montante, o qual tem finalidade única ou múltipla.

A Figura 1 apresenta um esquema do arranjo geral de uma barragem de terra, destacando os principais elementos constituintes.

Figura 1- Esquema de uma barragem de terra



Fonte: ANA (2016).

2.2 Classificação das Barragens quanto ao tipo de material

De acordo com materiais constituintes, as barragens podem ser classificadas em dois tipos: barragem de concreto e barragem geotécnica. As barragens de concreto são constituídas de concreto convencional (concreto armado) ou compactado a rolo (CCR). As barragens geotécnicas são constituídas de materiais menos resistentes quando comparado ao concreto e os tipos mais comuns são as barragens de terra e as barragens de enrocamento.

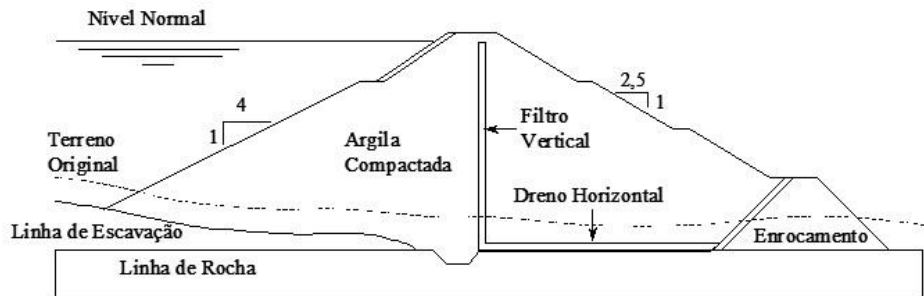
As barragens de terra podem ser homogêneas ou zoneadas. As barragens zoneadas são constituídas de materiais de diferentes características e composições, em cada parte do aterro. Já a homogênea toda seção típica é composta por um único material.

As barragens de enrocamento são classificadas em Barragem de Enrocamento Núcleo Centra (BENC) e Barragem de Enrocamento Face Impermeável a Montante (BEFI). Quando a

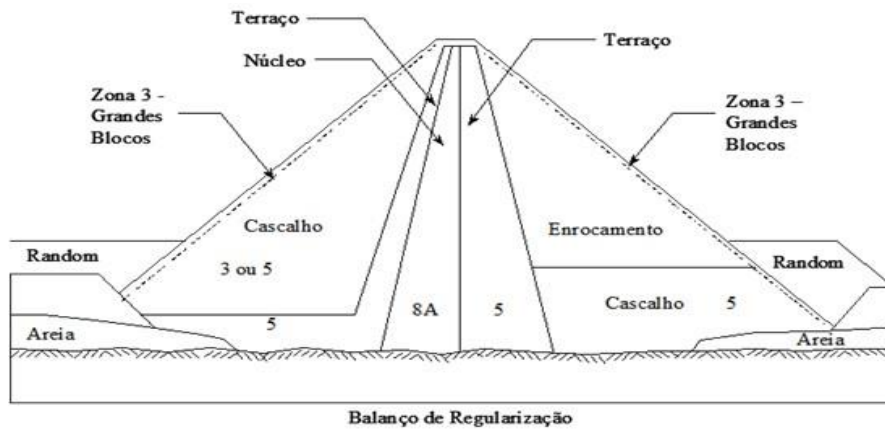
face de impermeável é composta por uma laje de concreto, a estrutura é denominada Barragem de Enrocamento com Face de Concreto (BEFC).

A Figura 2 apresenta as seções típicas para as barragens terra e enrocamento.

Figura 2– Seção típica de barragens

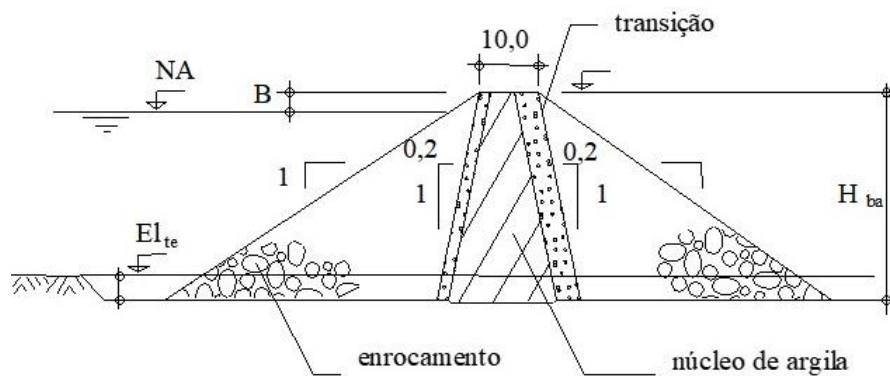


(a) Exemplo de barragem homogênea, Barragem Vigário, Brasil.

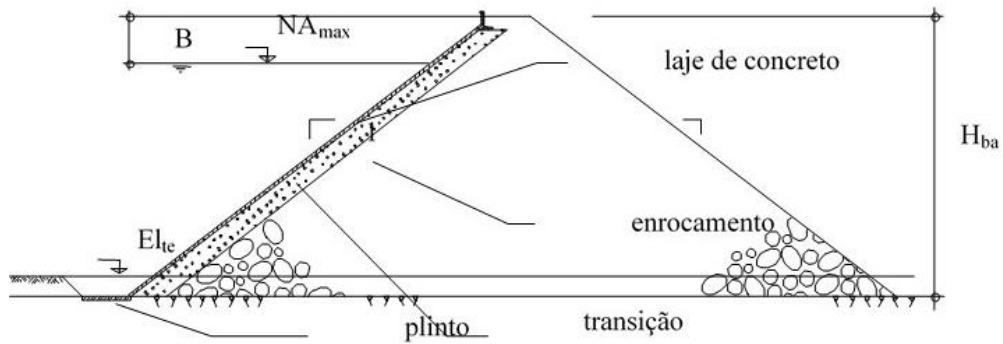


(b) Exemplo de barragem de seção Zoneada, Barragem de São Simão, Brasil.
Fonte: Assis (2003).

Figura 3– Seção típica de barragem enrocamento



(a) Barragem de enrocamento com núcleo de argila vertical

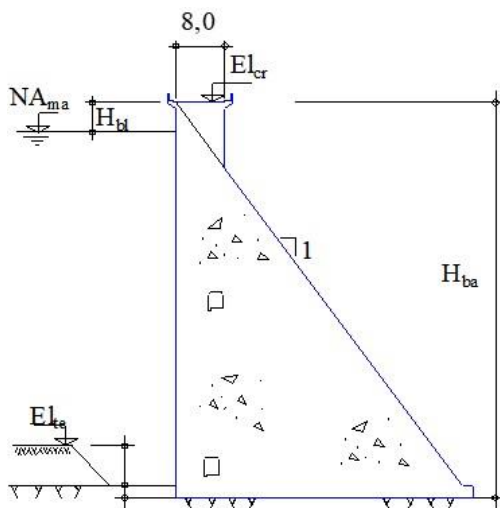


b) barragem de enrocamento com face de concreto.

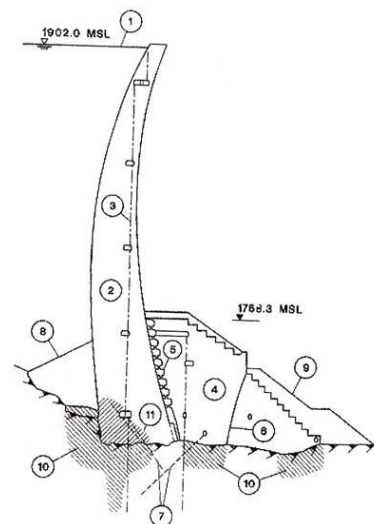
Fonte: Assis (2003).

As barragens de concreto podem ser classificadas normalmente em 4 tipos: Barragens de gravidade, Barragens de contrafortes, Barragens em Arco e Barragens de gravidade aliviada. A Figura 4 ilustra exemplos desse tipo de barragem.

Figura 4 – Seção típica de barragens: Concreto



(a) Exemplo de barragem concreto convencional de gravidade;



(b) Exemplo de barragem concreto convencional de arco.

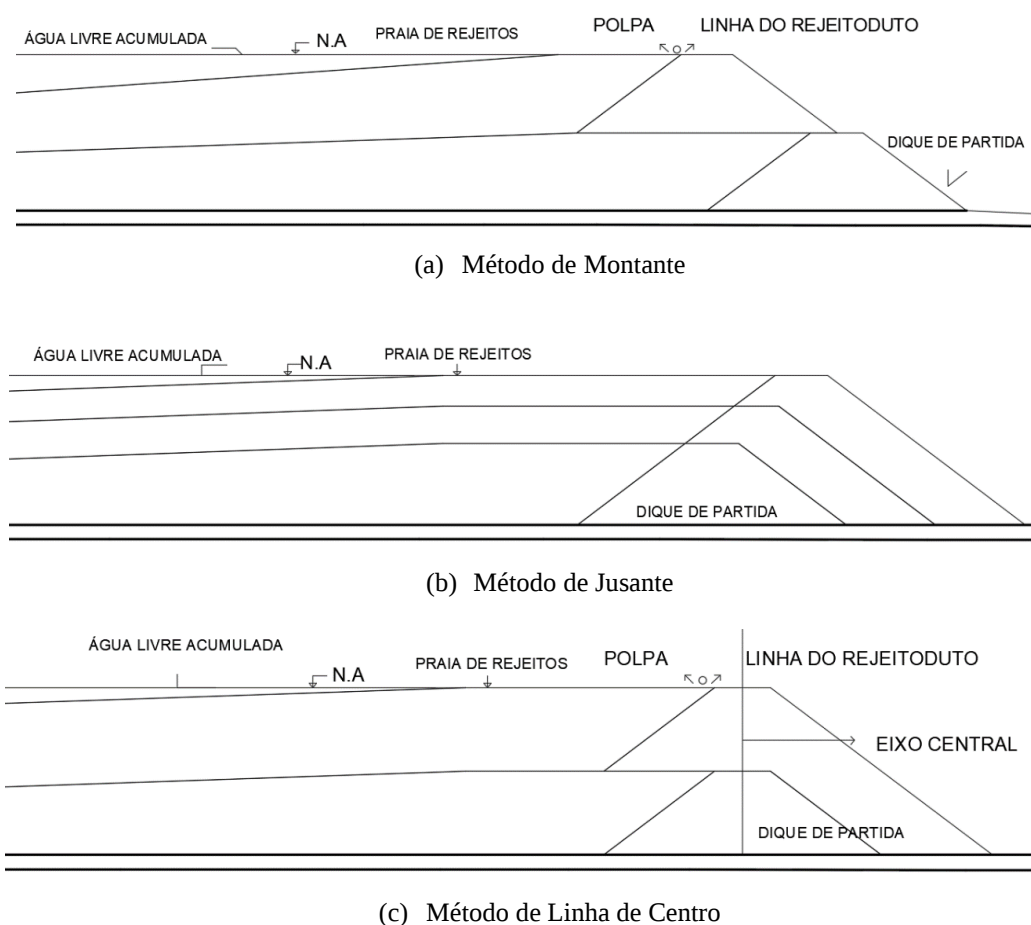
Fonte: Assis (2003).

2.3 Barragens de rejeito

As barragens de rejeitos podem ser consideradas como estruturas de contenção construídas de modo convencional utilizando solo argiloso, enrocamento com núcleo argiloso, ou criadas através dos próprios rejeitos a partir dos métodos de montante, jusante ou de linha de centro (ALBUQUERQUE FILHO, 2004).

Uma barragem de rejeito é normalmente planejada para ser construída em etapas condicionadas à necessidade de local para disposição. A primeira etapa é um aterro inicial, ou um dique de partida, construído com solo compactado. A construção dessa barragem é complementada por alteamentos sucessivos. De acordo com o método de alteamento, as barragens de rejeito podem ser classificadas em: alteamento para montante, linha de centro e alteamento para jusante, como ilustrado na Figura 5.

Figura 5- Tipos de Alteamento em Barragem de Rejeito



2.4 Ruptura em Barragens

2.4.1 Causa de Ruptura em Barragens

FEMA (2013) apresenta as causas mais comuns de rupturas de barragens entre os anos de 1975 e 2011, Tabela 1. Observa-se que 85,2% estão relacionadas ao galgamento e ao piping.

Tabela 1- Causas de Ruptura

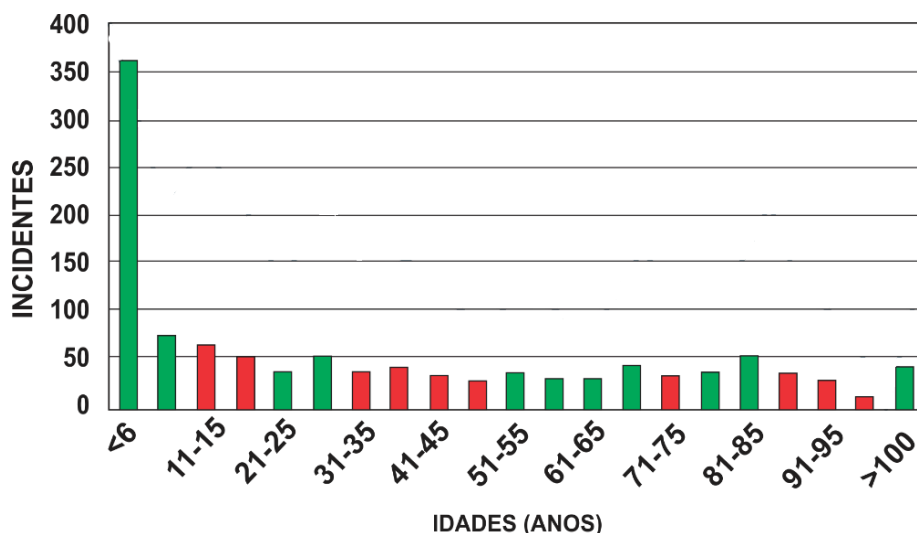
CAUSAS DE RUPTURA	NÚMEROS DE RUPTURA	PORCENTAGEM DE RUPTURA
Galgamento ou transbordamento	465	70,9%
Piping	94	14,3%
Estrutural	12	1,8%
Humano (relacionado)	04	0,6%
Animais (atividade)	07	1,1%
Vertedouro	11	1,7%
Erosão/escorregamento/estabilidades	13	2,0%
Desconhecido	32	4,9%
Outros	18	2,7%
TOTAL	656	100%

Fonte: FEMA (2013)

Os problemas que ocorrem em uma barragem podem ter diversas origens, projeto mal elaborado, material não conforme utilizado em sua construção e idade são alguns exemplos. Estima-se que os primeiros anos de uma barragem são os mais perigosos, Regan (2010) relacionou 1158 casos de incidentes em barragens, em 84 países, ao período de vida da obra em que ocorreram. Aproximadamente 31% dos incidentes analisados pelo autor, ocorreram durante a construção ou nos primeiros cinco anos de vida da barragem.

Entre os tipos de barragens, houve uma variação estatisticamente significativa em certos tipos de barragens, com 18% das barragens de concreto gravidade e 29% de barragens de concreto abóbada vivenciando incidentes dentro dos primeiros cinco anos, enquanto 42% das barragens de terra e barragens de enrocamento sofreram incidentes durante a construção ou nos primeiros cinco anos. Desse modo na Figura 6 abaixo é descrito os incidentes x idades de barragens.

Figura 6-Incidentes x Idades de Barragens



A literatura relata a forte correlação de incidentes nas barragens no quesito altura, idade e tipo, fatores esses que devem deter atenção e fazer parte do escopo de todo engenheiro ou responsável pelo funcionamento dessas estruturas.

Segundo o *International Commission on Large Dams* (ICOLD, 2019), dentre as causas mais frequentes de falhas em barragens estão galgamento, defeitos na fundação e piping. Outras causas de falhas nas barragens incluem capacidade inadequada dos vertedouros, instabilidades dos taludes, falta de controle de erosões, deficiência no controle e inspeção pós-operação e falta de procedimentos de segurança ao longo da vida útil da estrutura. Para efeito de ilustração, no Quadro 1, é possível conferir o histórico dos acidentes mais recentes envolvendo barragens ocorridas no Brasil.

Quadro 1 – Acidentes mais recentes ocorridos em barragens no Brasil.

Ano	Local	Barragem	Tipo de barragem	Empresa	Tipo de minério	Tipo de Incidente	Possíveis causas da Ruptura	Lançamento	Impactos
2004 ^c	Entre os municípios de Alagoa Nova e Areia, PB	Camará	Usos múltiplos	Governo do Estado da Paraíba	-	Rompimento da barragem na ombreira direita	Falha no tratamento da fundação (CPI, 2004)	-	5 pessoas morreram no acidente e mais de 3000 pessoas ficaram desabrigadas, além de inundações e destruição na cidade a jusante.
2005 ^b	Caldas Novas, GO	Caldas Novas	Usos múltiplos	-	-	Ruptura da barragem	Ausência de descarga de fundo, extravasor de água (ladrão) localizado acima da cota de segurança	-	Desabamento de um trecho da pista GO-213, 4 pessoas morreram com a queda de três veículos na cratera formada pelo desmoronamento do aterro do bueiro por onde passam as águas do Córrego Jacu.
2005 ^b	Joinville, SC	Cubatão	Usos múltiplos	-	-	Ruptura da barragem	Acúmulo de seixo rolado que estrangulava o leito do rio em diversos pontos	-	Danos materiais causados a 11 famílias ribeirinhas
2007 ^b	Miraí, MG	Miraí	Rejeito de minério	Rio Pomba Empresa de Mineração Ltda	Bauxita	Ruptura da barragem	Falha na barragem de rejeitos após forte chuva	2 x 10 ⁶ m ³	4000 moradores das cidades de Miraí e Muriaé, na Zona da Mata, desabrigados; lavouras e pastagens destruídas e o abastecimento de água comprometido em cidades dos estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro.

Continua

Quadro 01 – Continuação

Ano	Local	Barragem	Tipo de barragem	Empresa	Tipo de minério	Tipo de incidente	Possíveis causas da ruptura	Lançamento	Impactos
2009	Barcarena, PA,	-	Rejeito de minério	Hydro Alunorte / Norsk Hydro	Bauxita	Transbordamento após chuva forte.	Transbordamento de canais de drenagem em torno da bacia de lama vermelha após chuva forte	-	Comprometimento da água para 13 comunidades ribeirinhas.
2014	Itabirito, MG	Barragem B1	Rejeito de minério	Herculano Mineração Ltda	Ferro	Ruptura da barragem	Falha na barragem de rejeitos	-	Dois trabalhadores mortos e um desaparecido.
2015	Mariana, MG	Fundão	Rejeito de minério	Samarco Mineração S.A.	Ferro	Ruptura da barragem	Liquefação	32 x 10 ⁶ m ³	Inundação com lama de rejeito da cidade de Bento Rodrigues, destruindo 158 casas; 17 pessoas morreram e 2 desaparecidas; poluição do Rio Gualaxo Norte, Rio Carmel e Rio Doce em mais de 663 km; destruição de 15 km ² de terra ao longo dos rios
2018	Barcarena, PA	-	Rejeito de minério	Hydro Alunorte / Norsk Hydro	Bauxita	Transbordamento após chuva forte.	Transbordamento da bacia de lama vermelha após chuva forte	-	Líquidos altamente alcalinos e carregados de metal inundaram as áreas residenciais vizinhas, inutilizando o abastecimento de água potável na área.

Continua

Quadro 01 – Continuação

Ano	Local	Barragem	Tipo de Barragem	Empresa	Tipo de minério	Tipo de incidente	Possíveis causas da ruptura	Lançamento	Impactos
2019	Brumadinho, MG	Barragem I, Mina Córrego do Feijão	-	Vale S.A.	Ferro	Ruptura da barragem	Liquefação	12 x 10 ⁶ m ³	A onda de rejeitos devastou a estação de carregamento da mina, sua área administrativa e duas bacias de retenção de sedimentos menores (B4 e B4A); então viajou aprox. 7 km de descida até o Rio Paraopeba, destruindo uma ponte do ramal ferroviário da mina e se espalhando por partes da comunidade local Vila Ferteco, perto da cidade de Brumadinho; a lama foi então levada adiante pelo Rio Paraopeba; 248 pessoas morreram e 22 estão desaparecidas.
2019	Machadinho d'Oeste, RO	Machadinho	Rejeito de minério	Metalmig Mineração Indústria e Comércio S/A	Estanho	-	Falha na barragem de rejeitos inativa, após forte chuva	-	O derramamento de rejeitos danificou sete pontes, deixando 100 famílias isoladas; sem mortes ou ferimentos relatados.

Fonte: Adaptado de Wise Uranium Project (2019).

2.4.2 Anomalias em barragens

De acordo com a Resolução ANA 742/2011, anomalia é “qualquer deficiência, irregularidade, anormalidade ou deformação que possa vir a afetar a segurança da barragem, tanto a curto como a longo prazo”. Portanto, anomalia é qualquer comportamento anormal da estrutura, alertando para a necessidade de uma ação para que a barragem retorne ao seu estado natural.

Dessa forma pontuam-se algumas Anomalia que são mais frequentes nas barragens de modo a nortear trabalhos preventivos de segurança a fim de minimizar os riscos causados pelas mesmas (Quadro 2). E a Figura 7 ilustra como as anomalias aparecem numa barragem de terra.

