



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA - UFBA**  
**Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e**  
**Regulação de Recursos Hídricos**

**DESENVOLVIMENTO DE PLATAFORMA DIGITAL COMO**  
**INSTRUMENTO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM:**  
**ESTUDO DE CASO NA BARRAGEM DO COBRE / BAHIA**

**Felipe Oliveira da Silva Azevedo**

**SALVADOR, 2021**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA - UFBA**  
**Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e**  
**Regulação de Recursos Hídricos**

**DESENVOLVIMENTO DE PLATAFORMA DIGITAL COMO**  
**INSTRUMENTO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM: ESTUDO**  
**DE CASO NA BARRAGEM DO COBRE / BAHIA**

**Felipe Oliveira da Silva Azevedo**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – ProfÁgua da Universidade Federal da Bahia, como requisito para obtenção de título de Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos.

**Orientadores:**  
**Prof. Mauro José Alixandrini**

**SALVADOR, 2021**

---

A994 Azevedo, Felipe Oliveira da Silva.  
Desenvolvimento de plataforma digital como instrumento de  
segurança de barragem: estudo de caso na barragem do Cobre Bahia /  
Felipe Oliveira da Silva. – Salvador, 2021.  
82 f.: il. color.

Orientador: Prof. Dr. Mauro José Alexandrini Jr.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal da Bahia. Escola  
Politécnica, 2021.

1. Barragem. 2. Segurança. 3. Plataforma digital. I. Alexandrini  
Jr, Mauro José. II. Universidade Federal da Bahia. III. Título.

---

CDD: 627.8



**FELIPE OLIVEIRA DA SILVA**

**“DESENVOLVIMENTO DE PLATAFORMA DIGITAL COMO INSTRUMENTO DE  
SEGURANÇA DE BARRAGEM: ESTUDO DE CASO NA BARRAGEM DO COBRE  
BAHIA”**

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Mauro José Alexandrini Jr  
Universidade Federal da Bahia/UFBA (Orientador)

Profa. Dra. Andrea Sousa Fontes  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (Examinadora Interna)

Profa. Dra. Leijdane Maria Maciel de Oliveira  
Universidade Federal de Pernambuco/ UFPE (Examinadora externa)

Salvador,  
08 de julho de 2021.

## RESUMO

Acidentes com barragens geralmente geram grandes problemas sociais e econômicos, além de eventuais perdas de vidas, por isso a regulamentação deste tema se fez necessário. Com a criação da Lei 12.334/2010, estabeleceu 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, que determina em seu artigo 4º, no inciso III, que *o empreendedor é o responsável legal pela segurança da barragem, cabendo-lhe o desenvolvimento de ações para garanti-la;* Dentre as obrigações dos empreendedores, relativamente à PNSB, destaca-se a elaboração do Plano de Segurança da Barragem, que deverá ser específico para cada barragem, e quando exigido a partir do grau de risco, o Plano de Ação de Emergência (PAE), que deve conter todas as orientações importantes para tomada de decisão no momento de sinistro, permitindo entre outras medidas a notificação e o alerta antecipado, visando minimizar os danos materiais e ambientais além das perdas de vidas. Em caso de alerta, o estado tem participação, representado pela Defesa Civil, que possui um plano de contingência (PLANCON). Com o advento da alteração da lei de segurança de barragens através da Lei Federal nº 14.066, de 30 de setembro de 2020, surge a necessidade de implementar soluções para cumprir com os novos requisitos impostos ao setor. O trabalho do gestor da barragem e da defesa civil é realizado com a função de evitar vítimas, ou seja, para que a população que vive a jusante da barragem tenha condição de evacuar a área que será atingida pela onda de cheia. Entretanto a falta de comunicação entre os agentes ainda é um grande entrave nessa situação. É com este cenário que surge a necessidade de criar um método veloz e capaz de unir essas ações aqui propostas, uma plataforma de gestão de segurança de barragem, que forneça informação para o empreendedor e a defesa civil de quantas pessoas estão na área de risco (através de um cadastramento), com um sistema de alerta antecipado, contendo a informação da área atingida pela onda de cheia criada pelo rompimento da barragem, com a indicação das rotas de fuga e pontos de encontro para que a população tenha tempo hábil de evacuar a área de risco.

## ABSTRACT

Dam accidents often generate major social and economic problems, including potential loss of life, therefore a regulation on this subject was necessary. With the creation of Law 12.334/2010, it established the National Policy of Dam Safety (NPDS), targeting the water accumulation of any use, final or temporary disposal of waste and accumulation of industrial waste, which determines in Article 4, section III, *that the entrepreneur is legally responsible for the dam safety and ensure the development of actions to enforce it*; Regarding the NPDS, among the obligations of the entrepreneur, we emphasize the development of a Dam Safety Plan, which should be specific for each dam and include the Emergency Action Plan (EAP), required based on risk level, which shall contain all relevant guidelines for decision-making at a time of disaster, allowing early warning to minimise property and environment damage along with life loss. In case of alert, the state participates represented by the civil protection, with a contingency plan (PLANCON).As a result of the amendment of the dam safety law through the Federal Law n° 14.066 of September 30, 2020, the need arises to implement solutions to meet the new requirements imposed on the sector.The dam manager and civil defense's function is to avoid victims, that is, the population living downstream of the dam is able to evacuate the area that will be affected by the flood wave. However, the communication between the agents is still a major obstacle in this situation.When this scenario arises the need to create a fast method, capable to combine these proposed actions: a dam security management platform, providing information to the entrepreneur and civil defense of how many people are in the risk area (through registration); an early warning system, containing information on the area affected by the flood wave created by the dam breakup; escape routes directions and meeting points so that the population has timely manner to evacuate the risk area.

## **DEDICATÓRIA**

Dedico a meu Pai Silvio Azevedo da Silva, e minha Mãe Abnil Oliveira da Silva Azevedo, por todo apoio e amor dedicados a família. Aos meus irmãos Pietro e Rafael por estar ao meu lado em todos os momentos de minha vida. Aos meus familiares que sempre incentivaram a ir adiante, a enfrentar os obstáculos com inteligência e sabedoria.