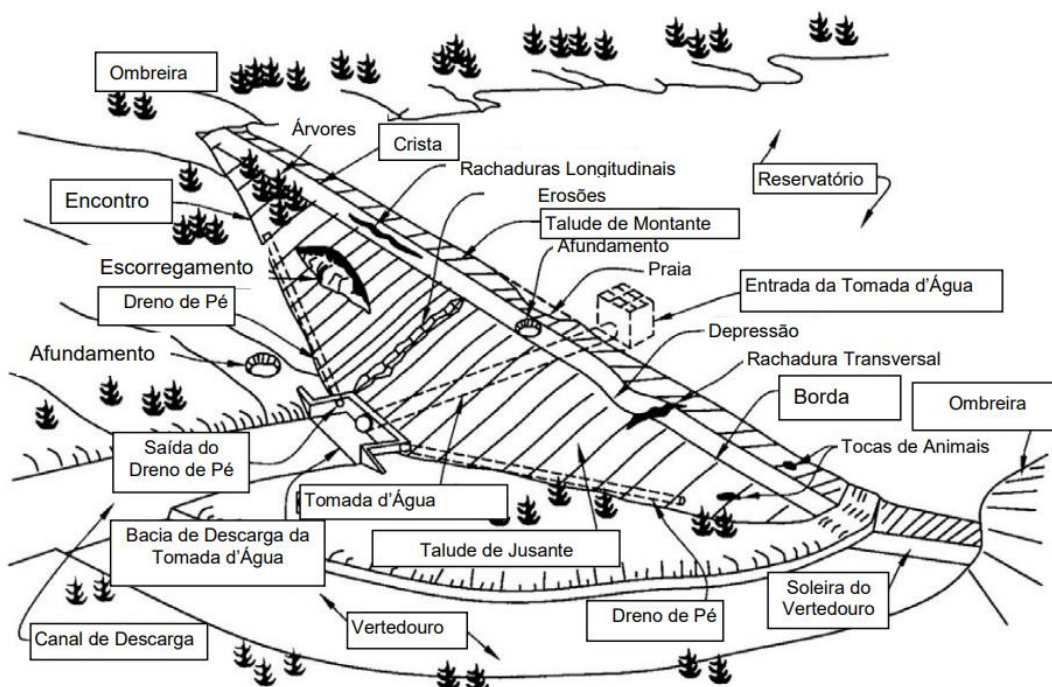
Quadro 2 - Anomalias em barragens

TIPOS DE BARRAGENS	PATOLOGIAS	DESCRIÇÃO	PRINCIPAIS CAUSAS
CONCRETO	Fissuras, trincas	São anomalias físicas que surgem quando as forças de tração aplicadas na estrutura superam a resistência a tração do concreto.	Movimentos no interior do concreto (esses podendo ser por retração/secagem ou mesmo expansão por variações de temperatura e reações químicas) e condições impostas externamente como terremotos ou recalque diferencial da fundação.
	Expansão	Recristalização dos poros do concreto que ocupam espaços maiores causando expansões que geram forças de tração, podendo romper a estrutura do concreto.	Reações álcalis - agregado e sulfatos
	Lixiviação ou Dissolução	Surgimento de eflorescência na superfície do concreto, podendo ocorrer formação de estalactites.	E um tipo de corrosão da estrutura causada pela dissolução progressiva da pasta de cimento endurecido, resultado da corrosão do aço das armaduras ou resultantes do carregamento de matéria orgânica ou argila presente no reservatório.
	Corrosão da armadura	Corrosão na barra de aço e geração de ferrugem, causando lascamento no concreto, favorecendo penetração de agentes agressivos	Deterioração do concreto: Redução de seção da barra de aço ou fissuração do cobrimento do concreto na direção da barra corroída.
	Desalinhamento e Deslocamentos diferenciais	Desalinhamento de estruturas	Movimentação das estruturas, recalque da fundação, supressão não prevista, reações químicas no concreto efeitos térmicos
	Infiltrações	Fluxos de água passando pelas estruturas	Fissuras, veda juntas deficientes ou rompidos, concreto deteriorado, juntas de construção maltratadas ou tubulações mal vedadas.
TERRA	Recalques, fissuras e trincas	Trincas e fissuras nas barragens.	Acomodações de camadas de materiais diferentes comprometendo a segurança da barragem.

	Surgência	Surgimento de água em locais não previstos.	Entupimento das drenagens ou falha no projeto construtivo
	Erosão	Surgimento de ravinamentos que progridem originando erosões	Acontece quando algum fluido, geralmente água ou ar provoca carreamento do material da barragem.

Fonte: O Autor (2020).

Figura 7 – Barragem de terra típica com anomalia



Fonte: Miranda (2016).

2.5 Legislação sobre segurança de Barragens no Brasil

A Lei n.º 12.334/2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais e cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB). O objetivo foi garantir a observância de padrões de segurança, regulamentar, promover o monitoramento e acompanhar as ações de segurança empregadas pelos responsáveis por barragens, de maneira a reduzir a possibilidade de acidentes e suas consequências, em especial, junto à população potencialmente afetada.

Nesse sentido foram dispostos os objetivos, os fundamentos, os instrumentos e a competência dessa política, entre outras questões que foram também tratadas. De acordo com

o parágrafo único do art. 1º, esta lei é aplicável a qualquer espécie de barragem que se enquadre em pelo menos uma das situações:

- a) Altura do maciço, contada do ponto mais baixo da fundação à crista, maior ou igual a 15m (quinze metros);
- b) Capacidade total do reservatório maior ou igual a 3.000.000m³ (três milhões de metros cúbicos);
- c) Reservatório que contenha resíduos perigosos conforme normas técnicas aplicáveis;
- d) Categoria de dano potencial associado, médio ou alto, em termos econômicos, sociais, ambientais ou de perda de vidas humanas, conforme definido no art. 6º.

O art. 5º da Lei estabelece que “a fiscalização da segurança de barragens caberá, sem prejuízo das ações fiscalizatórias dos órgãos ambientais integrantes do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA)”, à entidade específica de cada setor. No Brasil, as autarquias responsáveis pela fiscalização de barragens, nos vários setores, são:

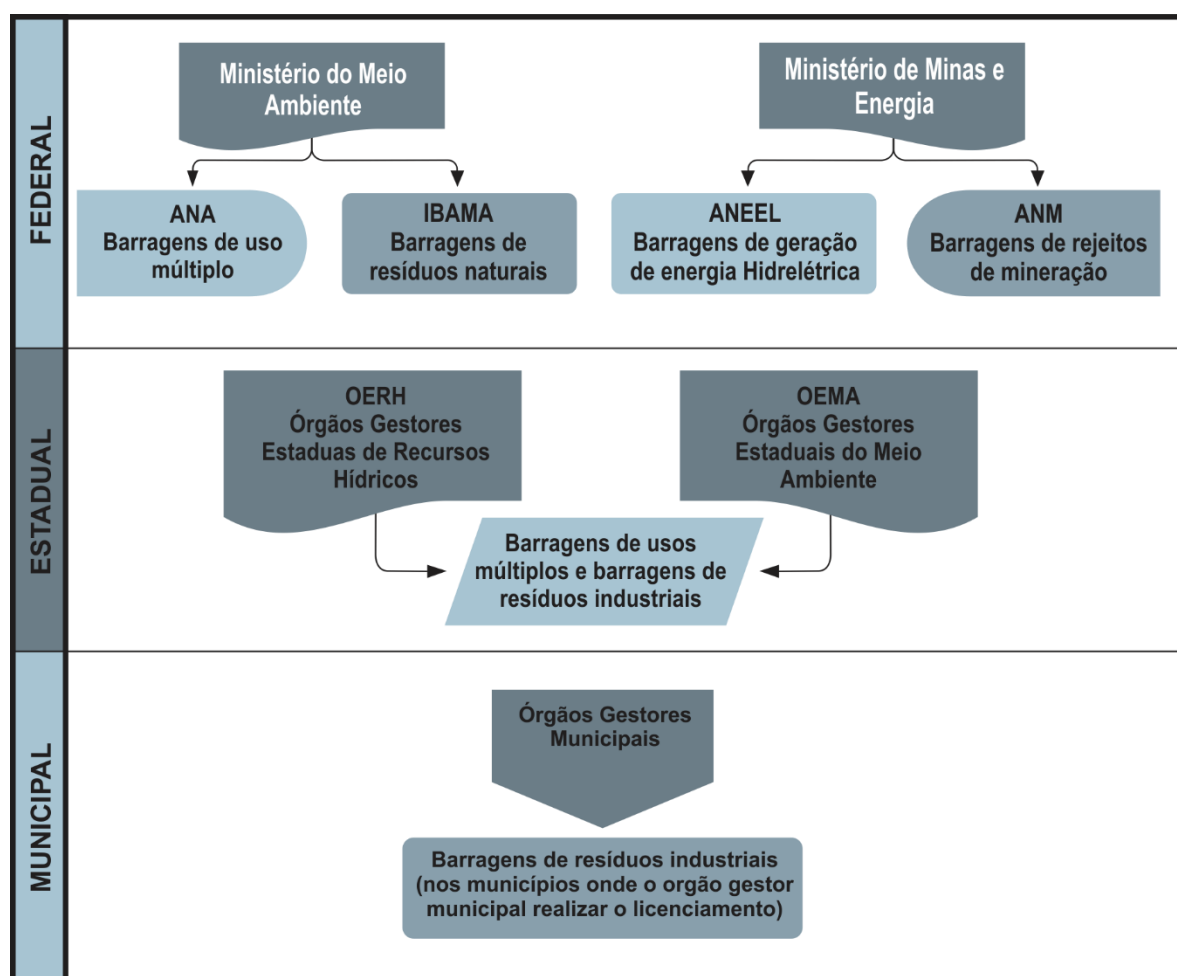
- ANA – Agência Nacional de Águas: autarquia responsável pela fiscalização da segurança de barragens outorgadas por ela, ou seja, barragens de acumulação de água, exceto para fins de aproveitamento hidrelétrico.
- ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica: autarquia responsável pela fiscalização da segurança de barragens outorgadas por ela, ou seja, barragens de acumulação de água quando se tratar de uso preponderante para fins de geração hidrelétrica.
- ANM – Agência Nacional de Mineração: a ANM, antigo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), é a autarquia responsável pela fiscalização da segurança de barragens outorgadas por ela, ou seja, barragens para fins de disposição final ou temporária de rejeitos.
- CNEN – Comissão Nacional de Energia Nuclear: autarquia responsável pela fiscalização da segurança de barragens para fins de disposição de rejeitos radioativos.
- IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis: autarquia responsável pela fiscalização da segurança de barragens outorgadas por ela, ou seja, barragens para fins de disposição de resíduos industriais.

Existem também, os Órgãos Gestores Estaduais de Recursos Hídricos (OERH) e os Órgãos Gestores Estaduais do Meio Ambiente (OEMA), que compõem a esfera estadual,

assim como os Órgãos Gestores Municipais, da esfera municipal. A organização destas entidades que fiscalizam a segurança de barragens no Brasil é exemplificada na Figura 8.

A Figura 8 apresenta um fluxograma sobre a lógica fiscalizatória aplicada às barragens brasileiras.

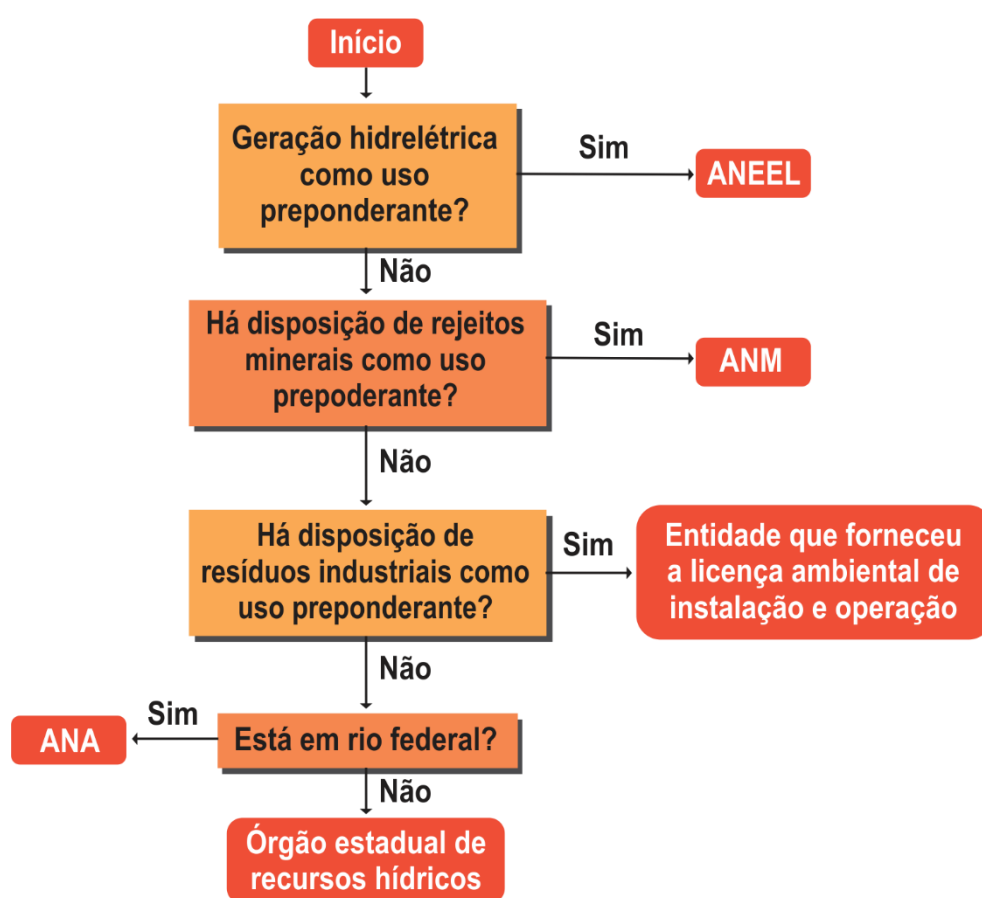
Figura 8 - Entidades Fiscalizadoras de Segurança de Barragens



Fonte: Adaptado ANA (2016).

Enquanto que na Figura 9 é demonstrado a Lógica fiscalizatória, a exemplo da Agência Nacional de Águas (ANA).

Figura 9-Lógica fiscalizatória



Fonte: Adaptado ANA (2019).

Dentre os entes fiscalizadores, a Agência Nacional de Águas (ANA) foi a que recebeu mais atribuições, além de inovadoras. Além de fiscalizar a segurança das barragens de usos múltiplos situadas em corpos d'água de domínio da união, a de promover a articulação entre os órgãos fiscalizadores na implementação da PNSB, a de organizar, implantar e gerir o Sistema Nacional de Segurança de Barragens (SNISB) e, anualmente, coordenar a elaboração do

Relatório de Segurança de Barragens (RSB) e encaminhá-lo ao Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH). Este, por sua vez, após apreciação, encaminhará o Relatório ao Congresso Nacional. Esta intermediação entre os órgãos fiscalizadores é de grande importância para o sucesso desta nova e importante Política Nacional.

A resolução N° 236, da ANA de 30 de janeiro de 2017 estabelece a periodicidade de execução ou atualização, a qualificação dos responsáveis técnicos, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento do Plano de Segurança da Barragem, das Inspeções de Segurança Regular e Especial, da Revisão Periódica de Segurança de Barragem e do Plano de Ação de Emergência, conforme art. 8°, 9°, 10, 11 e 12 da Lei n° 12.334 de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens – PNSB. Essa resolução ainda faz a seguinte afirmação: “Cabe ao órgão ou à entidade fiscalizadora estabelecer a periodicidade, a qualificação da equipe responsável, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento das Inspeções de Segurança Regular e Especial e da Revisão Periódica de Segurança de Barragem”.

Deste modo, dependendo da esfera governamental o órgão responsável irá instituir a periodicidade dessas inspeções assim como demais obrigações do empreendedor, de forma a organizar todo esse processo.

2.6 Inspeção de Barragens

De acordo com Oliveira (2013), as barragens devem ser inspecionadas regularmente em todas as estruturas que compõe o seu arranjo geral, com o objetivo de se determinarem as condições relativas à segurança operacional. As inspeções visam identificar e monitorar anomalias, recomendar reparos, impor restrições operacionais e/ou modificações. Elas possibilitam apontar, com a devida antecedência ou urgência, a necessidade de reabilitar as barragens que estejam em perigo ou risco de rompimento, possibilitando, a tempo, mitigação de danos e reduzindo elevados prejuízos à vida humana, econômicos e ambientais às localidades afetadas.

Quanto mais antiga a barragem, mais preocupação pode acarretar, de acordo com a técnica que foi empregada para sua construção, pela falta de projetos, pela inexistência ou ineficiência de instrumentação. Uma barragem não pode ser considerada segura apenas por não apresentar nenhuma anomalia visível; são as inspeções e avaliações periódicas, realizadas por profissionais capacitados, é que poderão classificar uma barragem como segura, para um determinado grau de confiabilidade admitido. Mesmo as barragens que já estão fora de operação

ou foram fechadas, como por exemplo, as de rejeito de mineração, devem ser inspecionadas periodicamente, para se verificar possibilidade de existência de alguma condição de instabilidade (OLIVEIRA, 2013).

Do ponto de vista do empreendedor, a avaliação da segurança de uma barragem é realizada nas Inspeções de Segurança, na Revisão Periódica da segurança da barragem e na aplicação de procedimentos rotineiros previamente estabelecidos no Plano de Operação, Manutenção e Instrumentação da barragem.

É válido pautar que a realização das inspeções, assim como determinar a frequência das mesmas, é de responsabilidade do empreendedor, podendo este ser quem utiliza a barragem ou o dono da terra onde a mesma está instalada. A periodicidade das inspeções é definida de acordo com a categoria de risco e potencial dano, proposta no art. 4º da Resolução ANA nº 742/2011, podendo ser ajustada pelo empreendedor em face das exigências da entidade fiscalizadora somado aos recursos disponíveis, conforme descrito na Tabela 2: Periodicidade de inspeções de segurança, descrito no Manual do Empreendedor Sobre Segurança de Barragens – volume 2 (ANA, 2016).

Tabela 2-Periodicidade de inspeções de segurança

Dano Potencial Associado (DPA)	Categoria de Risco		
	Alto	Médio	Baixo
Alto	Semestral	Semestral	Semestral
Médio	Semestral	Semestral	Anual
Baixo	Anual	Anual	Bianual

Fonte: ANA (2016).

As inspeções de barragens devem focar na detecção de condições que ameacem a integridade da estrutura. A fim de se assegurar que estas condições sejam percebidas em seus estágios iniciais, *Bureau of Reclamation* (1987) definiu a seguinte lista de itens a serem verificados:

1. Materiais de Construção: concreto, rochas, solo, cimento, metais, madeira, revestimentos, borrachas e seladores de juntas.
2. Condições gerais que evidenciam perigo: cavitação, infiltração, vazamentos, drenagem, ação do gelo, instabilidade e tensão / deslizamento.

3. Deficiências de operação e manutenção: equipamentos elétricos e mecânicos, acessibilidade e visibilidade, crescimento de plantas e animais que fazem tocas, tensão / deslizamento, instabilidade, infiltração e descontinuidade de juntas e fundação.

4. Evidências de deficiências em barragens de material solto: tensão / deslizamento, instabilidade, vazamentos, erosão, fundação e riscos de ruptura nos equipamentos e estruturas associadas.

5. Evidência de deficiências em vertedores: estrutura hidráulica de controle, canal de aproximação, comportas, pontes, conduto de descarga, estruturas terminais, canais de restituição, plataformas operacionais e guindastes, poços, condutos e túneis.

6. Evidências de deficiências nas saídas d'água: canais de aproximação, estruturas de tomada d'água, câmaras das comportas, comportas, válvulas, guindastes, controles, equipamentos elétricos e dutos de ar, estruturas terminais, canais de restituição e plataformas de resíduos.

7. Condições adversas no entorno do reservatório: reservatório, taludes do reservatório, proximidade a jusante, curso d'água e entorno regional.

O propósito dos programas de segurança de barragens é reconhecer possíveis perigos oferecidos pelas estruturas a fim de minimizá-los. Barragens podem ser construídas de forma segura e com devido acompanhamento e identificação os problemas podem ser sanados a tempo, antes que causem algum problema sócio econômico e/ou ambiental.

O monitoramento de barragens exige além de todo o processo, visualização e análise a periodicidade com que essas inspeções são realizadas, essa frequência deve ser estabelecida de forma a assegurar medidas preventivas e favorecer tempo de reação caso seja necessária alguma intervenção.

O Manual do Empreendedor Sobre Segurança de Barragens – volume 2 (ANA, 2016) estabelece as orientações gerais quanto às metodologias e procedimentos a serem adotados pelos empreendedores, na inspeção de barragens. De acordo com o manual, as inspeções podem ser regulares e especiais.

Conforme o art. 9º da Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, “as inspeções de segurança regular e especial terão a sua periodicidade, a qualificação da equipe responsável, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento definidos pelo órgão fiscalizador em função da categoria de risco e do dano potencial associado à barragem”.

De acordo com o § 1º da lei, “a inspeção de segurança regular é uma obrigação do empreendedor, visa a detectar a existência de anomalias e identificar perigos em potencial e iminentes da barragem e deve ser feita regularmente, com periodicidade estabelecida em função da categoria do risco e do dano potencial associado à barragem. Pode ser executada pela própria equipe de segurança da barragem, devendo o relatório resultante estar disponível ao órgão fiscalizador e à sociedade civil”.

De acordo com o § 2º da lei “a inspeção de segurança especial será elaborada, conforme orientação do órgão fiscalizador, por equipe multidisciplinar de especialistas, em função da categoria de risco e do dano potencial associado à barragem, nas fases de construção, operação e desativação, devendo considerar as alterações das condições a montante e jusante da barragem.”.

Desse modo, a inspeção especial é realizada por especialistas em condições específicas, tais como: após a ocorrência de uma anomalia ou de um evento adverso que possa colocar em risco a segurança da barragem, em situações críticas da vida da barragem e durante a revisão periódica de segurança de barragem.

2.7 Roteiro de inspeção

O roteiro para inspeção de barragens depende da situação a ser investigada e da metodologia a ser adotada pela equipe de inspeção. O Quadro 03 apresenta aspectos específicos essenciais a serem observados na execução das inspeções de barragens.

Quadro 03 - Aspectos relevantes para inspeção em barragens.

TALUDE DE MONTANTE	Proteção do talude: <i>rip-rap</i>, aspecto geral do material de proteção, embricamento, escorregamento, deposição de material, desagregação de blocos de rocha etc. Erosão: sinais de erosão provocada pelo movimento da água no parâmetro, observar em especial a transição entre as zonas que normalmente se encontram submersas e as que se encontram acima do nível de água. Ocorrência de fissuras no concreto, ferrugem do concreto exposta. Plinto (Barragens de Enrocamento com Face de Concreto – BEFCs): Fissuração, juntas de construção. Vegetação: analisar a existência ou ausência de arbustos ou árvores, sua dimensão e frequência (entendida como tendência em determinada zona), indagar a possibilidade de crescimento anormal em épocas secas, mapear a localização. Faturamento: analisar a fragmentação anormal do material de proteção (blocos) que altere sua granulometria e, portanto, seu poder protetor. Buracos causados por animais: sua dimensão, localização e frequência.
	Sinais de movimento: procurar indicadores de deslizamentos planares ou circulares e de enrugamentos no talude. Percolação aparente ou zonas úmidas, particularmente na parte inferior do talude: observar o aparecimento de zonas escuras (coloração característica de material umedecido, vegetação viçosa sem motivo aparente, surgências de água etc.).

TALUDE DE JUSANTE	Deslocamentos planares do material de enrocamento. Crescimento de vegetação: analisar o tipo de vegetação existente (especialmente devido a profundidade de raízes), considerar em conjunto com o ponto anterior. Estado de proteção do talude: verificar o estado da vegetação necessária para garantir a resistência a erosão. Existência de árvores e necessidade de remoção. Condições das bermas. Canaletas de drenagem. Buracos causados por animais, cupinzeiros e formigueiros.
OMBREIRAS As interfaces do corpo da barragem com as ombreiras, devem ser inspecionadas visando a detecção de:	Percolação: detectar sinais aparentes de surgências a jusante; Fissuras e juntas: distinguir fissuras longitudinais e transversais, sua abertura, afastamento e profundidade (quando possível); Deslizamentos: detectar sinais aparentes de deslizamentos recentes e causas possíveis; Vegetação; Sinais de movimento: considerar movimentos globais não inseridos nos deslizamentos.
CRISTA	Fendilhamento na superfície: analisar as fissuras longitudinais e transversais, abertura, profundidade e espaçamento. Recalques: verificar visualmente o nivelamento dos guarda-corpos, passeios e pavimento na crista. Movimentos laterais: os melhores indicadores de movimentos são os postes de iluminação, se existirem, os guarda-corpos laterais e os meios-fios. Estado de conservação dos guarda-corpos: os guarda-corpos registram frequentemente os movimentos sofridos, quer por deslizamento de peças simplesmente apoiadas, quer por ruptura de peças rígidas. Sobrelevação da crista: apreciação do alteamento da crista definida no projeto para compensar recalques pós - construção. Sistema de drenagem e drenos obstruídos. Passeio. Alinhamento do meio-fio, quando existir.
GALERIAS	Detecção de situações anômalas, designadamente, fissuras no concreto, infiltrações, movimentos de juntas e depósito de materiais, embarragens de concreto.
ESTRUTURAS AUXILIARES	Vertedouro (ou sangradouro): ferragem exposta, fissuras no concreto, erosão, depressões, vegetação nas juntas, Reação Álcalis-Agregado (RAA). Tomada de água: Corrosão, fissuras, infiltrações, RAA. Comportas: corrosão, água estagnada nos braços, crescimento de vegetação, defeitos de vedação, deficiências dos equipamentos de manobra. Canal de aproximação e de restituição: erosão, fissuras.
INSTRUMENTAÇÃO	Estado dos instrumentos de medida instalados na obra.
RESERVATÓRIO	Erosões, assoreamentos, escorregamento dos taludes marginais, vegetação flutuante em excesso, troncos de árvores etc.

Fonte: ANA (2016).

2.8 Elaboração do Relatório de Inspeção

O relatório de inspeção deve ser produzido por responsável técnico com formação em engenharia, experiência em segurança de barragens e conter pelo menos as informações apresentadas no quadro 04 (ANA, 2016 p. 39).

Quadro 04 - Informações para preenchimento do relatório.

--

RELATÓRIO	
1.Sumário executivo	• Nome da barragem. • Código da barragem no cadastro do órgão fiscalizador. • Identificação do empreendedor ou do seu representante legal. • Identificação do responsável técnico pela inspeção e elaboração do relatório e anotação da sua responsabilidade. • Localização e data da inspeção. • Outorga. • Data da construção. • Responsável pela construção.
2.Principais características	• Bacia hidrográfica. • Curso d'água barrado. • Coordenadas. • Finalidade. • Capacidade do reservatório. • Área inundada. • Tipo de barragem. • Cota da crista. • Altura da barragem. • Comprimento da barragem.
3. Histórico	• Incidentes/acidentes anteriormente ocorridos, se aplicável.
4. Fichas de inspeção preenchidas, a ser revisadas pelo responsável técnico, que deve pronunciar-se sobre:	• Avaliação de anomalias: situação, classificação da sua magnitude e nível de perigo (ver item 3.4); • Fotografias das anomalias consideradas médias ou graves e sua descrição; • Análise dos registros dos seguintes instrumentos, quando existentes: piezômetros, medidores de tensão, registradores de fluxo, medidores de recalques, inclinômetros, extensômetros, marcos de referência, medidores de nível de água, medidores de vazão, acelerógrafos, sismoscópios (CORPS OF ENGINEERS, 1995a, 1995c; SECO; PINTO, 1982).
5. Fotografias, comentários e observações necessárias, adicionais e relevantes sobre os componentes da barragem ou anomalias consideradas médias ou grandes, designadamente:	• Talude de montante, crista, talude de jusante, ombreiras, instrumentação, estruturas extravasoras (vertedouro, reservatório, torre de tomada de água, galeria de fundo) e estrada de acesso.

6. Avaliação do nível de perigo da barragem.	• (Ver item 3.5).
7. Conclusões, recomendações e ações a ser implementadas pelo empreendedor:	• Proposta de reclassificação da categoria de risco da barragem para a entidade fiscalizadora em função do resultado da inspeção (se for o caso); • Implementação do PAE: comunicações, sistemas de aviso, evacuações (se aplicável); • Recomendação de eventuais trabalhos de reabilitação e manutenção ou inspeções de segurança regulares e especiais, como, por exemplo, o selecionamento do reservatório e a disposição de materiais suscetíveis de reforçar a estabilidade da barragem ou retardar sua ruptura. Para os diferentes tipos de anomalia que ocorrem com mais frequência nas barragens de terra, de enrocamento e de concreto, apresenta-se no Anexo 2 uma listagem das ações corretivas a ser implementadas para reabilitar a barragem, visando a minimizar suas consequências e evitar que seu eventual rompimento possa pôr em perigo a segurança e a vida da população e provocar danos econômicos e ambientais.

2.9 Instruções para o pr

Fonte ANA (2016).

Para preencher as fichas da barragem tanto de forma manual quanto via App é necessário o conhecimento prévio das instruções de preenchimento contidas nos Quadros 5, 6 e 7 (ANA, 2016 p. 64). O Quadro 06 corresponde a um sistema de legendas com informações contidas no manual da agência.

O Manual do Empreendedor Sobre Segurança de Barragens – volume 2 (ANA, 2016) orienta o uso de ficha de inspeção, as quais permitem analisar as situações das eventuais anomalias que podem ocorrer no talude de montante, crista, talude de jusante, ombreiras e órgãos extravasores da barragem e outros elementos que compõem o arranjo geral da obra.

No preenchimento das fichas de inspeção é usado um sistema de legenda que indica a situação da barragem em relação ao item a ser examinado, magnitude da anomalia e nível de perigo causado pela anomalia, conforme descritos nos Quadros 5, 6 e 7, respectivamente.

Quadro 5 - Instruções para preenchimento da “Situação”

SITUAÇÃO

NA	Este Item Não é Aplicável: o item examinado não é pertinente a barragem inspecionada; por exemplo, os itens da tabela muros laterais em uma barragem cujo vertedouro seja escavado em rocha sã e, por isso, delimitado lateralmente por taludes cortados na rocha.
NE	Anomalia Não Existente: quando não existe nenhuma anomalia em relação ao item examinado, ou seja, sob o aspecto em questão, a barragem não apresenta falha ou defeito e não foge as normas.
PV	Anomalia constatada pela Primeira Vez: Quando da visita a barragem, aquela anomalia for constatada pela primeira vez, não havendo indicação de sua ocorrência nas inspeções anteriores
DS	Anomalia Desapareceu: quando em uma inspeção, uma determinada anomalia verificada na inspeção anterior não mais esteja ocorrendo.
DI	Anomalia diminuiu: quando em uma inspeção, uma determinada anomalia apresente-se com menor intensidade ou dimensão, em relação ao constatado na inspeção anterior, conforme verificado pela inspeção ou informado pela pessoa responsável pela barragem.
PC	Anomalia Permaneceu Constante: quando em uma inspeção, uma determinada anomalia apresente-se com igual intensidade ou dimensão, em relação ao constatado na inspeção anterior, conforme verificado pela inspeção ou informado pela pessoa responsável pela barragem.
AU	Anomalia Aumentou: quando em uma inspeção, uma determinada anomalia apresente-se com maior intensidade ou dimensão, em relação ao constatado na inspeção anterior, conforme percebido pela inspeção ou informado pela pessoa responsável pela barragem.
NI	Este item não foi inspecionado: quando um determinado aspecto da barragem que deveria ser examinado, por motivos alheios a pessoa que esteja inspecionando, não o foi, deve haver uma justificativa para a não realização da inspeção.

Fonte: ANA (2016).

Quadro 6 - Instruções para preenchimento (Magnitude)

MAGNITUDE	
I	Insignificante: anomalia de pequenas dimensões, sem aparente evolução;
P	Pequena: anomalia de pequena dimensão, com evolução ao longo do tempo;
M	Média: anomalia de media dimensão, sem aparente evolução;
G	Grande: anomalia de media dimensão, com evidente evolução, ou anomalia de grande dimensão.

Fonte: ANA (2016).

Quadro 7–Informações para preenchimento do “Nível de Perigo”

NÍVEL DE PERIGO	
0	Nenhum: anomalia que não compromete a segurança da barragem, mas pode ser entendida como descaso e má conservação;
1	Atenção: anomalia que não compromete a segurança da barragem em curto prazo, mas deve ser controlada e monitorada ao longo do tempo;
2	Alerta: anomalia com risco para a segurança da barragem, devendo ser tomadas providências para a eliminação do problema;

3	Emergência: anomalia com risco de ruptura em curto prazo, exigindo ativação do Plano de Ação de Emergência (PAE).
---	--

Fonte: ANA (2016).

Segundo o Guia de orientação e Formulários para inspeções de segurança de Barragem, no preenchimento das fichas, a magnitude e o nível de perigo somente serão preenchidos quando a situação do item for PV, DI, PC ou AU. Nas situações NA, NE, DS e NI, não faz sentido esse preenchimento. Tratando-se da primeira inspeção de uma barragem, as situações escolhidas devem ser NA, NE, PV e NI. Quando o técnico se basear em conhecimento próprio ou de terceiros para informar as situações DI, DS, PC ou AU, deve ser esclarecido por meio do preenchimento do espaço reservado para comentários.

As fichas de inspeção contêm, inicialmente, tabelas que contempla informações gerais da barragem e infraestrutura operacional, como ilustrado na Figura 10. Em seguida são preenchidas várias tabelas correspondentes registros das anomalias. A Figura 11 apresenta um fluxograma que ilustra a sequência do processo de inspeção em barragem de terra, e as tabelas estão no Anexo A.

Figura 10 – Procedimento de inspeção – Dados comuns a todo tipo de barragem

PROCEDIMENTO DE INSPEÇÃO
(Guia de Orientação e Formulários para Inspeções de Segurança de Barragem)
(ANA, 2016)

A) PREENCHIMENTO DOS DADOS GERAIS E DAS INFORMAÇÕES SOBRE A INFRAESTRUTURA OPERACIONAL

A.1 - DADOS GERAIS – CONDIÇÃO ATUAL

1 – Barragem: _____

2 – Coordenadas: _____

3 – Município/Estado: _____

4 – Visitado por: _____ Assinatura: _____

5 – Cargo: _____ Instituição: _____

6 – Data da vistoria: _____ Número da vistoria: _____

7 – Cota atual do nível da água: _____

8 – Bacia: _____

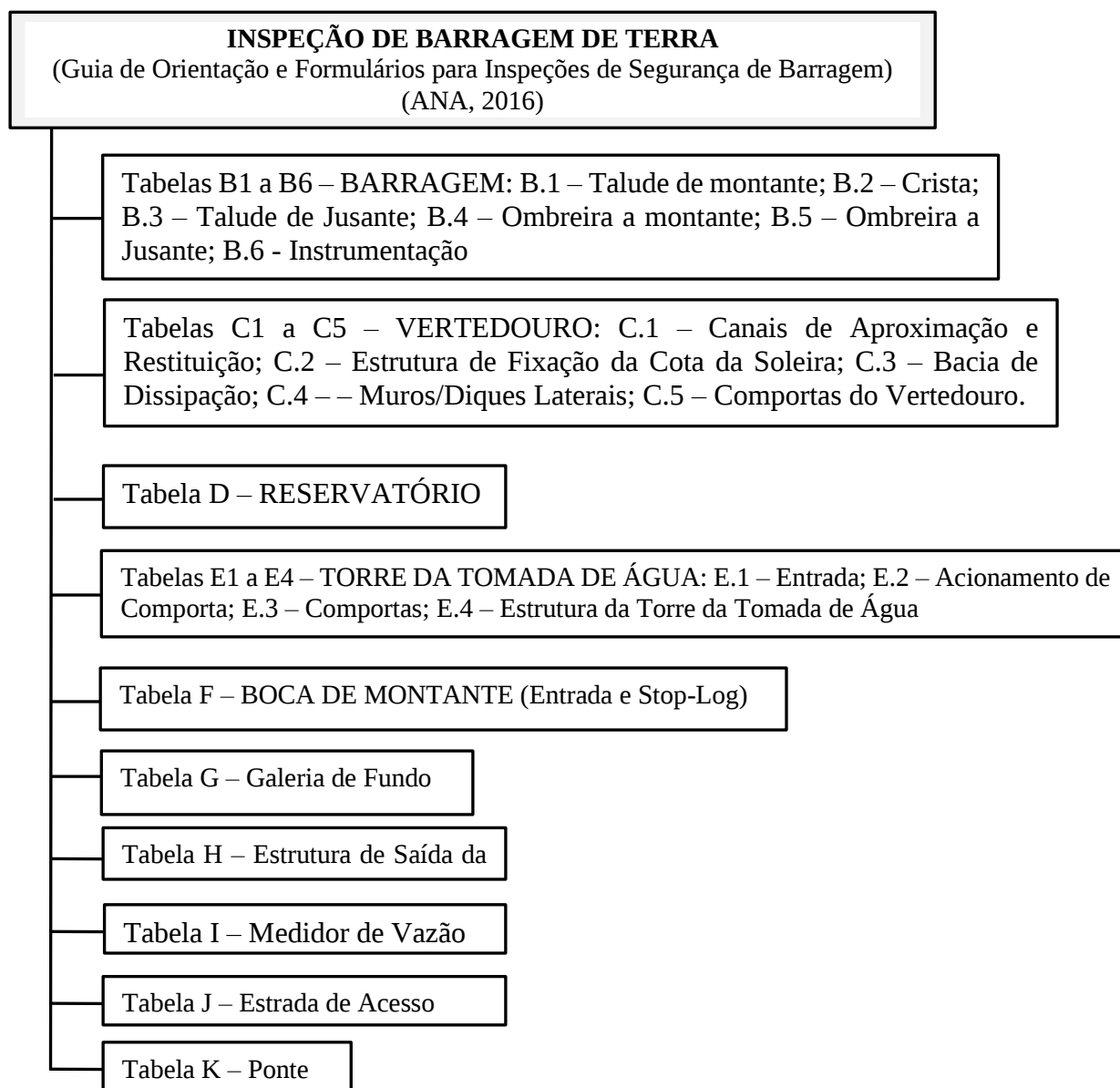
9 – Proprietário/Administração Regional: _____

A.2 – INFRAESTRUTURA OPERACIONAL

FICHA DE INSPEÇÃO COMUM A TODOS OS TIPOS DE BARRAGEM														
	LOCALIZAÇÃO/ ANOMALIA	SITUAÇÃO								MAGNITUDE				NP
A.2	INFRAESTRUTURA OPERACIONAL													
1	Falta de documentação sobre a barragem	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
2	Falta de material para manutenção	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
3	Falta de treinamento do pessoal	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
4	Precariedade no acesso de veículos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
5	Falta de energia elétrica	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
6	Falta de sistema de comunicação eficiente	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
7	Falta ou deficiência de cercas de proteção	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
8	Falta ou deficiência nas placas de aviso	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
9	Falta de acompanhamento da Administração Regional	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
10	Falta de manual de operação dos equipamentos hidro e eletromecânicos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
Comentários: _____														

Fonte: Adaptado Ana (2016).

Figura 11 – Fluxograma de inspeção de barragem de terra



Maiores informações sobre os procedimentos de inspeção de segurança de barragens, assim como suas etapas e planejamento, a execução da inspeção no campo, a avaliação dos resultados, a elaboração do relatório e o atendimento das recomendações do relatório, são detalhados no Manual do Empreendedor Sobre Segurança de Barragens – Volume 2 (ANA, 2016).

2.10 Tecnologia a Serviço do Empreendedor

Manter-se competitivo sempre foi uma premissa para ser um bom empreendedor e inovação é o cargo chefe que norteia todo esse processo. Diariamente o mercado é inundado com novas tecnologias, processos e métodos, que tem como objetivo tornar alguma operação mais limpa, de menor custo e que gere maiores resultados, dessa forma torna-se natural a modernização dessas atividades. Segundo Kanematsu e Ribeiro (2014) o atual avanço tecnológico proporciona aos gestores um grande leque de opções e recursos que auxiliam no processo de gestão.

Analisar e interpretar dados de forma rápida e dinâmica, permite com que gestores obtenham maiores volumes de informações e a possibilidade de visualizar determinada situação de forma holística de modo a otimizar todo o processo decisório.

Beal (2001) define sistema de informação como uma ferramenta usada para fornecer informações, que auxiliem os gestores na tomada de decisão dentro de suas organizações. Esse setor trabalha diretamente com o estudo e compressão de dados de maneira a determinar melhores procedimentos exibir um painel mais abrangente de escolhas para os administradores além de buscar minimizar os custos de produção da empresa.

Assegurar todos os processos de inspeções é tarefa árdua, partindo de *check-lists* fixado em pranchetas com fragmentos de informações ou até mesmo dados não confiáveis há muito armazenados, desta forma comprometendo toda a operação.

Deste modo a modernização de procedimentos arcaicos simplifica o processo de inspeções, possibilita melhor análises de dados e agiliza as tomadas de decisões onde o tempo de reação pode significar salvar comunidades inteiras e grandes espaços de fauna e flora.

2.10.1 Projeto do Produto

O Project Management Institute (PMI) define projeto como um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado único, possui alguns critérios que devem ser avaliados e levados em consideração, deixar bem definidas datas de início e fim, deve gerar algo único como resultado, fator que irá transformar uma situação, tornar algo novo. Entende-se, portanto, como, a descrição de um processo que irá gerar um produto inovador que viabilizará, em determinado aspecto, uma etapa ou setor da cadeia produtiva da organização (PMI, 2017).

Ter a clareza do que se pretende alcançar é fundamental no desenvolvimento de qualquer projeto, objetivos claros e metas bem definidas irão determinar o sucesso ou fracasso da ideia. Planejamento, planificação, plano, programa, polo e projeto são palavras afins, que traduzem a necessidade de organização do sistema econômico, objetivando o desenvolvimento.

Projetar denota organizar ideias de maneira coerente determinando com detalhes as etapas a serem seguidas paralelas ao tempo empenhado para as mesmas, desta maneira possibilita a obtenção real de resultados e os impactos do mesmo no ponto de ação. É necessário entender muito bem a área a que se aplica o projeto, direcionar energia e esforços de forma a alcançar todos os objetivos estipulados, mitigando todos os *GAPS* que o processo venha apresentar, validando assim todo investimento aplicado na operação.

Brito (2014) enfatiza que o projeto é um documento que objetiva produzir bens e/ou serviços. É o planejamento de uma unidade produtiva com funções previamente determinadas. Identificar uma necessidade requer vivenciar experiências na empresa que fornecerão dúvidas e questionamentos que se tornarão potenciais alvos de melhorias através da construção do projeto.

Buarque (1984) afirma que o projeto tem cinco fases: a ideia, a pré-viabilidade, a viabilidade, a engenharia e a execução. Holanda (1982) exemplifica de forma semelhante a esta colocação entendendo-se as seguintes etapas: estudos preliminares, anteprojeto, projeto, execução e acompanhamento.

A construção do projeto objetiva uma mudança, uma melhora que auxilie o crescimento do empreendimento ao qual está submetido. Rozenfield (2006) afirma que o desenvolvimento do produto está ligado a um conjunto de ações previamente estruturadas, atentas as necessidades dos clientes, ao estudo de demanda e as limitações da organização.

Naveiro (2001) atenta que há diversos problemas envolvidos com o desenvolvimento de um produto, sendo o principal deles a explicação das soluções desenvolvidas bem como seu desenvolvimento dentro da organização. Deste modo, ressaltam-se algumas propostas que definem projeto:

- Um processo de tomada de decisões;
- Resolução de um problema;
- Atividade de planejar e buscar;
- Satisfazer restrições.

Desenvolver projetos é fundamental para estimular e otimizar processos nas organizações. O contexto globalizado e capitalista atual exige do empreendedor dinâmicas que fomentem desenvolvimento, praticidade e consequentemente resultados. As ações devem permitir uma visão holística e fornecer ao usuário, nesse caso o gestor do empreendimento, informações atualizadas, didáticas e rápidas, permitindo a tomada de decisão assertiva e coerente, visto o impacto que um projeto de barragens pode oferecer.

2.10.2 Engenharia de Software (ES)

Essa engenharia está totalmente ligada com metodologias, ferramentas e disciplinas, que irão de forma conjunta proporcionar a criação de um sistema. Dessa forma a ES, integra diversas áreas da Computação, linguagens de programação, banco de dados e interface homem máquina por exemplo.