Dedico a minha namorada, companheira e amiga Anna Carolina, por seu apoio e incentivo, por querer que eu seja sempre melhor.

Dedico a memória de Maria da Gloria Silva de Mesquita, Tia Glória, por todo o auxílio em minha vida, por sua alegria e doação ao próximo.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, gostaria de agradecer à Deus por sempre estar me guarnecendo e me concedendo força.

Agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Mauro José Alixandrini, que aceitou ser meu orientador, e prestar todos os esclarecimentos necessários a esta dissertação. Estendo meu agradecimento a Prof. Dr. Yvonilde Medeiros, como Coordenadora do Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – ProfÁgua, na Universidade Federal da Bahia e toda a sua equipe envolvida.

Agradeço a Ricardo Luiz Pereira Carneiro, amigo e parceiro no desenvolvimento desta plataforma, que apesar de ter passado por tempos difíceis, sempre esteve presente, com auxílios primordiais ao sucesso deste trabalho.

À minha família, sempre presente. Agradeço em especial minha madrinha Emilia Azevedo, minha Tila, a Sônia Souto, tia Sônia, e a Lúcia Gusmão, Tia Lu, por todo acompanhamento.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior - Brasil (CAPES). Agradeço ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua, - Código de Financiamento 001, Projeto CAPES/ANA AUXPE Nº. 2717/2015.

Por fim e tendo uma importância primordial, agradeço a minha querida mãe, Bene, por seu esforço contínuo para que eu seja sempre firme e pautado na verdade.



## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ANA Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

AMN Agência Nacional de Mineração

ANEEL Agência Nacional de Energia Elétrica

CBDB Comitê Brasileiro de Barragens

CNRH Conselho Nacional de Recursos Hídricos

CWC Central Water Commission

DNPM Departamento Nacional de Produção Mineral

Embasa Empresa Baiana de Águas e Saneamento

Hbarr Altura da barragem contada do leito até a crista

Hbre Altura média da brecha

HEC-RAS Hydrologic Engineering Center's River Analysis System Hhid

ICOLD International Commission on Large Dams

*ICAEE International Conference on Advances in Electrical Engineering*

MDT Modelo digital do terreno

MMA Ministério de Medio Ambiente

PAE Plano de Ação Emergencial

PNSB Política Nacional de Segurança de Barragens

PSB Plano de Segurança da Barragem Tb Tempo de base

ZAS Zona de Auto-Salvamento

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
2	OBJETIVOS:.....	16
2.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	16
3	REVISÃO DE LITERATURA .....	17
4	HISTÓRICO DE ACIDENTES .....	19
5	SEGURANÇA DE BARRAGENS .....	21
6	CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS .....	22
7	SISTEMA NACIONAL DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS .....	22
8	POLÍTICA NACIONAL DE SEGURANÇA DE BARRAGENS.....	24
9	GESTÃO DE RISCO .....	30
10	PLANO NACIONAL DE PROTEÇÃO E DEFESA CIVIL .....	31
11	SIST. NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SEGURANÇA DE BARRAGENS .....	37
12	LEI FEDERAL 14066/2020:.....	37
13	MAPA DA ÁREA DE INUNDAÇÃO E ZONEAMENTO DE RISCO .....	40
14	<i>CROWDSOURCING</i> .....	43
14.1	Avaliação de desastres com base no local e sistema de evacuação:.....	44
15	METODOLOGIA: .....	45
15.1	LEVANTAMENTO DE REQUISITOS.....	45
16	RESULTADO .....	46
16.1	REQUISITOS FUNCIONAIS DO PROJETO.....	46
16.2	ESTRUTURA DA PLATAFORMA.....	48
16.3	MODELAGEM DO BANCO DE DADOS .....	53
16.4	INTERFACE COM USUÁRIO: PLATAFORMA .....	54
16.5	INTERFACE COM O USUÁRIO: APLICATIVO MÓVEL ANDROID.....	59
17	TESTES .....	61
17.1	TESTE DE CAMPO:.....	62
18	GERAÇÃO DE VALIDAÇÕES.....	65
19	MAPA DE INUNDAÇÃO, PONTOS DE ENCONTRO E ROTAS DE FUGA.....	67
20	ANÁLISE DE DADOS .....	70
20.1	AVISO DE ROMPIMENTO DE BARRAGEM.....	70

20.2 COMPARATIVO COM OUTRAS PLATAFORMAS.....	71
21 IMPACTOS DO PROJETO .....	72
21.1 IMPACTO IMEDIADO .....	72
21.2 IMPACTO SOCIAL POTENCIAL.....	72
21.3 IMPACTO ECONÔMICO POTENCIAL.....	72
21.4 IMPACTO AMBIENTAL POTENCIAL.....	73
22 CONCLUSÃO:.....	74
RECOMENDAÇÕES.....	75
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	76
APENDICE A - Descrição dos acidentes e incidentes dos RSB de 2011 a 2019, ANM <sup>2021</sup> ....	84
APENDICE B - Produto.....	94

## 1 INTRODUÇÃO

Uma barragem é uma estrutura 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 geram diversos benefícios que atendem diretamente a população, como a energia elétrica de forma sustentável e a acumulação de água para abastecimento de cidades e indústrias, irrigar plantações, dessedentar animais, permitir a navegação e a recreação das pessoas, conter enchentes, etc.

As primeiras barragens foram construídas para a finalidade de acumulação de água. Veltrop (1991) relatou que até o final do século XIX, as barragens desempenharam um papel fundamental no desenvolvimento econômico das nações, com o abastecimento de água, irrigação e controle de níveis de canais de navegação.

No Brasil, a mais antiga barragem de usos múltiplos do território nacional, foi construída na região metropolitana do Recife no final do século XVI. Em 1906, foram construídas as primeiras grandes barragens do país: açude Cedros (CE), para combater as secas e Lajes (RJ), para derivar água para usina (TCU, 2019).

A Constituição Federal de 1988 estabeleceu que as correntes de água em terrenos de seu domínio, ou que banhem mais de um Estado, são bens de titularidade da União (art. 20, inciso IX), sendo de sua competência instituir sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos e definir critérios de outorga de direitos de seu uso (art. 21, inciso XIX). Compete privativamente à União legislar sobre águas (artigo 22, inciso IV). Incluem-se entre os bens dos Estados as águas superficiais, ressalvadas as decorrentes de obras da União (artigo 26, inciso I). Compete à União, Estados e Municípios acompanhar e fiscalizar a exploração de recursos hídricos em seus territórios (art. 23, inciso XI) (BRASIL,1988).

As barragens de usos múltiplos representam mais de 93% do universo de barragens cadastradas no país (24.092), com destaque para a importância socioeconômica dos reservatórios utilizados para irrigação (41%), aquicultura (11%), abastecimento de água (8%), industrial (4%), recreação (4%), regularização de vazões (3%) e dessedentação animal (17%), de acordo com informações do Relatório de Segurança de Barragens (RSB) da ANA de 2017. Atualmente estão cadastradas no

Sistema Nacional de informação de Segurança de Barragem 19.388 barragens (ANA,2019).

Os Relatórios de Segurança de Barragens da ANA apontam no período de 2011 a 2017 o registro de 24 acidentes com barragens e 42 incidentes que, sem controle, podem levar a um acidente. Em 2019 foram relatados 12 acidentes e 58 incidentes com barragens em 15 diferentes estados, sendo essa a maior identificação de acidentes e incidentes registrada em relação aos RSBs anteriores. Entre eles, o maior acidente com barragens verificado em território nacional: o rompimento da Barragem I da mina Córrego do Feijão, em Brumadinho – MG, que resultou em 270 vítimas fatais, mais de 40 mil pessoas afetadas e prejuízo socioeconômico na casa de bilhões de reais (ANA, 2019).

As principais barragens de usos múltiplos possuem estrutura de terra, de enrocamento, de concreto, de concreto compactado a rolo ou mista (TUCCI, 2019). Cada tipo de barragem possui resistência e vulnerabilidade diferenciadas, sendo de fundamental importância para a manutenção e recuperação dos barramentos as informações dos projetos construtivos e dos estudos técnicos e ambientais preliminares.

As barragens de rejeitos de mineração são estruturas construídas para a retenção de material resultante dos processos de beneficiamento de minério e de outros processos industriais. De acordo com a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2019), o país tem 663 barragens de contenção de rejeitos e 295 de resíduos industriais, o que é um número significativo para o tamanho do Brasil, e que gera preocupação a população.

Para ilustrar o potencial dos riscos das barragens de mineração, a Agência Nacional de Mineração (DNPM) informa que no final de 2020 existiam 47 barragens com níveis de emergência identificados (ANM, 2021), que apresentaram anomalias capazes de colocar em risco sua segurança, ou que não possuem estabilidade declarada.

A quantidade de barragens com problemas cresce a cada ano em decorrência do baixo nível de conservação, pois a falta de manutenção e recuperação tempestiva de barramentos tem causado no Brasil acidentes com perdas de vidas humanas e prejuízos ao meio ambiente.

Assim, Bradlow et al. (2002) destacaram que devido ao grande número de estruturas existentes, a operação de barragens é um tema de extrema relevância social,

ambiental e econômica. Vez que um acidente com barragem pode causar danos imensuráveis aos vales a jusante de onde o empreendimento está implantado, sendo o mais crítico, a perda de vidas humanas em larga escala.

Segundo o Banco Mundial (2015) e Menescal (2009), em resposta a crescente preocupação com a segurança das barragens, sobretudo em países com elevado número de estruturas, devido ao aumento na implantação de novas obras, o envelhecimento das barragens existentes, o aumento da taxa de ocupação dos vales a jusante dos empreendimentos e, principalmente, a ocorrência de alguns acidentes notáveis com significativas perdas, os países passaram a elaborar os marcos regulatórios para segurança de barragens.

No Brasil, a Lei Federal nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, estabeleceu a Política Nacional de Segurança de Barragens – PNSB e criou o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens – SNISB, havendo sua alteração através da Lei Federal nº 14.066, de 30 de setembro de 2020. Dentre as alterações, houve a inclusão de informações sobre o plano de ação de emergência, com a redação de alteração em treze incisos.

Esta dissertação foca no Plano de Ação de Emergência (PAE), com o aspecto da comunicação do risco, que é o processo de comunicação responsável e eficaz sobre os fatores de risco para determinado grupo vulnerável, associado à produção industrial, desastres naturais e atividades humanas (LINDELL, 2004). Furnival et al. (2004) destacaram a necessidade de pesquisar de que forma se dá a compreensão do público em relação aos riscos, através de uma comunicação com formato e linguagem acessível e compreensível, cuja informação possa ser obtida através de canais também acessíveis e relevantes para os grupos populacionais.

Assim, em atendimento à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), gestora da segurança de barragens do Brasil, responsável pela fiscalização das barragens de usos múltiplos, exceto para fins de aproveitamento hidrelétrico, em cursos d'água de domínio da União, este trabalho atende uma demanda apresentada por esta entidade, no que diz respeito a análise dos processos de gestão de segurança de barragens, com metodologia acessível à população.

Esta demanda converge com o Acórdão do Tribunal de Contas da União – TCU nº 1.257 publicado na ATA nº19, de 5 de junho de 2019 (TCU, 2019), que tem o objetivo de avaliar a gestão de segurança das barragens de usos múltiplos. O trabalho conflui com o item 9.4.5 deste Acórdão, que destaca o nível de resposta das situações de emergência em potencial (artigo 27 da Resolução ANA 236/2017, encerramento da emergência e elaboração do respectivo relatório de encerramento (artigo 29 da Resolução ANA 236/2017).

Foi necessário apresentar nesta dissertação a Lei nº 14.066, de 30 de setembro de 2020, com uma comparação com a Lei Federal nº12.334/2010, para avaliar as mudanças e possíveis consequências que a alteração da Lei de Segurança de Barragens pode acarretar.

Por fim, o trabalho também atende o item 9.1.14 do Acórdão do TCU nº 1.257, que prevê publicidade aos resultados das inspeções para que as defesas civis, sociedade civil local, municípios, movimentos e organizações sociais tenham conhecimento das anomalias detectadas nos barramentos e dos serviços necessários às suas correções, de modo a possibilitar o acompanhamento das ações saneadoras a serem adotadas para a manutenção da segurança das barragens, nos termos previstos no artigo 3º, inciso VIII e 8º, da Lei 12.334/2010, bem como a implantação das ações preventivas da defesa civil previstas também no artigo 3º da Lei 12.608/2012 e às demais ações tempestivas no sentido da plena implementação da PNSB e da PNPDEC (Política Nacional de Proteção e Defesa Civil).