Para Sommerville (2007), a engenharia de software é uma disciplina da engenharia responsável pela produção de software, partindo das fases iniciais onde são consideradas as especificações do sistema até a manutenibilidade do mesmo, após entrar em operação.

Por mais simples que seja a abordagem de um software é sempre relevante à consideração de utilizá-lo, pois, a dinâmica de criação de um sistema objetiva sempre a simplificação e eficácia de determinado processo, de modo a minimizar recursos, como tempo por exemplo.

Pressman (2002) aborda a ES como sendo uma “tecnologia em níveis/camadas”. De maneira a enfatizar que toda pesquisa voltada a engenharia de software deve possuir compromisso com a melhoria e qualidade, sendo que de fato ao longo dos anos as ferramentas computacionais foram desenvolvidas de forma a auxiliar no desenvolvimento. Ressalta-se ainda que por mais excepcionais que sejam os novos projetos, modelos de processos e softwares nenhum deles podem ser considerados absolutos ou ideais, pois por mais robusto e específico que seja o software ele sempre tem espaço e demanda para se tornar melhor, fator esse que está diretamente relacionado com a criação de novas necessidades do mercado.

2.10.3 Programação em JAVA

Segundo Deitel (2003), Schildt e Skrien (2013) a linguagem de programação Java foi criada por James Gosling e a equipe da Sun Microsystems em 1991, inicialmente foi chamada de “Oak”, porem foi renomeada para “Java” em 1995.

A princípio a linguagem Java fora criada para rodar em pequenos aparelhos portáteis, porem incertezas de mercado fizeram com que a fabricante o disponibilizasse para grandes maquinas, logo em seguida com o advento da internet, a linguagem se popularizou por possibilitar a criação de páginas na Web com conteúdo interativo e dinâmico, criação de aplicativos corporativos de grande porte, e por rodar em diversas plataformas (sistemas operacionais).

O fato de a linguagem Java possibilitar a criação de software e páginas Web dinâmicas e interativas foi de grande importância para sua expansão e popularização perante o mundo da programação. Porém o fator que realmente tornou isso possível foi sua portabilidade, ou seja, a característica da linguagem pode ser executada, compilada em qualquer máquina, bastando apenas que se tenha instalado uma máquina virtual Java.

Segundo uma pesquisa feita pela Tiobe (2012), a linguagem de programação Java, a segunda mais utilizada atualmente (novembro, 2012), possui diversas bibliotecas para auxiliar os desenvolvedores na criação de suas aplicações Amplamente difundida e aplicada em diversas áreas, a linguagem de programação está em constante evolução, auxiliando na construção de diversas ferramentas capazes de resolver problemas complexos de maneira rápida e eficiente.

Melo e Silva (2003) definem características desejáveis para uma linguagem de programação:

- Legibilidade: devem possuir elementos de fácil entendimento e sem ambiguidade;
- Facilidade de escrita: deve ser capaz de resolver os problemas requisitados de forma clara e natural;
- Confiabilidade: os problemas propostos devem apresentar resultados esperados e soluções confiáveis.
- Custo: o custo está associado à sua criação e aceitação do mercado, incluindo treinamento, custo da escrita, da compilação e de execução do programa.

Segundo Deitel (2003) há várias linguagens de programação, sendo que algumas são diretamente compreendidas pelo computador ou aparelho em uso, já outras precisam de

intermediários que realizem a tradução. Centenas de linguagens estão atualmente em uso, sendo estas divididas em três tipos gerais:

- Linguagens de máquina: e a linguagens natural do computador que consistem geralmente em sequências de números;
- Linguagens assembly: desenvolvida pelos programadores, esta linguagem utiliza abreviações do inglês para gerar o código de programação, que para ser usado na máquina é preciso de um programa-tradutor, que serve para traduzir a linguagem assembly em linguagem de máquina;
- Linguagens de alto nível: desenvolvida para acelerar o processo de programação. Esta linguagem utiliza instruções que parecem com o inglês cotidiano e contem notações matemáticas utilizadas comumente. Os programas de convertem linguagem de alto nível em linguagem de máquina são chamados de compiladores.

Segundo Cadenhead e Lemay (2005) milhares de programadores aprenderam a linguagem Java e a usam diariamente. Java faz parte da grade curricular de diversos cursos acadêmicos. Esta linguagem de programação pode ser comumente encontrada em aplicações para:

- Servidores Web;
- Banco de dados relacionais;
- Computadores mainframe;
- Telefones;
- Telescópios orbitais;
- Assistentes digitais pessoais;
- “Smartcards” do tamanho de um cartão de credito.

Furgeri (2012) diz que o Java tem muitas características relevantes, porém as principais são:

- Orientação a objetos: metodologia já consolidada no mercado e a maioria das linguagens de programão atuais tem esta opção de trabalho. Consiste de modo generalizado em gerar objetos que se comuniquem, sendo que estes podem simular objetos do mundo real;

- Portabilidade: Java é uma linguagem multiplataforma, ou seja, uma mesma aplicação pode ser executada em diferentes tipos de plataforma sem a necessidade de adaptação de código;
- Multithreading: threads (linhas de execução) são o meio pelo qual se consegue eventos simultâneos em um programa;
- Suporte à comunicação: uma das vantagens do Java é fornecer um grande conjunto de classes que tem especificações de funcionamento, ou seja, muitos aspectos da programação são encapsulados em classes já prontas.

Deste modo desenvolver um aplicativo prático, dinâmico e versátil proporciona um maior alcance da ferramenta o que gera a dispersão do aprendizado e a construção de uma cultura onde realizar as inspeções e todos os tipos de controle de segurança em barragens seja algo prático, saudável e cada dia mais comum na rotina dos empreendedores.

2.10.4 Tomada de decisão

Tida como uma competência fundamental pelo Fórum Econômico Mundial a capacidade de tomada de decisão é fundamental na vida de um empreendedor, pois define constantemente o rumo que o negócio irá tomar. Essa capacidade é otimizada pelo acesso a informação e dados que tendem a nortear a decisão e fundamentar a construção de ações, seja ela para corrigir um problema ou evitá-lo.

Para Maximiano (2009, p.58) decisões devem ser tomadas com o objetivo de solucionar problemas ou aproveitar oportunidades:

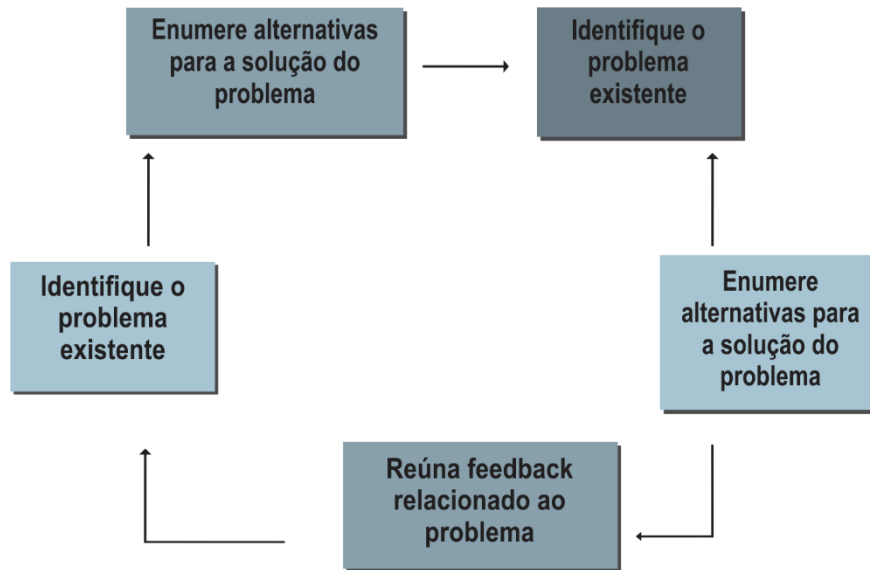
O processo de tomar decisão começa com uma situação de frustração, interesse, desafio, curiosidade ou irritação. Há um objetivo a ser atingido e apresenta-se um obstáculo, ou acontece uma condição que se deve corrigir, ou está ocorrendo um fato que exige algum tipo de ação, ou apresenta-se uma oportunidade que pode ser aproveitada.

Para Valmosir e Vieira (2017), toda informação adquirida pelo responsável através das ferramentas, métodos e recursos tecnológicos nortearam os processos decisórios, levando em consideração todas as características já avaliadas com procedimentos estruturados e completos. As micro e pequenas empresas enfrentam diariamente problemas suficientemente complexos para seu porte, onde determinar o sucesso da operação é responsabilidade de toda equipe de trabalho.

No entanto o ato decisório pode ser influenciado pela vontade do tomador da decisão, situações essas que podem comprometer o direcionamento e sucesso da organização. Portanto,

Certo (2005) propõem o seguinte modelo de processo de tomada de decisão. Assim, na figura 12 destaca-se como ocorre o processo de tomada de decisão no contexto da organização.

Figura 12 - Processo de tomada de decisão



Fonte: Certo (2005).

Entender as problemáticas é fundamental na construção de um plano de ação para otimizar o processo de tomada de decisão, esse que deve ser perfeitamente assertivo visto o impacto que uma barragem apresenta.

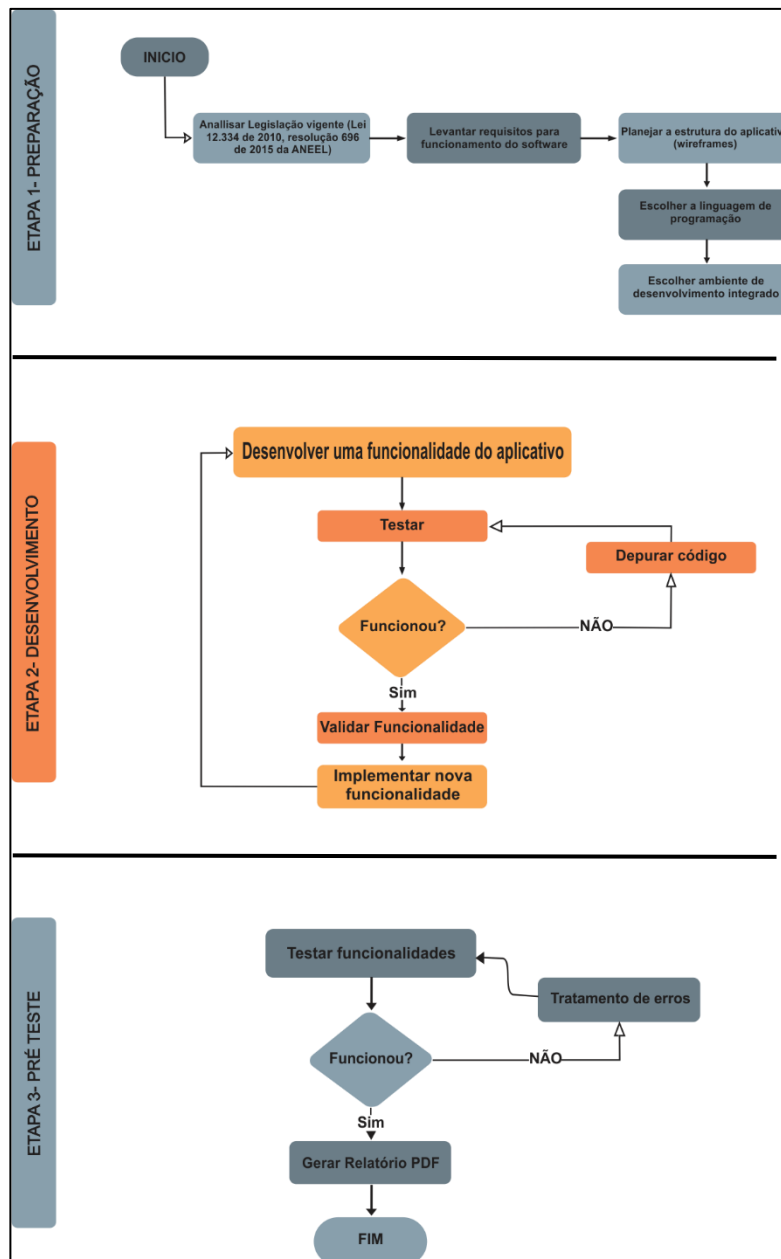
CAPÍTULO 3

DESENVOLVIMENTO DO APLICATIVO ISB-INSPEÇÃO DE SEGURANÇA DE BARRAGENS

3.1 Introdução

O projeto foi estruturado em um conjunto de atividades, divididos em 4 etapas: Etapa 1 – Preparação; Etapa 2 – Desenvolvimento; Etapa 3 – Pré-teste, conforme ilustrado na Figura 13 e descrito a seguir.

Figura 13-Fluxograma do Aplicativo



3.2 Etapa 1 – Preparação

Fonte: Adaptado Ana 2016.

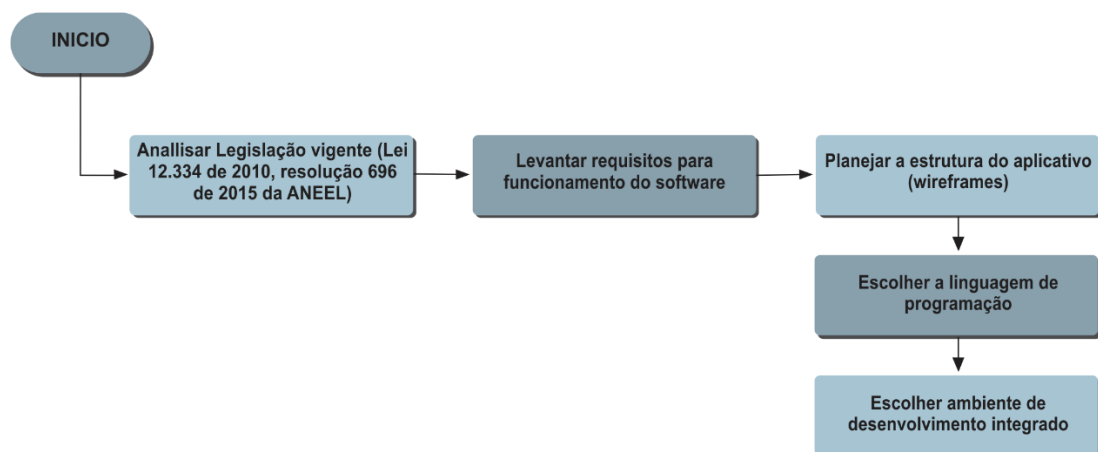
Os estudos tiveram início no estudo da Lei de Segurança de Barragens do Brasil, Lei nº 12.334 de 2010 e, da Resolução nº 696 de 2015 da ANEEL. Logo em seguida um estudo focado no manual do empreendedor sobre segurança de barragens ANA (2016), desta forma consolidar o entendimento e os deveres no que condiz inspeções de barragens e todas as documentações envolvidas no processo.

O Relatório prevê a execução de inspeções de forma dinâmica, por meio da composição do material da barragem, apontando as anomalias mais recorrentes e suas consequências, direcionando o responsável pelo processo de segurança.

Para desenvolver o aplicativo foi necessário definir as funcionalidades que iriam constitui-lo e entender os recursos a serem oferecidos de forma a atender as expectativas e necessidades dos usuários (ver Figura-14).

- Informações da barragem;
- Informações do usuário;
- Inspeções realizadas anteriormente (histórico);
- Bibliografia.

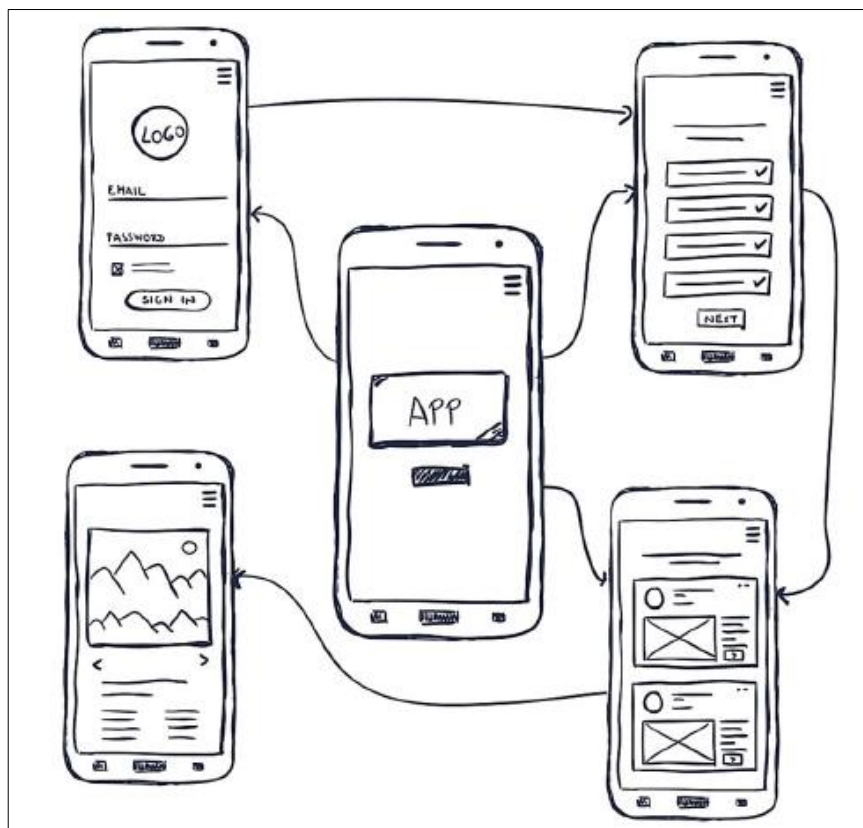
Figura 14 -Etapa 1 – Preparação



Fonte: O Autor (2020).

Em seguida foi feito a interface do aplicativo, ilustrado por meio de um desenho que apresenta os elementos que irão compor o projeto conforme a Figura 15.

Figura 15 -Esquema de um Wireframe



Fonte: Vector Stock (2019).

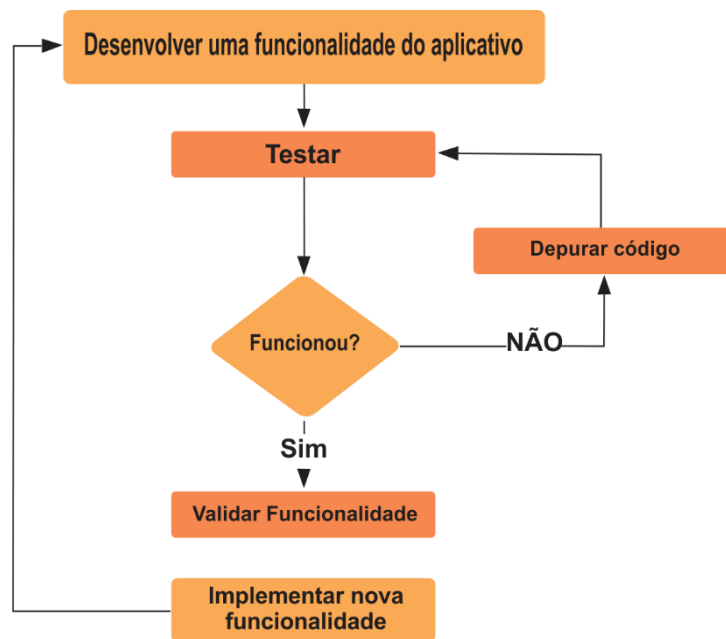
Para ajudar no desenvolvimento do protótipo além das pesquisas e análises teóricas, foram realizadas algumas conversas informais com responsáveis pela inspeção de barragens, onde se pode aprofundar o entendimento dos percalços e dificuldades no momento de realizar os processos de inspeção de forma a endossar o software e sua utilidade.

Durante esta etapa foi escolhido o ambiente de desenvolvimento integrado (IDE) sendo um dos softwares mais utilizados na construção de aplicações para a plataforma mobile. A linguagem de programação adotada foi JAVA, esta, uma das mais difundidas e utilizadas no mundo.

3.3 Etapa 2 – Desenvolvimento

A figura 16 ilustra o funcionamento principal do desenvolvimento do aplicativo que consiste em: Pesquisar, Testar e Implementar.

Figura 16 - Etapa 2 – Desenvolvimento



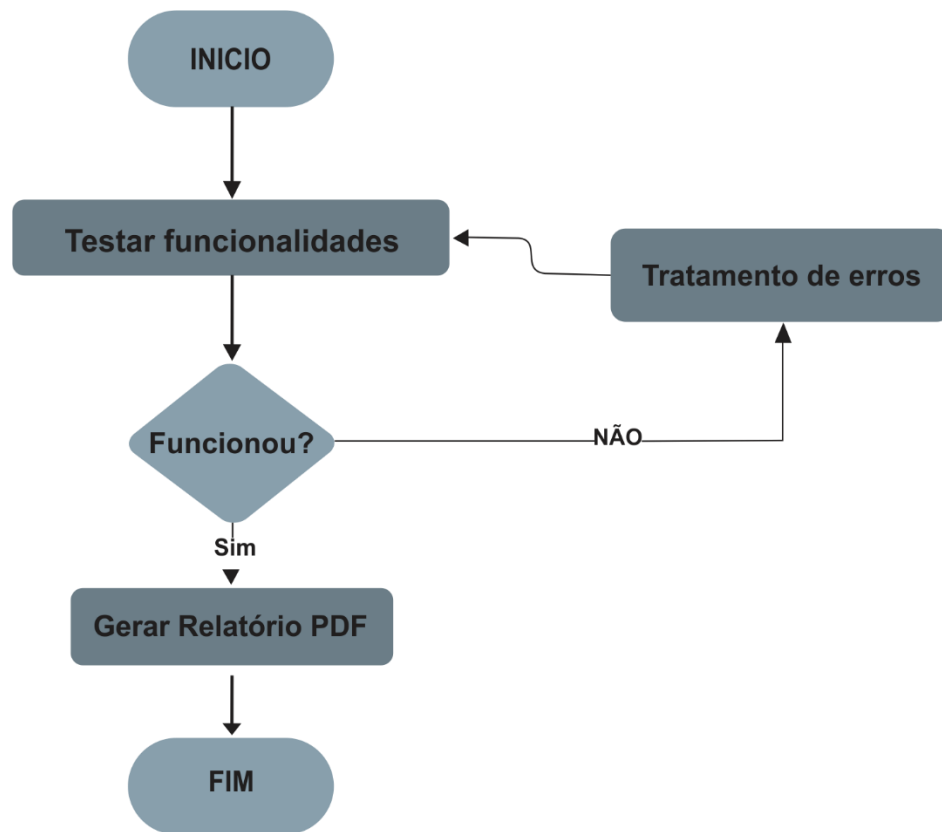
Fonte: O Autor (2020).