O estudo vem ao encontro da Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas – ONU para o Desenvolvimento Sustentável do planeta, por meio dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ODS 6 – Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todas e todos; ODS 9 – Construir infraestruturas resilientes, promover a industrialização inclusiva e sustentável e fomentar a inovação; ODS 11 – Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis.

## 2 OBJETIVOS:

Desenvolver a Plataforma de Gerenciamento de Segurança de Barragens e estabelecer suas funções em mobile, com foco em população residente em áreas afetadas por rompimento de barragem.

### 2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar a junção das informações coletadas dentro do aplicativo, e disponibilizar ao empreendedor gestor da barragem, e a defesa civil dados sobre a população residente na área de risco da barragem, estabelecendo pontos de encontro e rotas de fuga;
- Disseminar para a população que vive a jusante da barragem, informações necessárias que auxiliem a busca por áreas de segurança -rota de fuga- em caso de rompimento de barragem e gerar um sistema de alerta automático, para casos de rompimento de barragem; permitindo o crowdsourcing da população.



### 3 REVISÃO DE LITERATURA

As barragens possibilitam os usos múltiplos da água, a administração de vazões a jusante, o desenvolvimento da sua área de influência, dentre outros benefícios (MI, 2005; ICOLD, 2007). As barragens exercem um impacto positivo no bem estar dos indivíduos, por permitir a geração de energia, propiciar o desenvolvimento regional, o abastecimento de água, controle de cheias, garantia de vazão, favorecer a agricultura, a navegação e o lazer. Impactos negativos também são observados pois as barragens promovem a inundação de áreas urbanas, terras férteis e/ou de grande diversidade biológica, intensificam fluxos migratórios, impedem a migração de peixes, alteram a conformação do rio a jusante dos estuários, além de afetar a fauna terrestre e possibilitar o aparecimento de parasitas e transmissores de doenças (ANA,2016).

As barragens podem ser definidas como obstáculos artificiais edificados com a capacidade de reter água, ou qualquer outro líquido, rejeitos e detritos para fins de armazenamento ou controle (COMITÊ BRASILEIRO DE BARRAGENS- CBDB, 2013).

Em consonância com Narayana, Singh e Pandya (1984), as barragens são obras propulsoras de todas as outras atividades de desenvolvimento em todo o mundo, auxiliando nações a se tornarem autossuficientes no abastecimento hídrico, produção de alimentos e geração de energia necessária para a industrialização.

A água é uma *commodity* escassa e de utilização imediata nas barragens de usos múltiplos. O permanente cuidado com o barramento viabiliza o seu aproveitamento nos diversos usos para os quais foi destinada, o que possibilita a melhoria da gestão de segurança de barragem. A consequência deste trabalho reflete em preservação de suas atividades econômicas, em proteção ambiental, em sobrevivência e a proteção das populações que habitam a jusante do reservatório.

As construções de barragens também implicam em impactos negativos que foram assim agrupados por Almeida (2001):

- Impactos imediatos ou de 1ª ordem, decorrentes da inundação do vale a montante da barragem pelo reservatório e a eventual transferência de populações;
- Impactos de 2ª ordem, decorrentes da alteração do regime natural das cheias ou das vazões no vale, resultantes da operação das barragens;

- Impactos de 3ª ordem, decorrentes da ameaça de uma eventual falha de segurança na barragem e da conseqüente ruptura total ou parcial desta.

A ANA (2015) e o ICOLD (2020b) retratam, que com o desenvolvimento tecnológico e das civilizações, o número de barragens construídas aumentou, apresentando dimensões cada vez maiores, para projetos de usos múltiplos, sendo de suma importância para países em desenvolvimento pela possibilidade do retorno social e econômico a partir de um único investimento.

Schnitter (1994) aponta que, após a Revolução Industrial, o uso de barragens se ampliou para o controle de cheias e estiagens, geração de energia elétrica e recreação.

A Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) é o órgão brasileiro que gere e regulamenta o uso de recursos hídricos no país, assumindo a responsabilidade de manter um cadastro atualizado de barragens existentes em cursos d'água sob sua jurisdição e fiscalizar a segurança destes empreendimentos.

#### **4 HISTÓRICO DE ACIDENTES**

Com os rompimentos de barragem no Brasil, as pessoas estão cada vez mais preocupadas com a possibilidade de falhas e o risco destas estruturas. Devido às catástrofes, novas questões regulatórias e a padronização de procedimentos de segurança também foram levantadas.

Em boletim publicado pelo ICOLD (1998), a maioria dos acidentes de barragens com vítimas fatais envolve ruptura de estruturas com uma altura inferior a 30 metros, geralmente localizadas em propriedades particulares rurais, instituindo esse porte de barramento como o de maior risco.

Considerando a dimensão das construções, a possibilidade de ruptura de barragens é preocupação constante por parte da população que vive a jusante.

Em novembro de 2015, o rompimento da barragem “Fundão”, construída para fins de acúmulo de rejeitos de mineração, localizada no Brasil no município de Mariana, estado de Minas Gerais, provocou a defluência de, aproximadamente, 55 milhões de metros cúbicos de lama, impactando áreas adjacentes aos corpos hídricos localizados a jusante do barramento por uma extensão de 650 km até encontrar a foz do rio Doce (ANA, 2016a).

Em menos de três anos após este ocorrido, em janeiro de 2019, ainda em território brasileiro, a barragem de contenção de rejeitos “Barragem I” da Mina Feijão, no município de Brumadinho, estado de Minas Gerais, sofreu um colapso, provocando a defluência de, aproximadamente, 12 milhões de metros cúbicos de líquido a jusante (ANM, 2019).

Embora o volume liberado pela segunda barragem supracitada seja cerca de quatro vezes menor que aquele liberado pelo primeiro desastre, o fato ocorrido em Brumadinho provocou um impacto direto sobre 419 pessoas, das quais foram confirmados 246 óbitos e 24 casos de desaparecimento (MINAS GERAIS, 2019).