Nesta etapa pesquisou-se sobre tecnologias que permitisse o desenvolvimento das funções presentes no aplicativo: informações da barragem, informações do usuário, inspeções realizadas anteriormente (histórico) e bibliografia. Então, colocou-se em prática os estudos para desenvolver determinada funcionalidade, testando para verificar e validar seu funcionamento.

3.4 Etapa 3 – Pré-teste

A Figura 17 apresenta a fase de pré-teste, demonstrando que após o preenchimento do formulário de inspeção de barragem, verifica-se se o funcionamento está correto, para então emitir o relatório.

Figura 17 - Etapa 3 - Pré teste



Fonte: O Autor (2020).

Este pré-teste, com o preenchimento do formulário de inspeção de barragem tem a finalidade de identificar o funcionamento durante a experiência do usuário, logo em seguida a emissão do relatório do formulário preenchido.

Ressalta-se que a linguagem utilizada para o desenvolvimento do aplicativo foi o Android Studio, já que dentro das várias linguagens de programação disponíveis, essa foi a mais compatível para o desenvolvimento do trabalho. Assim para testar o aparelho, foi utilizado para uma barragem real.

CAPITULO 4

O APLICATIVO

4.1 O Produto

Neste capítulo, fala-se sobre os resultados da pesquisa a qual constitui o desenvolvimento do aplicativo, as funcionalidades desenvolvidas para o aplicativo ISB (Inspeção de Segurança de Barragem), apresentando as suas respectivas telas, assim como da criação do logotipo e do processo de instalação do App em dispositivos móveis.

4.2 Logotipo do APP

Este tópico trata sobre a simbologia do logotipo confeccionado para representar graficamente o aplicativo de inspeção de barragens proposto neste projeto. O mesmo foi desenvolvido em prancheta eletrônica, via ferramenta CAD, e após concluído foi convertido em imagem vetorial. Assim na Figura 18 abaixo é descrito o logotipo do aplicativo ISB.

Figura 18 - Logotipo do aplicativo ISB



- **Lupa:** simboliza o ato de inspecionar;
- **Barragem:** simboliza as barragens, objeto da inspeção;
- **Água:** simboliza o material armazenado a montante do barramento;
- **ISB:** significa abreviação de Inspeção de Segurança de Barragens.

4.3 Instalação

Em relação a instalação do aplicativo, qualquer pessoa com acesso a internet, poderá fazer o download do através da loja do Play Store, podendo baixar e instalar no tablet ou no celular, sendo que o processo de instalação é bem simples não requer preenchimento de dados pessoais ou pagamento para poder usá-lo.

4.4 Tela De Abertura

O aplicativo é um software – aplicativo, estruturado pela plataforma JAVA, posteriormente sendo compilado para ser utilizado em dispositivos Android. A tela de abertura, mostrada na Figura 19, surge logo após clicar no ícone do App (Figura 19a) para inicializar o aplicativo e precede o carregamento dos Sliders, que são apresentados mais adiante. (Android e IOS) aumentando a praticidade de sua utilização.

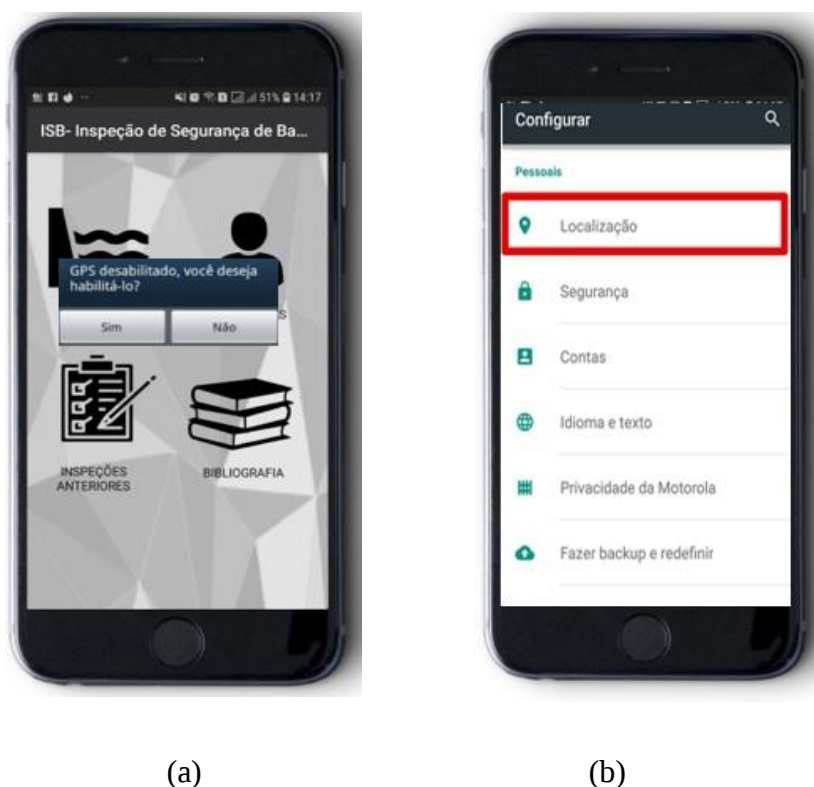
Figura 19- (a) Tela com o ícone do App; (b) Tela inicial com o ícone do App



Fonte: O Autor (2020).

Como se verifica na Figura 20(a), há uma mensagem de alerta caso o usuário inicialize o APP sem a função GPS. Caso seja escolhido “SIM”, habilitará imediatamente a função. Caso escolha a opção “NÃO”, o mesmo continuará navegando pelo aplicativo, mas sem esta importante função de coordenadas. Logo é interessante que habilite a função como na Figura 20 b.

Figura 20 –Tela do aplicativo com mensagem de aviso para habilitação do GPS; (a) Tela com configuração para habilitação do GPS, (b).



Fonte: O Autor (2020).

4.5 Cadastro e login

Na Figura 20 são apresentados os menus iniciais do aplicativo ISB. Para utilizá-lo é preciso cadastrar-se e efetuar LOGIN. Não possuindo cadastro, o usuário deverá realizá-lo através de um e-mail válido. Ao finalizar o cadastro com sucesso, o usuário é autenticado e direcionado imediatamente para a tela inicial do App. Caso tenha feito cadastro anteriormente, o usuário poderá escolher a opção “Já tenho conta” e efetuar o *login* (Figura 21). Este procedimento é necessário uma única vez, no primeiro acesso. Contudo, caso seja feito *logout* do aplicativo, será preciso efetuar *login* novamente.

Figura 21- Tela de cadastro



Fonte: O Autor (2020).

4.6 A tela inicial

Logo após efetuar o *login*, o usuário terá acesso à tela principal do protótipo com suas principais funções. Figura 22 – Tela de Menu. Ela mostra botões harmônicos que permitem um melhor entendimento do usuário para suas necessidades. O App possui também um layout ergonômico e amigável com boa capacidade de interagir com os responsáveis pelo processo de inspeção. Isso é fundamental para o sucesso e utilização correta da ferramenta.

Figura 22– Tela de Menu



Fonte: O Autor (2020)

Conforme o observado na Figura 22, a tela de menus apresenta as seguintes informações: “Barragens, Minhas Informações, Inspeções Anteriores e Bibliografia”. Se a opção for “Barragens” aparecerá à tela com os itens ‘Barragens de Terra, Concreto, Usinas Hidrelétricas e BEFC’’. Optando por “Minhas Informações”, aparecerá informações da barragem como nome do responsável pela inspeção, número do conselho e cargo/instituição. Em “Bibliografia”, poderá ter acesso a legislações como a Lei 12.334, Guia de Orientação e formulários Para Inspeções de Segurança de Barragem, além das resoluções da ANA, ANM, ANEEL e IBAMA, bem como informações relevantes para o preenchimento do APP.

E por fim, umas das funções mais interessantes é o acesso a “Inspeções Anteriores”. As barragens são organismos dinâmicos sujeitos a mudanças tanto por ações naturais quanto antrópicas. Desta forma, esta função torna-se importante, pois a gestão da informação coletada e armazenada permitirá que outras pessoas possam fazer um comparativo entre os “Relatório de Inspeção” armazenados durante o ciclo de vida do barramento, permitirá comparar eventuais anomalias presentes e verificar o período de seu aparecimento e evolução, além de comparar a “Magnitude” e o “Nível de Perigo”.

4.6.1 Informações requeridas nas telas subsequentes

Optando pela escolha “Barragens de Terra”, uma sequência de “Fichas de inspeção de Segurança” aparecerá para o preenchimento, são elas:

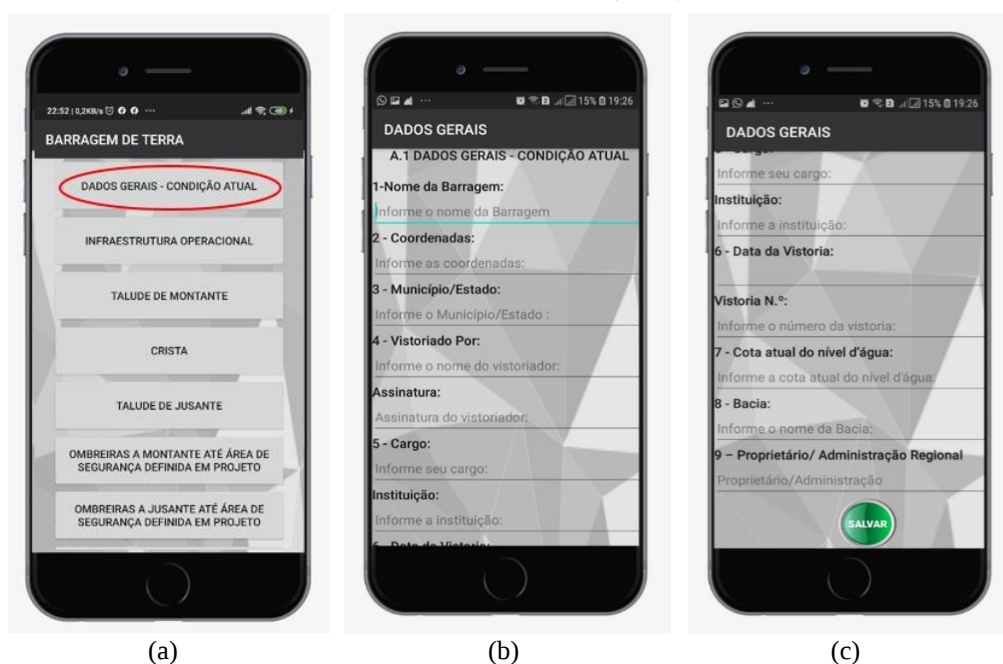
1. Dados Gerais – Condição Atual

2. Infraestrutura Operacional
3. Tela de Menu (Tipos de Barragens)
4. Talude de Montante
5. Crista
6. Talude de Jusante
7. Obreiras a Montante até a Área de Segurança Definida em Projeto
8. Obreiras a Jusante até a Área de Segurança Definida em Projeto
9. Instrumentação
10. Canais de Aproximação e Restituição
11. Estrutura de Fixação da Cota Soleira
12. Bacia de Dissipação
13. Muros/Diques Laterais
14. Comportas do Vertedouro
15. Reservatório
16. Entrada
17. Acionamento de Comportas
18. Comportas
19. Estrutura da Torre da Tomada de Água
20. Boca de Montante (Entrada e Stop Log)
21. Galeria de Fundo
22. Estrutura de Saída de Galeria
23. Medidor de Vazão
24. Estrada de Acesso
25. Ponte

Nas Figuras 23 e 24, as telas geradas pelo App com visualização simples contrastam com o método de inspeção tradicional e ainda permitem fácil entendimento e utilização, onde o usuário por meio de toques seleciona as funções desejadas e utiliza os artifícios que o aplicativo oferece. A inspeção inicia-se com o preenchimento dos “Dados Gerais – Condição Atual” e “Infraestrutura Operacional”, as quais requerem todas as informações solicitadas nas Fichas A.1. e A.2. do Guia de orientação e formulário de inspeção de segurança de barragens da ANA.

Figura 23– Telas – (a), (b) e (c) Tela A.1. Dados Gerais – Condição Atual

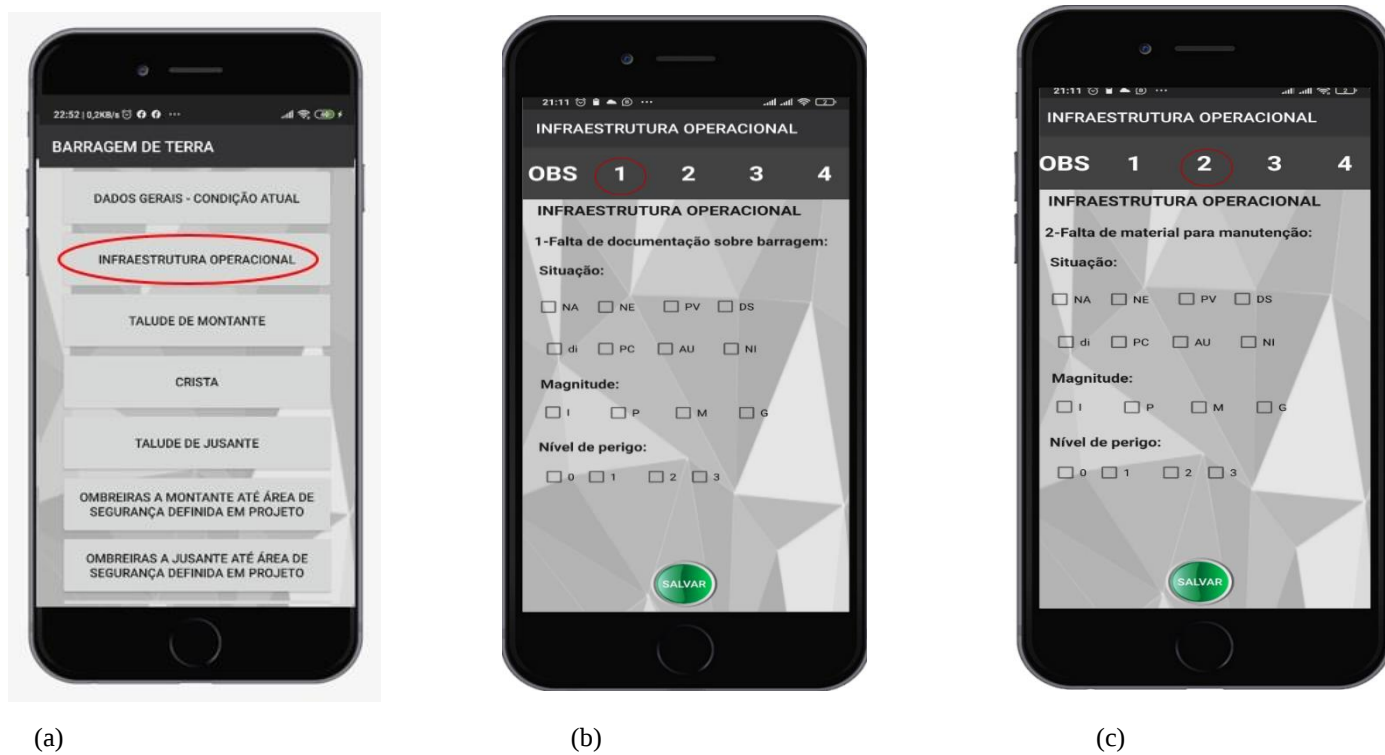
Fonte: Autor (2020).



O aplicativo, torna prática a ação, otimiza o processo tornando-o mais seguro e dinâmico, salvando alterações mediante preenchimento, além de possibilitar o acesso remoto em outro aparelho em caso de preferência ou perda. Na figura 24 consta uma sequência de tela correspondente a infraestrutura operacional que no guia de inspeção, refere-se ao item A.2. O

preenchimento consiste em marcar as colunas correspondentes à Situação, Magnitude e Nível de perigo no local indicado.

Figura 24– Telas referentes ao preenchimento da ficha para infraestrutura operacional



21:11

INFRAESTRUTURA OPERACIONAL

OBS 1 2 **3** 4

INFRAESTRUTURA OPERACIONAL

3-Falta de treinamento do pessoal:

Situação:

☐ NA ☐ NE ☐ PV ☐ DS

☐ di ☐ PC ☐ AU ☐ NI

Magnitude:

☐ I ☐ P ☐ M ☐ G

Nível de perigo:

☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3

SALVAR

e)

21:11

INFRAESTRUTURA OPERACIONAL

2 3 **4** 5 6

INFRAESTRUTURA OPERACIONAL

4-Precariedade de acesso de veículos:

Situação:

☐ NA ☐ NE ☐ PV ☐ DS

☐ di ☐ PC ☐ AU ☐ NI

Magnitude:

☐ I ☐ P ☐ M ☐ G

Nível de perigo:

☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3

SALVAR

f)

21:11

INFRAESTRUTURA OPERACIONAL

2 3 4 **5** 6

INFRAESTRUTURA OPERACIONAL

5-Falta de energia elétrica:

Situação:

☐ NA ☐ NE ☐ PV ☐ DS

☐ di ☐ PC ☐ AU ☐ NI

Magnitude:

☐ I ☐ P ☐ M ☐ G

Nível de perigo:

☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3

SALVAR

(f)

21:11

INFRAESTRUTURA OPERACIONAL

4 5 **6** 7 8

INFRAESTRUTURA OPERACIONAL

6-Falta de sistema de comunicação eficiente:

Situação:

☐ NA ☐ NE ☐ PV ☐ DS

☐ di ☐ PC ☐ AU ☐ NI

Magnitude:

☐ I ☐ P ☐ M ☐ G

Nível de perigo:

☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3

SALVAR

(g)

21:11

INFRAESTRUTURA OPERACIONAL

5 6 **7** 8 9

INFRAESTRUTURA OPERACIONAL

7-Falta ou deficiência de cercas de proteção:

Situação:

☐ NA ☐ NE ☒ PV ☐ DS

☐ di ☐ PC ☐ AU ☐ NI

Magnitude:

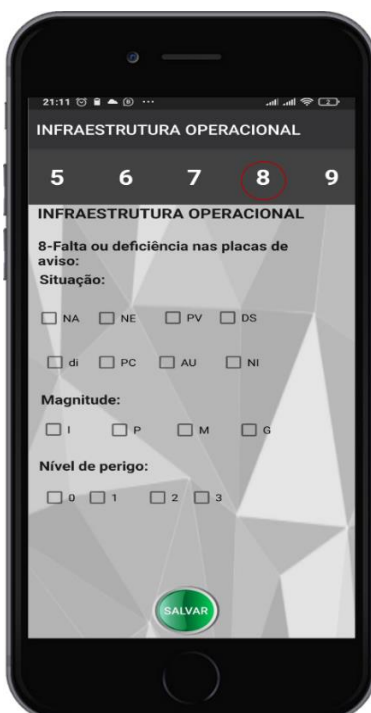
☐ I ☐ P ☐ M ☐ G

Nível de perigo:

☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3

SALVAR

(h)



(i)



(j)



(k)

Fonte: O autor (2020).

CAPÍTULO 5

VALIDAÇÃO DO APLICATIVO

5.1 Característica da barragem

Após o desenvolvimento do aplicativo, foi realizada aplicação prática em uma barragem de terra visando cumprir a etapa de validação do App.

A barragem escolhida foi a do Igarapé Ilha do Coco de nº 01, que está localizada nas coordenadas 06°5'17,36" de Latitude Sul e 49°50'43,17" de longitude Oeste, ao longo das margens de igarapé Ilha do Coco, efluente do Rio Parauapebas, município de Parauapebas/Pará. O empreendimento encontra-se na zona urbana da cidade as margens da Rodovia PA – 275 (Curionópolis – Parauapebas) e da estrada de ferro Carajás.

A Figura 25 apresenta a localização espacial do barramento, nota-se a existência de três barramentos em série no Igarapé Ilha do Coco, denominados barramento 01, 02 e 03. Para execução desse ensaio foi escolhido o barramento de número 01.

Figura 25 - Localização espacial do barramento



Fonte: Autor (2020).

5.2 Característica técnica do barramento

A Tabela 3 apresenta as características do barramento do Igarapé Ilha do Coco 01, obtidas a partir de consulta ao Sistema Nacional Informação e Segurança de Barragens – SNISB, na data 25 de dezembro de 2020. Observou-se que os dados se encontram desatualizados e com poucas informações.

Tabela 3 - Cadastro técnico do barramento do Igarapé Ilha do Coco 01

Código SNISB:	3798
ID da barragem – Fiscalizador:	Sem informação

Nome da Barragem:	Barramento 01
Nome Secundário:	-
Altura – Fundação:	-
Altura – Terreno:	3,00
Capacidade Total (hm³):	0,24
Uso Principal:	Recreação
Latitude:	-6,09
Longitude:	-49,85
Categoria de Risco:	Alto
Dano Potencial Associado:	Alto
Regulada:	Sim
Empreendedor:	Nova Carajás Construções e Incorporações LTDA.
UF:	PA
Município:	PARAUAPEBAS
Fiscalizador:	PA - Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade - SEMAS
Autorização:	2697/2016
Bacia:	-
Região Hidrográfica:	Região Hidrográfica do TOCANTINS-ARAGUAIA
Possui PAE:	-
Possui Plano de Segurança:	-
Data da Última Inspeção:	-

Fonte: ANA (2020).

O lago possui área de 157.599m², perímetro de 3.193,44m e volume aproximado de 240.000m³. A estrutura corresponde a uma barragem de terra homogênea sem sistema de drenagem interno, com altura de 3,00 m, comprimento de crista de 110,00 m e sua largura variando entre 12 e 18,00 m. Para os taludes de montante a inclinação varia de 1 na vertical para 3,0 na horizontal (1V: 3H) a 1 na vertical para 3,5 na horizontal (1V: 3,5H). Para os taludes de jusante a inclinação pode variar de 1 na vertical para 2,5 na horizontal (1V: 2,5H) a 1 na vertical para 3 na horizontal (1V: 3H).