A proposição de Projetos de Lei posteriores a estes grandes eventos é comum, pois é a reação à acidentes de grande magnitude, significância e impacto ao meio ambiente, econômico e principalmente, social, com a tentativa de remediação ao já ocorrido.

Após a promulgação da Lei Federal brasileira n. 12.334 (BRASIL, 2010), a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) passou a utilizar e implementar novas metodologias e ferramentas destinadas a gerir o Sistema Nacional de Segurança de Barragens, tais como o Relatório de Segurança de Barragens.

Documento este que apresenta, com uma periodicidade praticamente anual, registros de acidentes e incidentes comunicados à ANA durante o período de abrangência deste relatório.

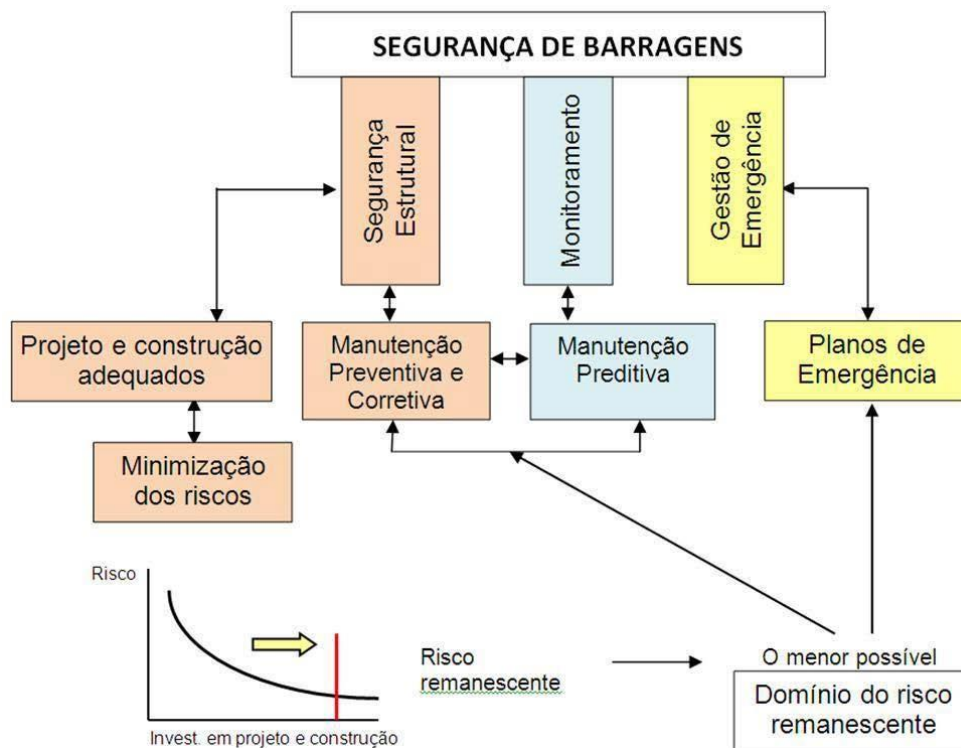
No apêndice 1, estão contemplados todos os acidentes e incidentes já registrados formalmente pela instituição em seus Relatórios de Segurança de Barragens. É identificado uma média de 10 acidentes e incidentes por ano, sendo que no ano de 2019 foi identificado o maior número de acidentes e incidentes relatados, chegando a 70, sendo 12 acidentes e 58 incidentes em 15 diferentes estados do Brasil. Esta informação alcançou este maior número no ano de 2019 pois a exigência de relatar os incidentes aumentou com o passar dos anos. Não pode se inferir que nos anos anteriores não existiram outros incidentes, pois até o momento, ainda há por parte dos empreendedores e os órgãos fiscalizadores ausência de informações, como apresentado no RSB 2019 (ANA,2020) que 61% das barragens no Brasil não possuem informações suficientes sequer para se avaliar se estão submetidas ou não à PNSB.

## 5 SEGURANÇA DE BARRAGENS

Segurança de barragem é a condição que vise a manter a sua integridade estrutural e operacional e a preservação da vida, da saúde, da propriedade e do meio ambiente (BRASIL,2020).

O Ministério da Integração Nacional - MI (2002) informou que a segurança de barragens pode ser obtida a partir de três pilares básicos de ações: a segurança estrutural (projeto, construção e manutenção adequadas), monitoramento e gestão de emergência, conforme exposto na figura 1.

Figura 1 Pilares básicos da segurança de barragens



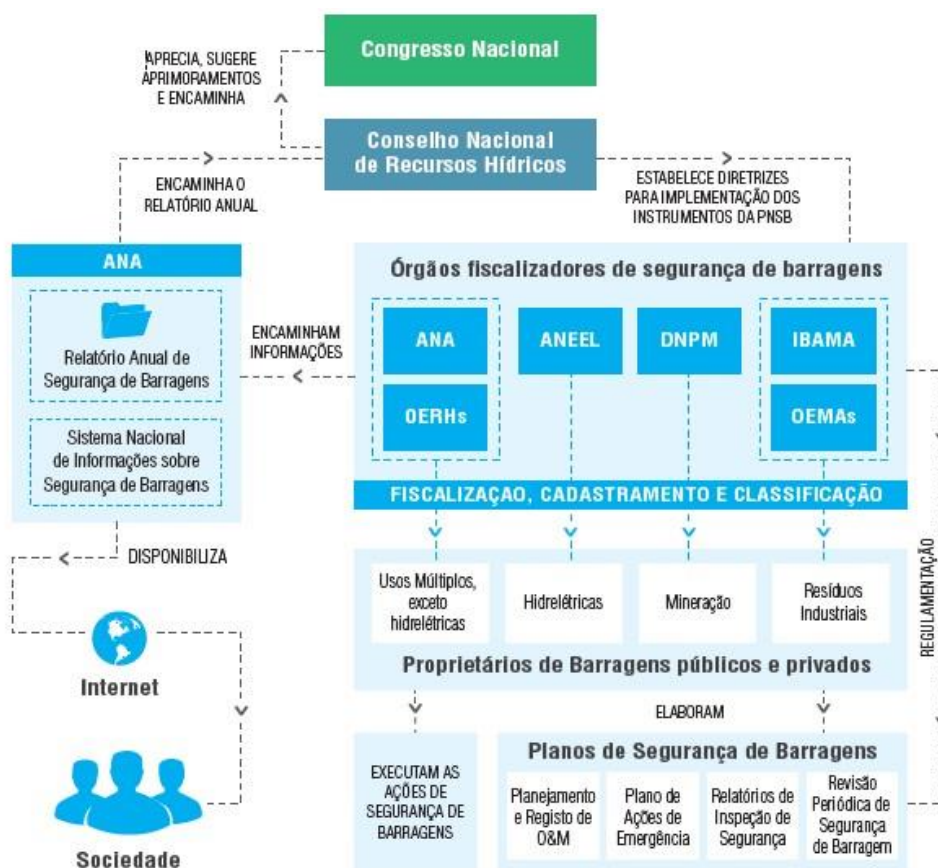
Fonte: (ANA, 2013)