5.3 Preenchimento do formulário

Com as informações obtidas com o empreendedor e no SNISB (Sistema Nacional de Informações Sobre Segurança de Barragens) 12 de maio 2020, a inspeção foi realizada de forma convencional, conforme o manual de inspeção de segurança de Barragens e através do App. O relatório de inspeção obtido pela forma convencional, encontra-se no anexo I. A inspeção através do App, foi realizada seguindo a seguinte sequência de preenchimento: Iniciar, Barragens, Barragem de Terra, Dados Gerais – condição Atual, Infraestrutura Operacional. Inseridas essas informações básicas que são comuns a todas as barragens, optou-se pelo tipo de barragem a ser inspecionada. O empreendimento é predominantemente barragem de terra do tipo homogênea, logo foi escolhido o menu barragem de Terra, como ilustrado na Figura 26.

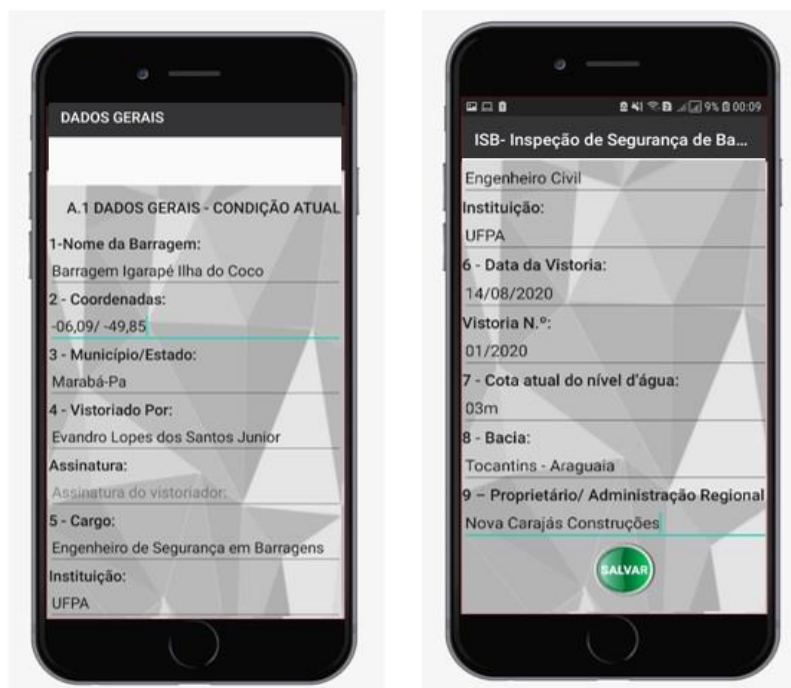
Figura 26 - Tela de Menu (Tipos de barragens)



As Figuras 27 e 28 apresentam o preenchimento das telas correspondentes as] Fonte: O Autor (2020) ção Atual e A.2. Ficha para infraestrutura operacional do Manual do Empreendedor sobre Segurança de Barragens – volume 2: guia de orientação e formulários para inspeção de segurança de barragens da ANA.

O preenchimento do item A.2 é feito selecionando as opções correspondentes a situação (NA, NE, PV, DS, DI, PC, AU ou NI) e magnitude (I, P, M ou G).

Figura 27- (a) A.1. Dados Gerais - Condição Atual (Teste)



DADOS GERAIS

A.1 DADOS GERAIS - CONDIÇÃO ATUAL

1- Nome da Barragem:
Barragem Igarapé Ilha do Coco

2 - Coordenadas:
-06,09/ -49,85

3 - Município/Estado:
Marabá-Pa

4 - Vistoriado Por:
Evandro Lopes dos Santos Junior

Assinatura:
Assinatura do vistoriador.

5 - Cargo:
Engenheiro de Segurança em Barragens

Instituição:
UFPA

ISB- Inspeção de Segurança de Ba...

Engenheiro Civil

Instituição:
UFPA

6 - Data da Vistoria:
14/08/2020

Vistoria N.º:
01/2020

7 - Cota atual do nível d'água:
03m

8 - Bacia:
Tocantins - Araguaia

9 - Proprietário/ Administração Regional
Nova Carajás Construções

SALVAR

(a)

(b)

Fonte: O Autor (2020).

Figura 28 - A.2 Ficha para infraestrutura operacional (Teste)

16:03

INFRAESTRUTURA OPERACIONAL

OBS 1 2 3 4

INFRAESTRUTURA OPERACIONAL

1-Falta de documentação sobre barragem:

Situação:

☐ NA ☒ NE ☐ PV ☐ DS

☐ di ☐ PC ☐ AU ☐ NI

Magnitude:

☐ I ☐ P ☒ M ☐ G

Nível de perigo:

☐ 0 ☒ 1 ☐ 2 ☐ 3

SALVAR

a)

16:03

INFRAESTRUTURA OPERACIONAL

OBS 1 2 3 4

INFRAESTRUTURA OPERACIONAL

2-Falta de material para manutenção:

Situação:

☐ NA ☒ NE ☐ PV ☐ DS

☐ di ☐ PC ☐ AU ☐ NI

Magnitude:

☐ I ☐ P ☒ M ☐ G

Nível de perigo:

☐ 0 ☒ 1 ☐ 2 ☐ 3

SALVAR

b)

16:03

INFRAESTRUTURA OPERACIONAL

OBS 1 2 3 4

INFRAESTRUTURA OPERACIONAL

3-Falta de treinamento do pessoal:

Situação:

☐ NA ☒ NE ☐ PV ☐ DS

☐ di ☐ PC ☐ AU ☐ NI

Magnitude:

☐ I ☐ P ☒ M ☐ G

Nível de perigo:

☐ 0 ☒ 1 ☐ 2 ☐ 3

SALVAR

c)

16:04

INFRAESTRUTURA OPERACIONAL

2 3 4 5 6

INFRAESTRUTURA OPERACIONAL

4-Precariedade de acesso de veículos:

Situação:

☐ NA ☐ NE ☒ PV ☐ DS

☐ di ☐ PC ☐ AU ☐ NI

Magnitude:

☐ I ☒ P ☐ M ☐ G

Nível de perigo:

☐ 0 ☒ 1 ☐ 2 ☐ 3

SALVAR

d)

16:04

INFRAESTRUTURA OPERACIONAL

2 3 4 5 6

INFRAESTRUTURA OPERACIONAL

5-Falta de energia elétrica:

Situação:

☐ NA ☒ NE ☐ PV ☐ DS

☐ di ☐ PC ☐ AU ☐ NI

Magnitude:

☐ I ☒ P ☐ M ☐ G

Nível de perigo:

☐ 0 ☒ 1 ☐ 2 ☐ 3

SALVAR

e)

16:04

INFRAESTRUTURA OPERACIONAL

4 5 6 7 8

INFRAESTRUTURA OPERACIONAL

6-Falta de sistema de comunicação eficiente:

Situação:

☐ NA ☒ NE ☐ PV ☐ DS

☐ di ☐ PC ☐ AU ☐ NI

Magnitude:

☐ I ☒ P ☐ M ☐ G

Nível de perigo:

☐ 0 ☒ 1 ☐ 2 ☐ 3

SALVAR

f)

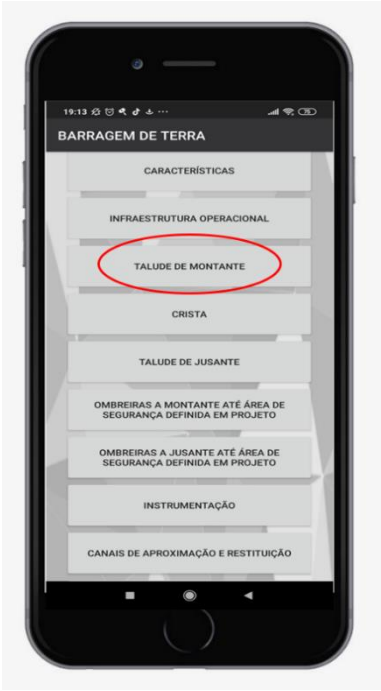


g)

Fonte: O Autor (2020).

As figuras 29 a 35 representam a inspeção realizada através da utilização do App –ISB. Os aspectos inspecionados assim como no método tradicional foram: Talude de Montante; Crista, Talude de Jusante; Ombreiras a montante até a área de segurança definida em projeto; Reservatório, Estruturas auxiliares (Comportas do Vertedouro) e Instrumentação.

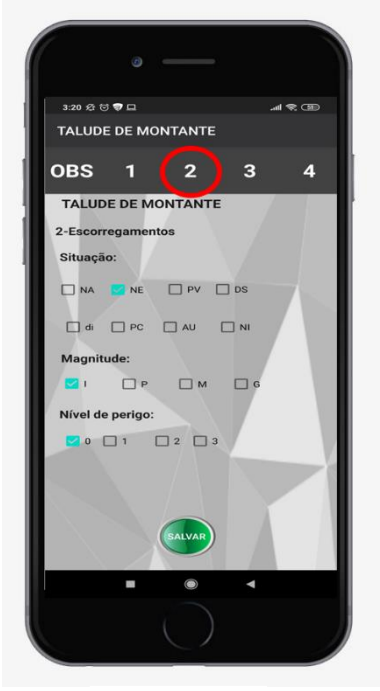
Figura 29-Ficha de inspeção de Barragem de Terra (Talude de Montante)



a)



b)



c)



d)

TALUDE DE MONTANTE

2 3 **4** 5 6

TALUDE DE MONTANTE

4-Rip-rap incompleto, destruído ou deslocado

Situação:

☐ NA ☐ NE ☐ PV ☐ DS

☐ di ☐ PC ☒ AU ☐ NI

Magnitude:

☐ I ☐ P ☒ M ☐ G

Nível de perigo:

☒ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3

SALVAR

e)

TALUDE DE MONTANTE

2 3 4 **5** 6

TALUDE DE MONTANTE

5-Afundamentos e buracos

Situação:

☐ NA ☒ NE ☐ PV ☐ DS

☐ di ☐ PC ☐ AU ☐ NI

Magnitude:

☒ I ☐ P ☐ M ☐ G

Nível de perigo:

☒ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3

SALVAR

f)

TALUDE DE MONTANTE

5 **6** 7 8 9

TALUDE DE MONTANTE

6-Árvores e arbustos

Situação:

☐ NA ☐ NE ☐ PV ☐ DS

☐ di ☐ PC ☒ AU ☐ NI

Magnitude:

☒ I ☐ P ☐ M ☐ G

Nível de perigo:

☒ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3

SALVAR

g)

TALUDE DE MONTANTE

5 6 **7** 8 9

TALUDE DE MONTANTE

7-Erosão nos encontros das ombreiras

Situação:

☐ NA ☐ NE ☐ PV ☐ DS

☐ di ☐ PC ☒ AU ☐ NI

Magnitude:

☐ I ☐ P ☒ M ☐ G

Nível de perigo:

☐ 0 ☒ 1 ☐ 2 ☐ 3

SALVAR

h)

TALUDE DE MONTANTE

5 6 7 **8** 9

TALUDE DE MONTANTE

8-Formigueiros, cupinzeiros ou tocas de animais

Situação:

☐ NA ☐ NE ☒ PV ☐ DS

☐ di ☐ PC ☐ AU ☐ NI

Magnitude:

☒ I ☐ P ☐ M ☐ G

Nível de perigo:

☒ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3

SALVAR

i)

TALUDE DE MONTANTE

5 6 7 8 **9**

TALUDE DE MONTANTE

9-Deslocamento de blocos de rocha pelo efeito de onda

Situação:

☐ NA ☒ NE ☐ PV ☐ DS

☐ di ☐ PC ☐ AU ☐ NI

Magnitude:

☒ I ☐ P ☐ M ☐ G

Nível de perigo:

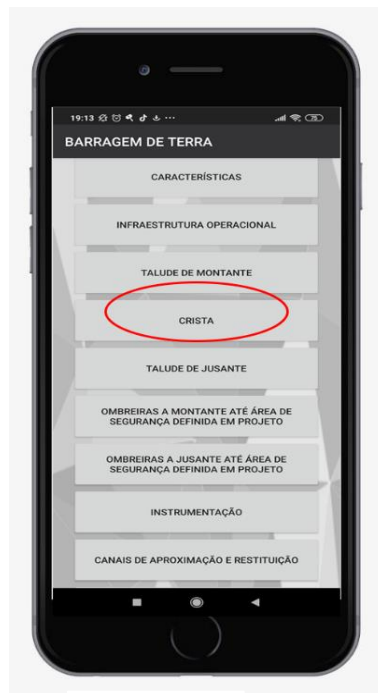
☒ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3

SALVAR

j)

Fonte: O Autor (2020).

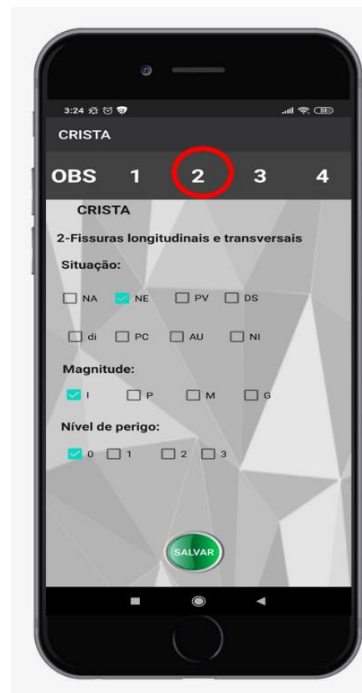
Figura 30- Ficha de inspeção de Barragem “Crista”



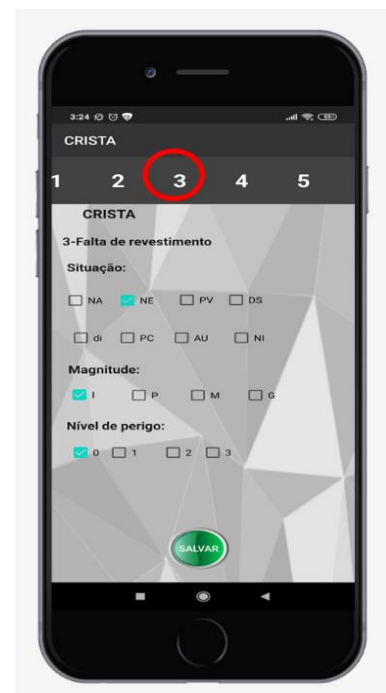
a)



b)



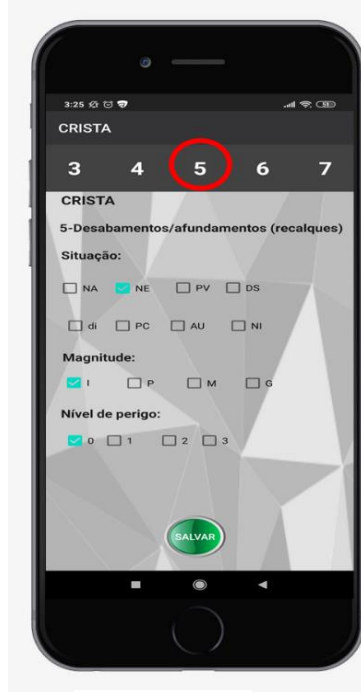
c)



d)



e)



f)



g)



h)



i)



j)



h)



i)

Fonte: O Autor (2020).

Figura 31-Ficha de inspeção de Barragem de Terra (Talude de Jusante)



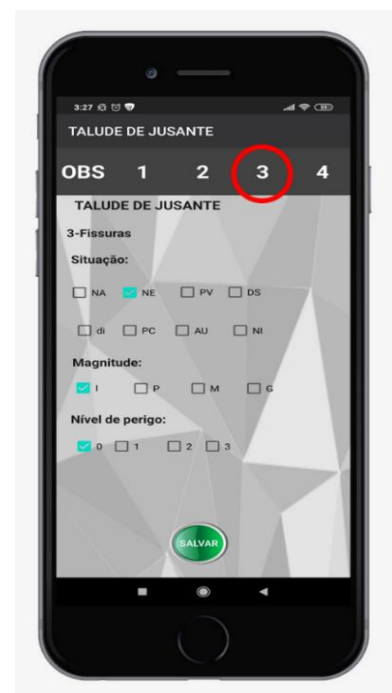
a)



b)



c)



d)



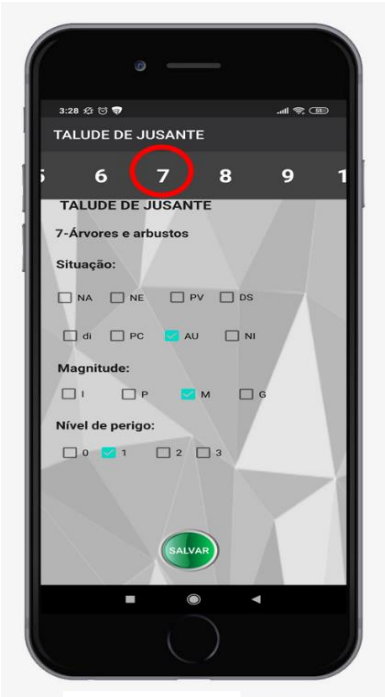
e)



f)



g)



h)



i)



j)



k)



l)

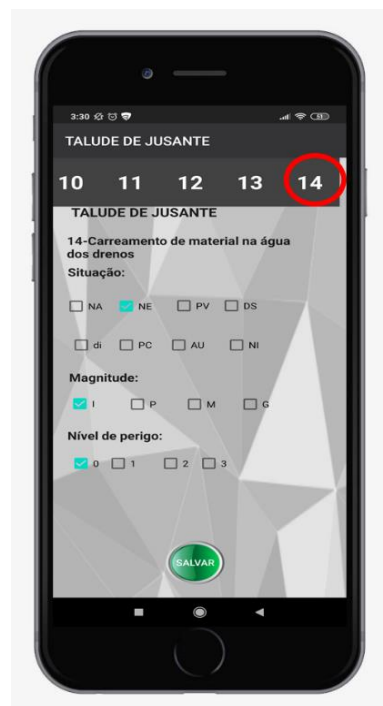


m)



n)

Fonte: O Autor (2020).

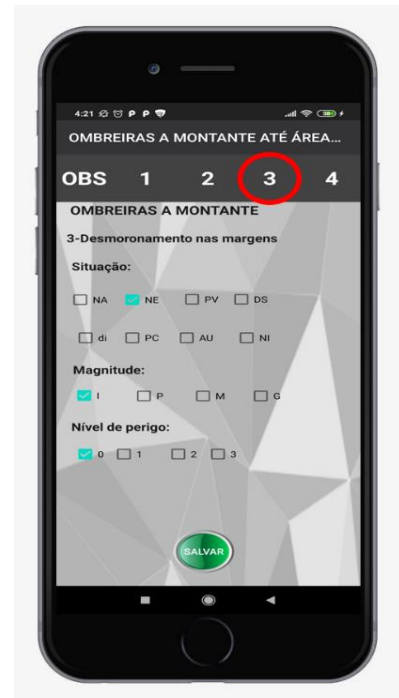


o)

Figura 32-Subseção Ombreiras a Montante até a área de Segurança Definida em Projeto



a)



c)

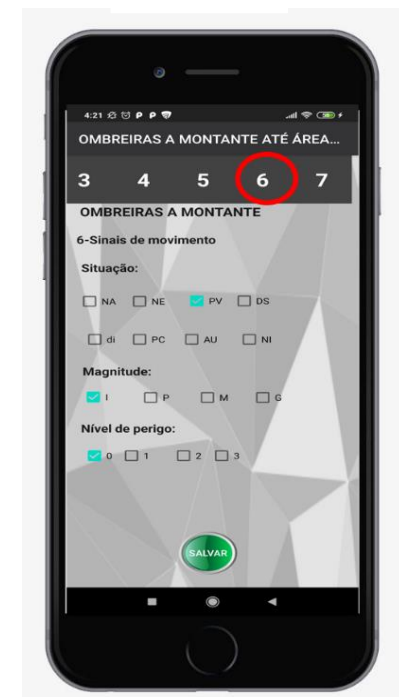
d)



e)



f)



g)

Fonte: O Autor (2020).

Figura 33- Tela de Inspeção: Reservatório



a)



b)



c)



d)

19:51

RESERVATÓRIO

1 2 3 **4** 5

RESERVATÓRIO

4-Indícios de má qualidade da água

Situação:

☐ NA ☐ NE ☒ PV ☐ DS

☐ di ☐ PC ☐ AU ☐ NI

Magnitude:

☒ I ☐ P ☐ M ☐ G

Nível de perigo:

☒ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3

SALVAR

e)

19:51

RESERVATÓRIO

3 4 **5** 6 7

RESERVATÓRIO

5-Erosões

Situação:

☐ NA ☐ NE ☒ PV ☐ DS

☐ di ☐ PC ☐ AU ☐ NI

Magnitude:

☒ I ☐ P ☐ M ☐ G

Nível de perigo:

☒ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3

SALVAR

f)

19:51

RESERVATÓRIO

4 5 **6** 7 8

RESERVATÓRIO

6-Assoreamento

Situação:

☐ NA ☐ NE ☐ PV ☐ DS

☐ di ☐ PC ☒ AU ☐ NI

Magnitude:

☐ I ☒ P ☐ M ☐ G

Nível de perigo:

☒ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3

SALVAR

g)

19:51

RESERVATÓRIO

6 **7** 8 9 10

RESERVATÓRIO

7-Desmoronamento das margens

Situação:

☐ NA ☐ NE ☐ PV ☐ DS

☐ di ☐ PC ☒ AU ☐ NI

Magnitude:

☐ I ☒ P ☐ M ☐ G

Nível de perigo:

☒ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3

SALVAR

h)

19:51

RESERVATÓRIO

6 7 **8** 9 10

RESERVATÓRIO

8-Existência de vegetação aquática excessiva

Situação:

☐ NA ☒ NE ☐ PV ☐ DS

☐ di ☐ PC ☐ AU ☐ NI

Magnitude:

☒ I ☐ P ☐ M ☐ G

Nível de perigo:

☒ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3

SALVAR

i)

19:52

RESERVATÓRIO

6 7 8 **9** 10

RESERVATÓRIO

9-Desmatamentos na área de proteção

Situação:

☐ NA ☒ NE ☐ PV ☐ DS

☐ di ☐ PC ☐ AU ☐ NI

Magnitude:

☒ I ☐ P ☐ M ☐ G

Nível de perigo:

☒ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3

SALVAR

j)



k)

Fonte: O Autor (2020).