Pereira (2019) ressalta que antes da promulgação da Lei Federal, o Brasil somente dispunha de leis nacionais direcionadas ao gerenciamento de recursos hídricos, que pudessem tratar da segurança de barragens indiretamente, como a Lei das Águas - Lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997 (BRASIL, 1997) e a criação da Agência

Nacional de Águas – ANA pela Lei Federal nº 9.984, de 17 de julho de 2000 (BRASIL, 2000).

Cardia e Anderáos (2012) relata que existiram tentativas de se obter uma legislação adequada de segurança de barragens desde 1977, pelo Decreto-Lei nº 10.752/77 do Estado de São Paulo, como resposta a ruptura das barragens Euclides da Cunha e Armando Salles Oliveira (Limoeiro), no rio Pardo, em São Paulo – SP, no mesmo ano, contudo, não houve regulamentação do decreto, assim nunca sendo implementado. Da figura 2 destaca-se principalmente que não há hierarquia entre os órgãos fiscalizadores, onde cada um tem seu papel fiscalizatório bem definido pela Lei, encontrando-se todos em pé de igualdade nas respectivas áreas de atuação.

Figura 2 Arranjo esquemático da Política Nacional de Segurança de Barragens



Fonte: (ANA, 2013)

Dentre todos estes possíveis órgãos fiscalizadores, o de maior relevância é a ANA, que tem além do papel de fiscalizador das barragens de acúmulo de água – com exceção das barragens para fins de aproveitamento hidrelétrico - localizadas em rios de domínio da União, através da Resolução nº 236, de 30 de janeiro de 2017, a função de implementar e gerir o SNISB, elaborar anualmente o Relatório de Segurança de Barragens – RSB, a incumbência de ser a articuladora entre os órgãos fiscalizadores e receber, em conjunto com os órgãos de proteção a defesa civil, as denúncias de possíveis situações de emergências em barragens (ANDREETTA, 2020).

## **6 CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS**

Foi instituído o Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH através da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997 (BRASIL, 1997), assumindo a coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Com o Decreto Federal nº 2.612/98 se deu a regulamentação do CNRH. Foi revogado pelo Decreto Federal nº 4.613/2003, e novamente revogado pelo atual Decreto nº 10.000/2019 (BRASIL, 2019).

Com demonstra o artigo 1º, incisos XX, XXI e XXII do Decreto nº 10.000/2019, o CNRH deve zelar pela implementação da PNSB, estabelecer diretrizes para a implementação da PNSB e aplicação de seus instrumentos e atuação do SNISB, apreciar o RSB, encaminhando-o ao Congresso Nacional com as devidas recomendações para melhoria de segurança das obras, se necessário. É definido ainda o caráter permanente das Câmaras Técnicas de Segurança de Barragens – CTSB.

No âmbito da Lei Federal nº 12.334/2010, o CNRH tem o intuito de regulamentar os artigos 7º sobre os critérios gerais de classificação das barragens por categoria de risco, dano potencial associado e volume, e 20º que trata sobre as diretrizes para implementação da PNSB e aplicação de seus instrumentos e atuação do SNISB.

## **7 SISTEMA NACIONAL DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS**

O Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH) é o conjunto de órgãos e colegiados que concebe e implementa a Política Nacional das Águas.

Instituído pela Lei das Águas (lei nº 9.433/97), o papel principal do SINGREH é fazer a gestão dos usos da água de forma democrática e participativa. Além disso, o Sistema tem como principais objetivos:

- Coordenar a gestão integrada das águas;
- Arbitrar administrativamente os conflitos relacionados aos recursos hídricos;
- Planejar, regular e controlar o uso, bem como a recuperação dos corpos d'água;
- Promover a cobrança pelo uso da água.

O Programa DesenvolveRH resultou de uma parceria entre a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) e a Fundação Dom Cabral (FDC), visando estabelecer as competências necessárias aos integrantes do SINGREH e, ao mesmo tempo, propor soluções educacionais para desenvolvê-las.

No item 9, que trata de regulação de segurança de barragens, tem como diretriz zelar pela política de segurança de barragens em todos os âmbitos e analisar propostas técnicas de melhoria. Essa competência envolve:

1. Estabelecimento de diretrizes e proposições para melhorias e ajustes nas ações relacionadas à segurança de barragens.

Espera-se que o membro das instâncias colegiadas com essa competência:

- Aprecie e delibere sobre os temas relacionados à segurança de barragem em todos os âmbitos
- Analise e delibere sobre propostas de melhorias na legislação.

No contexto nacional, em questões técnicas tem a participação do conselheiro que Participa das discussões e deliberações sobre o tema Política Nacional de Segurança de Barragens – PNSB, avaliando as propostas de regulamentação que possam vir da Câmara Técnica, e aprecia os RSB e avalia os pareceres sobre os relatórios encaminhados pela Câmara Técnica. Tem a participação também do Membro de Câmara Técnica, que estuda e sugere melhorias para os RSB elaborados pela ANA, emitindo pareceres sobre os relatórios para serem avaliados pelo plenário, e estuda e avalia

recomendações para a melhoria na PNSB, emitindo pareceres técnicos e propostas de diretrizes e recomendações para regulamentação da Política.

## **8 POLÍTICA NACIONAL DE SEGURANÇA DE BARRAGENS**

Por meio da Lei nº 12.334 de 2010, foi regulamentada no Brasil a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB). A PNSB definiu responsabilidades do órgão fiscalizador e do empreendedor da barragem e os procedimentos a serem adotados em prol da segurança da estrutura. Com efeito, a PNSB pode ser considerada como o marco legal da segurança de barragens no Brasil, uma vez que visa contribuir para redução da ocorrência de acidentes através da gestão do risco na barragem.

Foi estabelecido alguns instrumentos como o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB); o sistema de classificação de barragens por categoria de risco e por dano potencial associado; o Plano de Segurança de Barragem; o Sistema Nacional de Informações sobre o Meio Ambiente (Sinima); o Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental; Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras ou utilizadoras de Recursos Ambientais; e o Relatório de Segurança de Barragens.

A Lei deixou claro que a responsabilidade primária pela segurança da barragem é do empreendedor, seja esse um agente privado ou governamental, desde que com direito real sobre as terras onde se localizam a barragem e o reservatório, ou que explore a barragem para benefício próprio ou da coletividade, tendo o dever de manter a barragem em condições adequadas, assim como cumprir com todas as normas e regulamentos impostos pelos órgãos fiscalizadores.

Nos termos da Lei 12.334/2010, a responsabilidade legal pela segurança da barragem é do empreendedor, a quem cabe desenvolver as ações destinadas a sua garantia (art. 4º), quando diz que o empreendedor é o agente detentor do direito real sobre as terras onde se localiza a barragem ou que a utiliza para obtenção de benefícios, podendo ser público ou privado.

Como responsável legal pela segurança da barragem, imputam-se ao empreendedor competências diversas, das quais se destacam (art. 17): prover os recursos necessários à garantia da segurança da barragem; organizar e manter as



informações e a documentação referentes ao projeto, à construção, à operação, à manutenção, à segurança e, quando couber, à desativação da barragem; informar ao respectivo órgão fiscalizador qualquer alteração que possa comprometer a sua segurança; elaborar e manter atualizado o plano de segurança da barragem (PSB) e o plano de ação de emergência (PAE) , quando exigido; manter serviço especializado em segurança de barragem e realizar as inspeções cabíveis.

No SNISB, 3.717 barragens sujeitas à PNSB possuem informação de empreendedor, e outras 1.568 não (por falta de informações para o cadastramento no Sistema conforme explicado anteriormente). Com base no cadastro, existem, no país, 1.478 diferentes empreendedores com barragens sujeitas à PNSB. O empreendedor com maior número de barragens cadastradas é o Departamento Nacional de Obras Contra as Secas, com 234 barragens. Outros empreendedores com elevado número de barragens são a Vale S/A (115 Barragens), Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará (92 barragens) (ANA,2019).

Cabe ainda ao empreendedor (artigo 28 da Resolução ANA 236/2017) a promoção de treinamentos internos, no máximo a cada dois anos, e manter os respectivos registros das atividades; participar de simulações de situações de emergência, em conjunto com prefeituras, Defesa Civil e população potencialmente afetada na ZAS; designar, formalmente, o Coordenador do PAE podendo ser o próprio empreendedor; detectar, avaliar e classificar as situações de emergência em potencial, de acordo com os Níveis de Resposta; emitir declaração de início e encerramento de emergência, obrigatoriamente para os Níveis de Resposta 2 e 3 (laranja e vermelho); executar as ações previstas no Fluxograma de Notificação do PAE; alertar a população potencialmente afetada na ZAS, caso se declare Nível de Resposta 2 e 3 (laranja e vermelho), sem prejuízo das demais ações previstas no PAE e das ações das autoridades públicas competentes; estabelecer, em conjunto com a Defesa Civil, estratégias de comunicação e de orientação à população potencialmente afetada na ZAS sobre procedimentos a serem adotados nas situações do inciso anterior; providenciar a elaboração do relatório de encerramento de emergência, conforme o artigo 32 desta Resolução.

A Lei 12334 de 2010 abrange as barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais que apresentem pelo menos uma das seguintes características, decorrente da altura do maciço, contada do ponto mais baixo da fundação à crista, maior ou igual a 15m; ou da capacidade total do reservatório maior ou igual a 3.000.000m<sup>3</sup>; do reservatório que contenha resíduos perigosos conforme normas técnicas aplicáveis; ou da categoria de dano potencial associado, médio ou alto, em termos econômicos, sociais, ambientais ou de perda de vidas humanas.

As barragens que não satisfazem aos critérios apresentados não se submetem à PNSB, mesmo assim seus empreendedores devem garantir a sua segurança.

Houve adição de especificidades no que tange a necessidade de adequação a PNSB através da Lei 14066 de setembro de 2020 que altera a Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB);

A classificação das barragens influencia no rigor das medidas adotadas para a segurança do empreendimento, a qual influi diretamente na sustentabilidade e no alcance de potenciais efeitos sociais e ambientais. Os critérios aplicados são estabelecidos pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) através da Resolução nº143/2012, Esta resolução tem o objetivo de estabelecer critérios gerais de classificação de barragens por categoria de risco, dano potencial associado e pelo seu volume, em atendimento ao art. 7º da Lei nº 12.334, de 2010.

Cabe a cada entidade fiscalizadora classificar as barragens sob sua jurisdição. As ações de fiscalização da segurança de barragens pelo órgão fiscalizador, como quando o uso preponderante da barragem é geração de energia hidrelétrica, o fiscalizador é a entidade que concedeu ou autorizou o uso do potencial hidráulico; quando o uso preponderante da barragem é acumulação de água, exceto para fins de aproveitamento hidrelétrico, o fiscalizador é a entidade que outorgou o direito de uso dos recursos hídricos, observado o domínio do corpo hídrico; quando o uso preponderante da barragem é a disposição final ou temporária de rejeitos de mineração, o fiscalizador é a entidade outorgante de direitos minerários; ou quando o uso preponderante da barragem

é a disposição de resíduos industriais, o fiscalizador é a entidade que forneceu a licença ambiental de instalação e operação (ANA,2019).