Figura 34-Estrutura Auxiliares Comportas Do Vertedouro



a)

19:58

COMPORTAS DO VERTEDOURO

OBS 1 2 3 4

COMPORTAS DO VERTEDOURO

1-Peças fixas (corrosão, amassamento da guia e falha na pintura)

Situação:

☐ NA ☐ NE ☒ PV ☐ DS

☐ di ☐ PC ☐ AU ☐ NI

Magnitude:

☐ I ☐ P ☒ M ☐ G

Nível de perigo:

☐ 0 ☐ 1 ☒ 2 ☐ 3

SALVAR

b)

19:59

COMPORTAS DO VERTEDOURO

OBS 1 2 3 4

COMPORTAS DO VERTEDOURO

2-Estrutura (corrosão, amassamento e falha na pintura)

Situação:

☐ NA ☐ NE ☒ PV ☐ DS

☐ di ☐ PC ☐ AU ☐ NI

Magnitude:

☐ I ☐ P ☒ M ☐ G

Nível de perigo:

☐ 0 ☐ 1 ☒ 2 ☐ 3

SALVAR

c)

19:59

COMPORTAS DO VERTEDOURO

OBS 1 2 3 4

COMPORTAS DO VERTEDOURO

3-Defeito das vedações (vazamento)

Situação:

☐ NA ☐ NE ☒ PV ☐ DS

☐ di ☐ PC ☐ AU ☐ NI

Magnitude:

☐ I ☐ P ☒ M ☐ G

Nível de perigo:

☐ 0 ☐ 1 ☒ 2 ☐ 3

SALVAR

d)

b)

d)

e)

f)

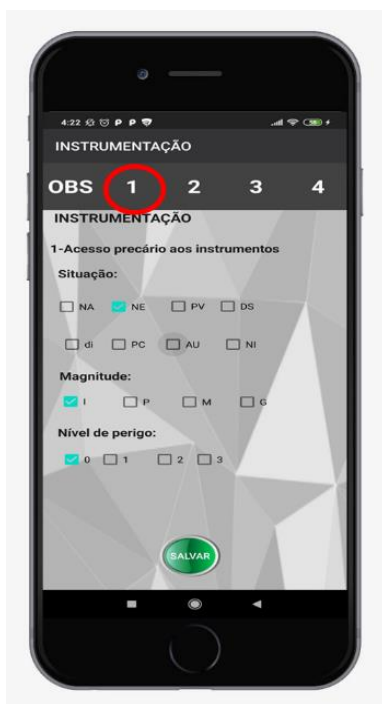
g)

h)

i)



j)



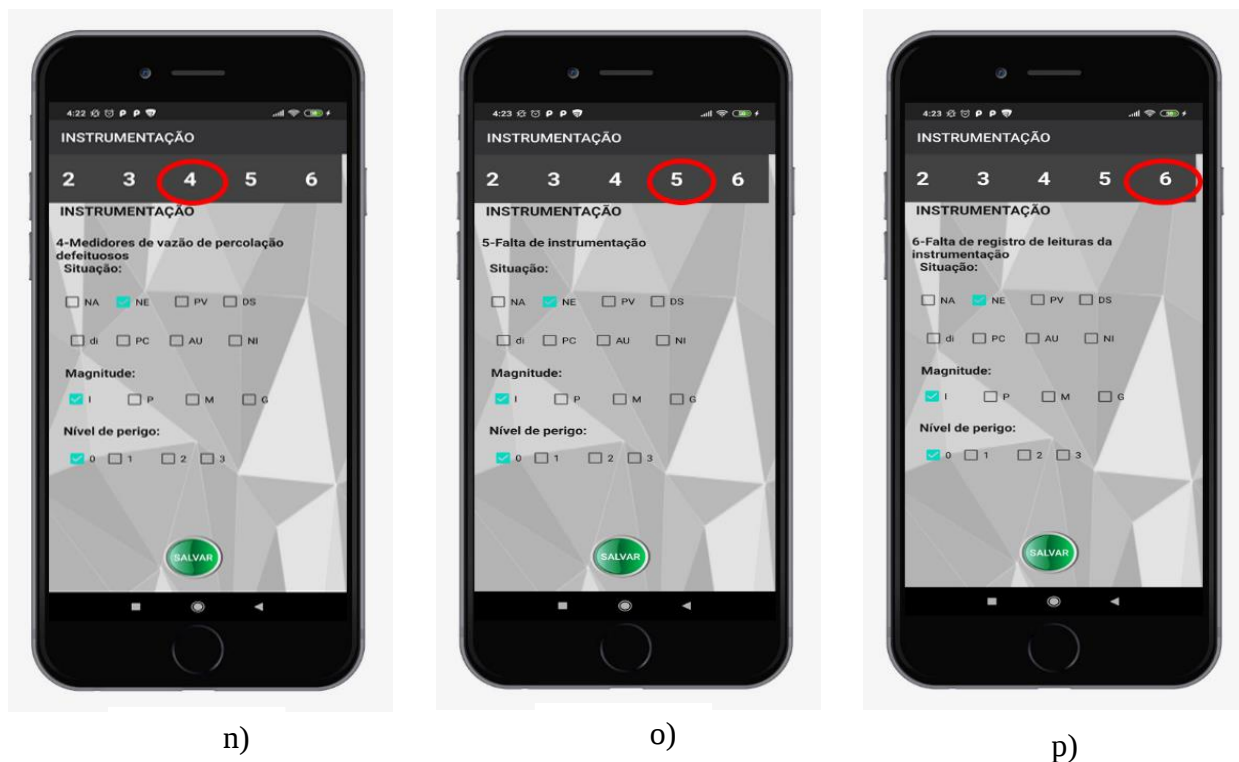
k)



l)



m)



Fonte: O Autor (2020).

5.6 Emissão do relatório de inspeção de barragens

Após o preenchimento das fichas de inspeção através do App ISB – Inspeção de Segurança em barragens, em uma tela de visualização ISB é apresentado ao usuário todas as informações coletadas sobre o barramento em questão, sendo possível revisar o preenchimento e gerar o relatório em PDF, ver Figura 35. Desse modo, conferidas as informações da barragem inspecionada foi gerado o relatório “Inspeção da Barragem Ilha do Coco 001/2020”, apresentada no Anexo B.

Figura 35 - Tela com a opção gerar relatório em formato PDF e Compartilhar PDF.



Fonte: O Autor (2020).

5.5 Resultados de desempenho do app

O teste realizado com o exemplo prático, barragem 01(Igarapé Ilha do Coco), teve boa resposta do aplicativo ISB – Inspeção de Segurança em Barragens em relação aos quesitos: tempo, carga, armazenamento e segurança dos dados. Em relação ao tempo, a duração da inspeção de forma tradicional em toda a extensão do barramento se dá em torno de duas horas e meia (informação verbal). Com a utilização do APP, o tempo de inspeção foi de uma hora, bem mais eficiente, deixando mais tempo para que a equipe técnica possa fazer uma verificação mais criteriosa no levantamento dos dados brutos em campo e/ou no tratamento das destes *ex situ*. No quesito carga, na maneira habitual, o inspetor leva uma diversidade de materiais como: Pranchetas, GPS (Global Positioning System – Sistema de Posicionamento Global), trenas, calhamaço de papéis, canetas, lápis, marca texto, etc. Já com o aplicativo ISB é necessário apenas um dispositivo móvel com sistema operacional Android (celular ou tablet), diminuindo assim o aparato a ser transportado. Isso dá mais mobilidade e facilidade para o inspetor e/ou a equipe na realização do trabalho de inspeção, principalmente em lugares de difícil acesso. Além

disso, o aplicativo IBS se destaca, principalmente quando o critério é armazenamento e segurança de dados. Na inspeção convencional, há a possibilidade de escrever dados errados, ou mesmo esquecer de anotar algum parâmetro, além da possibilidade destes dados serem perdidos, molhados e rasurados. Por outro lado, o software de inspeção IBS, além da facilidade da coleta dados através de sua interface, que é auto sugestiva, também possui o armazenamento de dados em nuvem em tempo real. Na impossibilidade do sinal de internet, o aplicativo possui armazenamento de dados *offline*, apresentando assim uma maior segurança na obtenção e proteção dos dados, mitigando assim o risco na perda de informações.

Entre as dificuldades enfrentadas na utilização do IBS, destacam-se os critérios de desempenho e apresentação de resultados. Em relação ao primeiro quesito, uma vez que o software foi idealizado visando abarcar os principais tipos de barragens descritos no Manual do Empreendedor Sobre Segurança de Barragens (ANA, 2016), ele ficou pesado, ou seja, seu funcionamento ocupa muito espaço na memória RAM do dispositivo mobile, principalmente dos aparelhos mais antigos. Isso levou alguns aparelhos mobile a não conseguirem reproduzir os comandos exigidos, não respondendo e, conseqüentemente, travando. Nos dispositivos mais antigos, como alguns celulares, o programa apresentou erros constantes na hora do salvamento dos dados. Já no critério de apresentação de resultados, a maior dificuldade foi a geração do relatório final no formato pdf. A solução encontrada foi a transferência dos dados coletados para um servidor. Cabe ressaltar também, que esta primeira versão do IBS ainda não possui a ferramenta de apresentação dos dados coletados de forma gráfica nem a funcionalidade para exportação de dados para serem manipulados em softwares externos.

CAPITULO 6

6.1 CONCLUSÃO

A utilização do aplicativo ISB em dispositivos móveis apresentou um resultado satisfatório na rotina de inspeção de segurança realizada barragem Igarapé Ilha do Coco. Sua utilização trouxe agilidade e mobilidade no processo de inspeção através do ganho de tempo, do alívio de carga, melhoramento da coleta, armazenamento e proteção de dados. Através das funções desenvolvidas no aplicativo, o responsável pela inspeção e/ ou a equipe poderão realizar todo o processo de vistoria de forma mais eficiente, bem como terão à disposição um banco de dados atualizados, armazenados em um servidor, que auxiliará na tomada de decisões por parte da diretoria da barragem.

É importante frisar que, tanto o trabalho de inspeção em campo quanto o processo comparativo de avaliação dos dados feitos entre aplicativo e método convencional foram dificultados pelos seguintes fatores: acesso à barragem, escassez de documentos do histórico das inspeções e o acesso ao documento do projeto da barragem. Ainda com estes percalços, a proposta de desenvolvimento e utilização deste aplicativo em dispositivos mobile visando tornar o processo de inspeção mais dinâmico, rápido e seguro, foi alcançada com êxito.

6.2 SUGESTÕES

Almeja-se que a utilização do aplicativo possa estimular empreendedores a realizar de maneira mais eficiente suas inspeções e que, os diversos dados de inspeções de barragens possam contribuir para a construção de banco de dados oriundos do compartilhamento de relatórios gerados pelo App. Isto permitiria, a pesquisadores da área de segurança de barragens a realização de diversos estudos relevantes, tais como: Identificar e comparar anomalias recorrentes, índice pluviométricos e leituras de equipamentos instalados no corpo da barragem.

Espera-se que, um melhoramento do desempenho do App. a partir da fragmentação deste de modo a se adequar à realidade de cada barragem. Desta forma, o software poderá ficar mais leve, possuindo uma maior facilidade para a correção de outras falhas. Ressalta-se ainda, que o código fonte do presente aplicativo será aberto à comunidade científica e profissionais interessados em contribuir para o melhoramento deste projeto, através de sugestões para acréscimo de outras funcionalidades ou demais critérios a serem exigidos no checklist do IBS, adequando este software à realidade de local das inspeções de segurança em barragens.

Devido à dificuldade para a geração do relatório final no formato pdf, será desenvolvida na próxima versão do programa a funcionalidade de exportação dos dados para posterior manipulação visando o tratamento dos dados coletados em softwares externos, como as ferramentas do pacote office (Microsoft Office, Libreoffice).

Acredita-se também que, o melhoramento da apresentação dos dados, bem como de outras funcionalidades (exportação de dados), nas próximas versões do IBS, possam ser alcançados a partir de novas sugestões e parcerias com os profissionais da área de tecnologia da informação, visando contribuir para a segurança e a proteção das comunidades em torno das barragens e do meio ambiente.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE FILHO, Luiz Heleno. **Avaliação do comportamento geotécnico de barragens de rejeitos de minério de ferro através de ensaios de Piezocone**. 2004. 194 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2004.

ASSIS, A. P. **Apostila de Barragens**: Notas de Aula da Disciplina de Barragens. Brasília: s.n., 2003.

BEAL, Adriana. **Introdução à gestão de tecnologia da informação**: Educação e Tecnologia: 2001. Disponível em: http://www.2beal.org/ti/manuais/GTI_INTRO.PDF Acesso em: 11. Mai. 2012.

BUREAU OF RECLAMATION. **Design of small dams**: a water resources technical publication. [s.l.], 3. ed., 1987. 860 p.

BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Nota Informativa**: Possíveis impactos dos rejeitos de Brumadinho no rio São Francisco. 2019. Disponível <http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/noticias/nota-informativa-2013-possiveis-impactos-dos-rejeitos-de-brumadinho-no-rio-sao-francisco>>. Acesso em: 17 mai. 2020.

BRASIL. AGENCIA NACIONAL DE AGUAS. **Manual do Empreendedor sobre Segurança de Barragens**: guia de orientação e formulários para inspeção de segurança de barragens – Volume 2. Brasília – DF, 2016.

BRASIL. DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. **Guia prático para projetos de pequenas obras hidráulicas**. São Paulo, 2006. 116 p. Disponível em: <https://www.inovacivil.com.br/barragens/> Acesso em: 18/03/2020.

BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **O Relatório de Segurança de Barragens**. Brasília: ANA, 2019.

BRITO, Emílio Pércles Araujo. Técnicas De Negociação. **Revista Científica do Itpac**: Janeiro, v. 4, n. 1, p.20-27, jan. 2014.

BUARQUE, Cristovam. **Avaliação econômica de projetos**. Rio de Janeiro: Campus, 1984.

CADENHEAD, R; LAMAY, L. **Aprenda em 21 dias Java**. 4ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

CARNEIRO, Gustavo S. Guimarães. **Estudo das causas, impactos e medidas corretivas do rompimento de uma barragem de rejeitos, usando o caso da barragem de mariana – MG**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018.

CERTO. Samuel C. **Tomada de decisões**. In:_____. Administração moderna. 9. ed. São Paulo: Pearson, 2005.

DEITEL, H. M. **Java, como programar**. 4ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2003.

ECYWA. **Dam break inundation analysis and downstream harzard classification. Water Resources Program, Dam Safety Office**, Olympia, WA, 2007. This report is available on the Department of Ecology Disponível em: <http://www.ecy.wa.gov/biblio/9255e.html>. Acesso em: 17 mai. 2020.

FLUIXÁ SANMARTÍN, J.; ALTAREJOS GARCÍA, L.; MORALES TORRES, A.; ESCUDER BUENO, I Review article: Climate change impacts on dam safety. **Natural Hazards and Earth System Sciences**. 18(9):2471-2488, 2018.

FEDERAL EMERGENCY MANAGEMENT AGENCY. **Federal Guidelines for Dam Safety: Hazard Potential Classification Systems for Dams**. FEMA, 2004.

FEDERAL EMERGENCY MANAGEMENT AGENCY. **Federal Guidelines for Inundation Mapping of Flood Risks Associated with Dam Incidents and Failures**. First Edition, 2013.

FURGERI, Sérgio. **Java 7: ensino didático**. 2ª ed. São Paulo: Érica, 2012.

GOVERNO DE MINAS GERAIS. **Relatório dos efeitos e desdobramentos do rompimento da Barragem de Fundão em Mariana-MG**. Secretaria de Estado de Desenvolvimento Regional, Política Urbana e Gestão Metropolitana, Minas Gerais, 2016, 87 p.

HOLANDA, N. **Planejamento e projetos: uma introdução às técnicas de planejamento e elaboração de projetos**. 11. ed. Fortaleza: UFC, 1982.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Laudo Técnico Preliminar: Impactos ambientais** Disponível em: http://www.ibama.gov.br/phocadownload/noticias_ambientais/laudo_tecnico_preliminar.pdf. Acesso em: 07 mai. 2020.

INTERNATIONAL COMMISSION ON LARGE DAMS. **Risk assessment in dam safety management: A reconnaissance of benefits, methods and current applications**. Paris: ICOLD, 2019.

JANSEN, R. B. **Dams and Public Safety, A Water Resources Technical Paper**. U. S. Department of the Interior, Bureau of Reclamation, Denver, CO, EUA, 1983

KHALOO, A., LATTANZI, D., JACHIMOWICZ, A., AND DEVANEY, C. Utilizing uav and 3d computer vision for visual inspection of a large gravity dam. **Frontiers in Built Environment**, 4:31, 2018. doi: 10.3389/fbuil.2018.00031

KANEMATSU, D. T; RIBEIRO, S. S. Aplicação da tecnologia Java no desenvolvimento de sistemas de controle de estoque. **Revista eletrônica de sistemas de informação e gestão tecnológica**, v, 04, n 01, novembro de 2014.

MATOS ALMEIDA, J. N. A., **Um Projecto para a Segurança das Barragens Portuguesas**, 4º Congresso da Água, Lisboa, 23-27 de março de 1998.

MAYS, L. W. Urban Water Infrastructure: **A Historical Perspective**. In: MAYS, L.W. Urban Water Supply Handbook. McGraw-Hill, New York, 2002. p. 13-16.

MAXIMIANO, Antonio Cesar Amaru. **Introdução à Administração**. Ed. Compacta. São Paulo: Atlas, 2009. 294p.

MELO, A. C. V; DA SILVA, F. S. C. **Princípios de Linguagem de Programação**. 1ª ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2003.

NAVEIRO, R. M.; OLIVEIRA V. F. **O Projeto de Engenharia, Arquitetura e Desenho Industrial: Conceitos, Reflexões, Aplicações e Formação Profissional**. Juiz de Fora: Ed. UFJF, 2001.

OLIVEIRA, José Carlos de. **Gestão operacional das Barragens de Terra do Complexo Minerário das Minas de Ferro Carajás da Vale**. 2013. 60 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Ouro Preto, 2013.

PEDROSA, Leonardo. **Reavaliação do sistema de classificação de barragens realizado pelo DNPM**. 2017. 148 f. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2017.

PMI. **Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos**. Guia PMBOK® 6a. ed. – EUA: Project Management Institute, 2017.

PRESSMAN, R. S. **Engenharia de Software**. 5 ed., Rio de Janeiro: Mc Graw Hill, 2002

RAFTERY, J. **Risk Analysis in Project Management**. E & FN SPON, London, U.K, 1994.

REGAN, P. J. Dams; Civil Structures: **An Examination od Dams Failures vs. Age of Dams**. 2010. Disponível em: <http://www.hydroworld.com/articles/hr/print/volume-29/issue-4/articles/dams--civil-structures.html>. Acesso em: 12 mai. 2020.

ROZENFELD, H.; FORCELLINI, F. A.; AMARAL, D. C.; TOLEDO, J. C. e outros. **Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para melhoria do processo**. São Paulo: Editora Saraiva, 2006.

ROZENFELD, H. **Gestão de Desenvolvimento de Produto: uma referência para a melhoria do processo**. 1 ed. São Paulo: Saraiva, 2006.

SAYÃO, A. **Notas de aula da disciplina de Barragens de Terra e Enrocamento**. Curso de Mestrado da PUC -RJ, Rio de Janeiro, 2009.

SILVEIRA, G. L. (Org.). **Seleção ambiental de barragens: análise de favorabilidades**. Santa Maria: UFSM, 2005. 390 p.

SOMMERVILLE, Ian. **Engenharia de Software**. 8ª ed. – São Paulo: Pearson Addison – Wesley, 2007.

SILVEIRA, G. L. (Org.). **Seleção ambiental de barragens**: análise de favorabilidades. Santa Maria: UFSM, 2005. 390 p.

SCHILDT, Herbert; SKRIEN, Dale. **Programação com Java**: Uma introdução abrangente. 1ª ed. São Paulo: Bookman, 2013.

STEPHENS, T. FAO - **Manual sobre pequenas barragens de terra**: guia para localização, projeto e construção. Roma: Organização das Nações Unidas para a alimentação e agricultura, 2011. 120p. (Publicação de FAO sobre rega e drenagem, 64).

SOMMERVILLE, Lan. **Engenharia de software**. 8ª ed. São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2007.

TANUS, Henrique Moraes. **Importância da inspeção na prevenção de falhas em barragens: estudo de caso**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Escola Politécnica Da Universidade Federal Do Rio De Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

TIOBE, A. **Tiobe Software**: Tiobe Index, Programming Community. disponível em: <http://www.tiobe.com/index.php/content/paperinfo/tpci/index.html> - acessado em 02 mai. 2020.

VALMOSIR, Adriano dos S. Pires; VIEIRA, João Antonio S. **Protótipo Computacional Para em Engenharia de Produção** – Universidade do Estado do Pará, Marabá, 2017.

VELTROP, J., Water, **Dams and Civilization**, World Bank Technical Paper Number 115. 1991.

WERNER, Liane; RIBEIRO, José. L. D. Previsão de demanda: uma aplicação dos modelos box-jenkins na área de assistência técnica de computadores pessoais. **Gestão e Produção**. v. 10, n. 1, p. 47-67, abr. 2003.

WISE URANIUM PROJECT. **Tailings Dam Safety**: Chronology of major tailings dam failures. Disponível em: <<https://www.wise-uranium.org>>. Acesso em: 07 jun. 2019.

WORLD COMMISSION ON DAMS. **Dams and Development**: A New Framework For Decision-Making (The Report of the World Commission on Dams). London, UK: Earthscan Publications Ltd, 2000. p. 1-32.

ZAUCĂ, D. C., GIURMA-HANDLEY, R.-C., MITROI, A., COJOCARU, P. Verifying the operational safety of some earth dams using own coded computer programs. **Bulletin of the Polytechnic Institute of Jassy**, v.4, p.39–48, 2014.

ANEXO A- RELATÓRIO DE INSPEÇÃO OBTIDO PELA FORMA CONVENCIONAL

Quadro 1- Ficha de inspeção (talude de montante)

FICHA DE INSPEÇÃO TRADICIONAL PARA BARRAGEM DE TERRA (TALUDE DE MONTANTE)				
	LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA	SITUAÇÃO	MAGNITUDE	NP
B.1	TALUDE DE MONTANTE			
01	Erosões	AU	P	1
02	Escorregamentos	NE	I	0
03	Fissura/Afundamento (face de concreto)	NE	I	0
04	Rip-rap incompleto, destruído ou deslocado	AU	M	1
05	Afundamentos e buracos	NE	I	0
06	Árvores e arbustos	AU	p	1
07	Erosão nos encontros das ombreiras	AU	M	2
08	Formigueiros, Cupinzeiros ou tocas de animais	PV	I	0
09	Deslocamento de blocos de rocha pelo efeito de ondas	NE	I	0
OBS: No barramento em destaque foi constatado a deterioração do <i>rip-rap</i> . Por haver um descolamento da estrutura que compões o enrocamento com a conseqüente diminuição da largura do maciço				
				

Fonte: Adaptado ANA (2019).

Quadro 2- Ficha de inspeção tradicional para barragem de terra

FICHA DE INSPEÇÃO TRADICIONAL PARA BARRAGEM DE TERRA				
	LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA	SITUAÇÃO	MAGNITUDE	NP
B.2	CRISTA			
01	Erosões	NE	I	0
02	Fissuras longitudinais e transversais	NE	I	0
03	Falta de revestimento	NE	I	0
04	Falha no revestimento	NE	I	0
05	Desabamentos/afundamentos (recalques)	NE	I	0
06	Arvores e arbustos	NE	I	0
07	Defeitos na drenagem	NE	I	0
08	Defeitos no meio-fio	PV	I	0
09	Formigueiros, cupinzeiros ou tocas de animais	NE	I	0
10	Desalinhamento do meio-fio	PV	I	p
11	Depressões devido à falta de sobrelevação	NE	I	0
Comentários: Não foram encontrados quaisquer indícios de anomalias que possam comprometer sua estrutura.				
				

Fonte: Adaptado ANA (2019).

FICHA DE INSPEÇÃO TRADICIONAL PARA BARRAGEM DE TERRA				
	LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA	SITUAÇÃO	MAGNITUDE	NP
B.4	TALUDE DE JUSANTE			
01	Erosões ou Ravinamentos	AU	P	0
02	Escorregamentos	NE	I	0
03	Fissuras	NE	I	0
04	Falha na proteção granular	NE	I	0
05	Falha na proteção vegetal	NE	I	0
06	Afundamentos e buracos	PV	I	0
07	Arvores e arbustos	AU	M	1
08	Erosão nos encontros das ombreiras	AU	M	0
09	Cavernas e buracos nas ombreiras	NE	I	0
10	Canaletas quebradas ou obstruídas	PV	I	0
11	Formigueiros, cupinzeiros ou tocas de animais	PV	I	0
12	Sinais de movimento	NE	I	0
13	Sinais de fuga de água ou áreas úmidas (surgências)	NE	I	0
14	Carreamento de material na água dos drenos	NE	I	0
Comentários: Não foram encontrados sinais de movimentos bem como indicadores de deslizamentos. No entanto foi constatado a presença de arbustos ao longo do talude.				
				

Fonte: Adaptado ANA (2019).

FICHA DE INSPEÇÃO DE BARRAGEM DE TERRA				
	LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA	SITUAÇÃO	MAGNITUDE	NP
B.4	OMBREIRAS A MONTANTE ATÉ A ÁREA DE SEGURANÇA DEFINIDA EM PROJETO			
01	Erosões	PV	P	1
02	Fissuras longitudinais e transversais	NE	I	0
03	Falta de revestimento	NE	I	0
04	Falha no revestimento	NE	I	0
05	Desabamentos/afundamentos (Recalques)	NE	I	0
06	Árvores e arbustos	NE	I	0
07	Defeitos na drenagem	NE	I	0
08	Defeitos no meio-fio	PE	I	0
09	Formigueiro, cupinzeiros ou tocas de animais	NE	I	0
10	Desalinhamento do Meio-fio	NE	I	0
11	Depressões devido à falta de sobrelevação	NE	I	0
Comentários: Foram encontrados arbustos e erosões na estrutura inspecionada.				
				

Fonte: Adaptado ANA (2019).

Quadro6- Ficha de inspeção tradicional para barragem de terra

Quadro 5- Ficha de inspeção de barragem de terra

FICHA DE INSPEÇÃO DE BARRAGEM DE TERRA				
	LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA	SITUAÇÃO	MAGNITUDE	NP
D	RESERVATÓRIO			
01	Réguas danificadas ou faltantes	NE	I	0
02	Construções em áreas de proteção	NE	I	0
03	Poluição por esgoto, lixo, pesticidas etc.	PV	I	0
04	Indícios de má qualidade da água	PV	M	1
05	Erosões	PV	I	1
06	Assoreamento	AU	P	1
07	Desmoronamento nas margens	NE	I	0
08	Existência de vegetação Aquática excessiva	NE	I	0
09	Desmatamento na área de proteção	NE	I	0
10	Presença de animais e peixes mortos	NE	I	0
Comentários: Ao longo do reservatório foram sinais de assoreamento.				
				

Fonte: Adaptado ANA (2019).

FICHA DE INSPEÇÃO TRADICIONAL PARA BARRAGEM DE TERRA				
	LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA	SITUAÇÃO	MAGNITUDE	NP
B	BARRAGEM			
B.1	ESTRUTURAS AUXILIARES (COMPORTAS DO VERTEDOURO)			
01	Hastes (travada no mancal, corrosão e empenamento)	PV	M	2
02	Base dos mancais (corrosão, falta de chumbadores)	PV	M	2
03	Falta de mancais	NE	M	2
04	Corrosão nos mancais	PV	M	2
05	Falha nos chumbadores, lubrificação e pintura do pedestal	PV	M	2
06	Falta de indicador de abertura	PV	M	2
07	Falta de volante	PE	M	2
Comentários:				
 				

Quadro 7- Ficha de inspeção de barragem de terra

FICHA DE INSPEÇÃO DE BARRAGEM DE TERRA				
	LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA	SITUAÇÃO	MAGNITUDE	NP
E	INSTRUMENTAÇÃO			
01	Acesso precário aos instrumentos	NE	I	0
02	Piezômetros entupidos ou defeituosos	NE	I	0
03	Marcos de referência danificados	NE	I	0
04	Medidores de vazão Defeituosos Outros instrumentos Danificados)	PV	I	0
05	Falta de instrumentação.	PV	I	0
06	Falta de registo de leituras da instrumentação.	NE	I	0
Comentários: Ao longo do barramento não foi encontrada quaisquer equipamentos.				

Fonte: Adaptado ANA (2019).

ANEXO B- RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR

SUMÁRIO

1 APRESENTAÇÃO

1.1 OBJETIVO

1.2 DADOS DA BARRAGEM

1.3 PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS

1.4 HISTÓRICO

2 CONCLUSÕES, RECOMENDAÇÕES E AÇÕES A IMPLEMENTAR PELO EMPREENDEDOR

3 ANEXO I - RELATÓRIO FOTOGRÁFICO

1 APRESENTAÇÃO

1.1 OBJETIVO

Este relatório tem por objetivo apresentar os resultados da última inspeção de segurança regular da Barragem Igarapé Ilha do Coco sob a responsabilidade do empreendedor. A Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, que instituiu a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), em seu art. 9º estabelece que as inspeções de segurança regulares e especiais terão sua periodicidade, qualificação da equipe responsável, conteúdo mínimo e nível de detalhamento definidos pelo órgão fiscalizador, em função da categoria do risco e do dano potencial associado à barragem, (no caso de a entidade fiscalizadora ser a ANA) conforme preconizado pela Resolução ANA nº 742, de 17 de outubro de 2011 ou conforme (citar o normativo correspondente da entidade fiscalizadora).

Os empreendedores, em face da sua experiência acumulada, têm a liberdade de adotar seus próprios modelos de ficha de inspeção e relatório, devendo, no entanto, levar em consideração os normativos emitidos pelas suas entidades fiscalizadoras.

- REALIZAÇÃO DA PRESENTE INSPEÇÃO: 14/08/2020
- REALIZAÇÃO DA ULTIMA INSPEÇÃO: Não declarado
- RESPONSÁVEL PELA PRESENTE INSPEÇÃO: Sr Evandro Lopes dos Santos Junior, CREA nº 151142654-3
- Inspeção cadastrada no sítio da ANA em: Não declarado

1.2 DADOS DA BARRAGEM

Neste item, devem ser colocados dados da barragem que possibilitem sua identificação e definição das suas características principais.

Nome: Barragem Igarapé Ilha do Coco

Código: 6734 SNISB (inserir código da barragem no cadastro do

órgão fiscalizador) Empreendedor ou responsável legal: Nova

Carajás Construções

Responsável Técnico: Evandro Lopes dos Santos Junior

Identificação: Engenheiro de Segurança de Barragens CREA

nº 151142654-3 Localização: Parauapebas-PA

(inserir dados da outorga; exemplo: Resolução ANA nº____, de ____ / ____ / _____,

publicada no DOU, seção 1, de ____ / ____ / _____) Data da construção: Sem informação

Responsável pela construção: Sem informação

1.3 PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS

Bacia: Tocantins - Araguaia

Curso d'água barrado: Igarapé

Bandeira Coordenadas: -06,09/
 -49,85 Finalidade: Recreação
 Capacidade do reservatório: 0,24
 hm³ hm³ Área inundada: n?o
 informado ha
 Tipo de barragem: Barragem de terra
 homogênea Cota da crista: 110,00 m m
 (cota arbitrária de projeto)
 Altura da barragem: n?o informado m (dado do
 projeto) Comprimento da barragem: n?o informado m
 (dado do projeto) Classificação da barragem:
 (conforme Resolução CNRH nº 143/2012)

A.1 DADOS GERAIS - CONDIÇÃO ATUAL

- 1 – Nome da Barragem: Barragem Igarapé Ilha do Coco
- 2 - Coordenadas: -06,09/ -49,85
- 3 - Município/Estado: Parauapebas-PA
- 4 - Vistoriado Por: Evandro Lopes dos Santos Junior Assinatura: Sem assinatura
- 5 - Cargo: Engenheiro de Segurança de Barragens Instituição: UFPA
- 6 - Data da Vistoria: 14/08/2020 Vistoria N.º: 01/2020
- 7 - Cota atual do nível d'água: 03m
- 8 - Bacia: Tocantins - Araguaia
- 9 – Proprietário/ Administração Regional: Nova Carajás Construções

1.4 HISTÓRICO

Neste item, deve ser apresentado um breve resumo do histórico da barragem, procurando abordar os eventos passados – incidentes e acidentes – e ações corretivas implementadas (se for o caso). Deve-se também relatar a data das ocorrências.

Incidentes e acidentes: Nada a declarar
 Cheias ocorridas: Nada a declarar
 Ações corretivas: Nada a declarar

B1 - TALUDE DE MONTANTE

01: Erosões

Situação:

(AU) -> Anomalia Aumentou

Magnitude:

Pequena

Nível de perigo:

Nenhum

02: Escorregamentos

Situação:

(NE) -> Anomalia Não Existente

Magnitude:

Insignificante

Nível de perigo:

03: Fissura/afundamento (face de concreto)

Situação:

(NE) -> Anomalia Não Existente

Magnitude:

Insignificante

Nível de perigo:**04: Rip-rap incompleto, destruído ou deslocado****Situação:**

(AU) -> Anomalia Aumentou

Magnitude:

Média

Nível de perigo:

Nenhum

05: Afundamentos e buracos**Situação:**

(NE) -> Anomalia Não Existente

Magnitude:

Insignificante

Nível de perigo:**06: Árvores e arbustos****Situação:**

(AU) -> Anomalia Aumentou

Magnitude:

Insignificante

Nível de perigo:

Nenhum

07: Erosão nos encontros das ombreiras**Situação:**

(AU) -> Anomalia Aumentou

Magnitude:

Média

Nível de perigo:

Atenção

08: Formigueiros, cupinzeiros ou tocas de animais**Situação:**

(PV) -> Anomalia constatada pela Primeira Vez

Magnitude:

Insignificante

Nível de perigo:**09: Deslocamento de blocos de rocha pelo efeito de onda****Situação:**

(NE) -> Anomalia Não Existente

Magnitude:

Insignificante

Nível de perigo:**Comentarios:**

B2 - CRISTA**01: Erosões****Situação:**

(NE) -> Anomalia Não Existente

Magnitude:

Insignificante

Nível de perigo:**02: Fissuras longitudinais e transversais****Situação:**

(NE) -> Anomalia Não Existente

Magnitude:

Insignificante

Nível de perigo:**03: Falta de revestimento****Situação:**

(NE) -> Anomalia Não Existente

Magnitude:

Insignificante

Nível de perigo:**04: Falha no revestimento****Situação:**

(NE) -> Anomalia Não Existente

Magnitude:

Insignificante

Nível de perigo:**05: Desabamentos/ afundamentos (recalques)****Situação:**

(NE) -> Anomalia Não Existente

Magnitude:

Insignificante

Nível de perigo:**06: Árvores e arbustos****Situação:**

(NE) -> Anomalia Não Existente

Magnitude:

Insignificante

Nível de perigo:**07: Defeitos na drenagem****Situação:**

(NE) -> Anomalia Não Existente

Magnitude:

Insignificante

Nível de perigo:**08: Defeitos no meio-fio****Situação:**

(NE) -> Anomalia Não Existente

Magnitude:

Insignificante

Nível de perigo:

09: Formigueiros, cupinzeiros ou tocas de animais**Situação:**

(NE) -> Anomalia Não Existente

Magnitude:

Insignificante

Nível de perigo:**10: Desalinhamento do meio-fio****Situação:**

(NE) -> Anomalia Não Existente

Magnitude:

Insignificante

Nível de perigo:**11: Depressões devido à falta de sobrelevação****Situação:**

(NE) -> Anomalia Não Existente

Magnitude:

Insignificante

Nível de perigo:**Comentarios:****B3 - TALUDE DE JUSANTE****01: Erosões ou ravinamentos****Situação:**

(AU) -> Anomalia Aumentou

Magnitude:

Pequena

Nível de perigo:

Nenhum

02: Escorregamentos**Situação:**

(NE) -> Anomalia Não Existente

Magnitude:

Insignificante

Nível de perigo:**03: Fissuras****Situação:**

(NE) -> Anomalia Não Existente

Magnitude:

Insignificante

Nível de perigo:**04: Falha na proteção granular****Situação:**

(NE) -> Anomalia Não Existente

Magnitude:

Insignificante

Nível de perigo:**05: Falha na proteção vegetal****Situação:**

(NE) -> Anomalia Não Existente

Magnitude:

Insignificante

Nível de perigo:**06: Afundamentos e buracos****Situação:**

(PV) -> Anomalia constatada pela Primeira Vez

Magnitude:

Insignificante

Nível de perigo:**07: Árvores e arbustos****Situação:**

(AU) -> Anomalia Aumentou

Magnitude:

Insignificante

Nível de perigo:

Nenhum

08: Erosão nos encontros das ombreiras**Situação:**

(AU) -> Anomalia Aumentou

Magnitude:

Média

Nível de perigo:

Atenção

09: Cavernas e buracos nas ombreiras**Situação:**

(NE) -> Anomalia Não Existente

Magnitude:

Insignificante

Nível de perigo:**10: Canaletas quebradas ou obstruídas****Situação:**

(PV) -> Anomalia constatada pela Primeira Vez

Magnitude:

Insignificante

Nível de perigo:**11: Formigueiros, cupinzeiros ou tocas de animais****Situação:**

(PV) -> Anomalia constatada pela Primeira Vez

Magnitude:

Insignificante

Nível de perigo:**12: Sinais de movimento****Situação:**

(NE) -> Anomalia Não Existente

Magnitude:

Insignificante

Nível de perigo:**13: Sinais de fuga de água ou áreas úmidas (surgências)****Situação:**

(NE) -> Anomalia Não Existente

Magnitude:

Insignificante

Nível de perigo:

14: Carreamento de material na água dos drenos**Situação:**

(NE) -> Anomalia Não Existente

Magnitude:

Insignificante

Nível de perigo:**Comentarios:****B4 - OMBREIRAS A MONTANTE ATÉ ÁREA DE SEGURANÇA DEFINIDA EM PROJETO****01: Desmatamento na área de proteção e construções irregulares****Situação:**

(NE) -> Anomalia Não Existente

Magnitude:

Insignificante

Nível de perigo:**02: Erosão nas ombreira****Situação:**

(AU) -> Anomalia Aumentou

Magnitude:

Pequena

Nível de perigo:

Nenhum

03: Desmoronamento nas margens**Situação:**

(NE) -> Anomalia Não Existente

Magnitude:

Insignificante

Nível de perigo:**04: Assoreamento****Situação:**

(AU) -> Anomalia Aumentou

Magnitude:

Média

Nível de perigo:

Nenhum

05: Cavernas e buracos nas ombreiras**Situação:**

(NE) -> Anomalia Não Existente

Magnitude:

Insignificante

Nível de perigo:**06: Sinais de movimento****Situação:**

(PV) -> Anomalia constatada pela Primeira Vez

Magnitude:

Insignificante

Nível de perigo:**07: Trinca nas ombreiras****Situação:**

(PV) -> Anomalia constatada pela Primeira Vez

Magnitude:

Insignificante

Nível de perigo:

Comentarios:

B6 - INSTRUMENTAÇÃO

01: Acesso precário aos instrumentos

Situação:

(NE) -> Anomalia Não Existente

Magnitude:

Insignificante

Nível de perigo:

02: Piezômetros entupidos ou defeituosos

Situação:

(NE) -> Anomalia Não Existente

Magnitude:

Insignificante

Nível de perigo:

03: Marcos de recalque defeituosos

Situação:

(NE) -> Anomalia Não Existente

Magnitude:

Insignificante

Nível de perigo:

04: Medidores de vazão de percolação defeituosos

Situação:

(NE) -> Anomalia Não Existente

Magnitude:

Insignificante

Nível de perigo:

05: Falta de instrumentação

Situação:

(NE) -> Anomalia Não Existente

Magnitude:

Insignificante

Nível de perigo:

06: Falta de registro de leituras da instrumentação

Situação:

(NE) -> Anomalia Não Existente

Magnitude:

Insignificante

Nível de perigo:

Comentarios:

D1 - RESERVATÓRIO

01: Régua danificadas ou faltantes

Situação:

(NE) -> Anomalia Não Existente

Magnitude:

Insignificante

Nível de perigo:

02: Construções em áreas de proteção**Situação:**

(PV) -> Anomalia constatada pela Primeira Vez

Magnitude:

Insignificante

Nível de perigo:**03: Poluição por esgoto, lixo, entulho, pesticidas etc.****Situação:**

(PV) -> Anomalia constatada pela Primeira Vez

Magnitude:

Insignificante

Nível de perigo:**04: Indícios de má qualidade da água****Situação:**

(PV) -> Anomalia constatada pela Primeira Vez

Magnitude:

Insignificante

Nível de perigo:**05: Erosões****Situação:**

(PV) -> Anomalia constatada pela Primeira Vez

Magnitude:

Insignificante

Nível de perigo:

Nenhum

06: Assoreamento**Situação:**

(AU) -> Anomalia Aumentou

Magnitude:

Pequena

Nível de perigo:

Nenhum

07: Desmoronamento das margens**Situação:**

(AU) -> Anomalia Aumentou

Magnitude:

Pequena

Nível de perigo:

Nenhum

08: Existência de vegetação aquática excessiva**Situação:**

(NE) -> Anomalia Não Existente

Magnitude:

Insignificante

Nível de perigo:**09: Desmatamentos na área de proteção****Situação:**

(NE) -> Anomalia Não Existente

Magnitude:

Insignificante

Nível de perigo:

10: Presença de animais e peixes mortos**Situação:**

(NE) -> Anomalia Não Existente

Magnitude:

Insignificante

Nível de perigo:**Comentarios:****2 CONCLUSÕES, RECOMENDAÇÕES E AÇÕES A IMPLEMENTAR PELO EMPREENDEDOR**

A inspeção realizada na barragem (Igarapé Ilha do Coco), mostra abandono e falta de informações para o bom funcionamento do barramento. Pequenos problemas isolados foram detectados e precisam ser monitorados.

3 ANEXOS

3 ANEXO I - RELATÓRIO FOTOGRÁFICO



Anexo 01: Talude de montante



Anexo 02: Crista



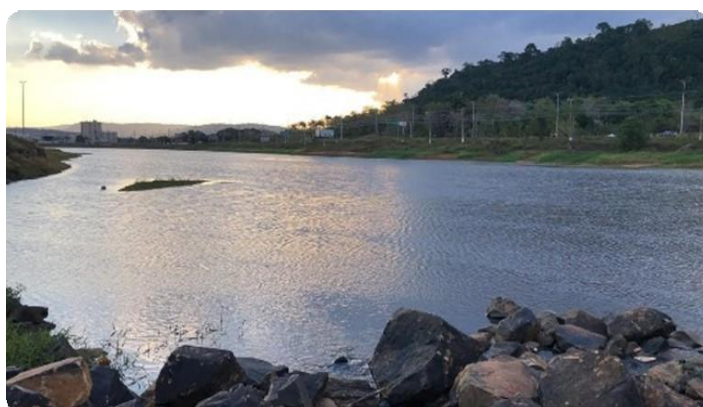
Anexo 03: Talude de Jusante



Anexo 04: Ombreiras a Montante



Anexo 05: Instrumentação



Anexo 06: Reservatorio