A ANA na resolução nº 132/2016, estabeleceu novos critérios complementares de classificação de barragens quanto ao Dano Potencial Associado – DPA com fundamento no art. 5º, §3º, da Resolução CNRH nº 143, de 2012, e art. 7º da Lei nº 12.334, de 2010. Critérios complementares para a classificação quanto à CRI foram emitidos pela ANEEL, através da Resolução Normativa nº 696/2015, e ANM através da Portaria nº 70.389/2017, alterada pela Resolução nº 32, de 11 de maio de 2020.

Para fins de classificação das barragens, a categoria de risco crítico considera as características da estrutura, o estado de conservação do empreendimento e o atendimento ao plano de segurança e, nesse sentido, as barragens podem ser categorizadas como de risco alto, médio ou baixo.

No que concerne ao dano potencial associado (DPA), que pode igualmente ser considerado alto, médio ou baixo, avalia-se o potencial de perdas humanas e os impactos econômicos, sociais e ambientais decorrentes de eventual ruptura da estrutura.

As resoluções estabelecem, para cada um desses aspectos, vários subitens, aos quais se atribuem pontuações. Quanto maior a pontuação de cada subitem, pior a situação da barragem. A classificação final resulta da soma de todos os subitens que compõem a classificação quanto ao risco crítico e quanto ao dano potencial associado, a partir de faixas ou intervalos de classificação predefinidos.

De acordo ainda com a Resolução ANA 236/2017, a matriz de classificação de dano potencial associado, para as barragens de acúmulo de água, com exceção à geração hidrelétrica, localizadas em rios sob domínio da União, é apresentada no quadro 1.

Quadro 1 Matriz de classificação de dano potencial associado

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

Fonte: (ANA, 2017a)

Além disso a classificação permite concluir para quais barragens as ações de acompanhamento, fiscalização e recuperação devem ser priorizadas, pois a Categoria de Risco alto significa maior probabilidade de falha da barragem e, por sua vez, o Dano Potencial Associado alto indica que, em caso de uma falha, as consequências seriam graves.

Essa situação pode ser demonstrada pelo Relato da Agência Nacional de Mineração - ANM sobre rompimento da Barragem I da mina Córrego do Feijão em Brumadinho – MG, que diz que a fiscalização in loco da ANM é realizada de acordo com um ranking de prioridade que é definido de forma informatizada pelo SIGBM (Sistema Integrado de Gestão em Segurança de Barragens de Mineração), atualizado diariamente. Segundo esta priorização, a barragem I encontrava-se na posição 68, devido a classificação de baixo risco e dano potencial alto. A Barragem I, por se tratar de estrutura que utilizava o método construtivo “à montante” e com DPA Alto, se enquadrava nos quesitos que a obrigariam a possuir, a partir de junho de 2019, um sistema de monitoramento automatizado de instrumentação, com acompanhamento em tempo real e período (ANM,2020).

As informações técnicas e operacionais das barragens devem estar contidas no Plano de Segurança de Barragem (PSB) que periodicamente precisa ser atualizado com as informações do barramento e das condições do seu entorno. Nele além de ser descrita a situação em que a barragem se encontra, também são apresentadas ações a serem adotadas pelo empreendedor para a manutenção da segurança da barragem. Em função da categoria de risco e do dano potencial associado à barragem o órgão fiscalizador poderá exigir o Plano de Ações Emergenciais (PAE) como conteúdo anexo ao PSB.

A gestão do risco está relacionada ao dano potencial associado à barragem que segundo a PNSB conceitua-se como um “dano que pode ocorrer devido ao rompimento, vazamento, infiltração no solo ou mau funcionamento”. As ações mitigadoras para garantir a segurança da barragem devem constar nos relatórios de inspeção do barramento, um dos conteúdos mínimos requisitados pelo Plano de Segurança de Barragem.

O aumento de superfície habitável causa avanço da ocupação urbana e a comunidade começa a estabelecer moradias na região sem nenhum tipo de fiscalização ou impedimentos. Por estarem em cotas inferiores ao barramento, essas áreas apresentam elevada vulnerabilidade em casos de acidentes em sua estrutura. Quanto maior for a vulnerabilidade na exposição de pessoas e bens a inundações, maior será o risco associado. Os riscos são considerados por Apel *et al.* (2008) como o perigo em função dos aspectos físicos e estatísticos, tais como o período de retorno da inundação, a extensão e a profundidade da inundação. O crescimento do risco amplifica a adoção de medidas preventivas, de controle e de mitigação na gestão da barragem através da concepção de ações de caráter normativo, conforme a Política Nacional de Segurança de Barragem (PNSB).

MEDEIROS (2020a) define que para o desenvolvimento de uma estrutura reguladora de segurança de barragens eficiente, é preciso contar com a participação direta de todos os entes envolvidos ao tema, como disposto na figura 3.

Figura 1 Estrutura reguladora de segurança de barragens



Fonte: MEDEIROS Apuld ICOLD (2020a)

## 9 GESTÃO DE RISCO

A mitigação do risco corresponde à fase final do processo de gestão do risco e pode ocorrer por meio da redução do risco associado à barragem, com medidas de prevenção associadas ao controle da segurança da barragem, ou da redução da vulnerabilidade do vale a jusante da barragem, com medidas de preparação e planejamento do uso e ocupação do solo (VISEU & ALMEIDA, 2011). De acordo com Almeida (2015), as principais medidas mitigadoras do risco, que buscam reduzir significativamente o número expectável de vítimas, são: a implementação de um sistema de aviso à população interligado à equipe de controle e operação da barragem; elaboração de um plano de evacuação com base no mapa de inundação fornecido pelo proprietário da barragem; e elaboração de um plano de emergência para gestão da possível crise contendo ações de socorro, recuperação e a realização de treinos, exercícios e ensaios dos sistemas de aviso e alerta.

Uma ferramenta de preparação que reduz os danos (sobretudo a perda de vidas) quando da ocorrência de acidentes, a partir do planejamento prévio das ações, bastante difundida mundialmente é o PAE, que consiste em um documento que descreve “quem faz o quê, onde, quando e como” em situações de emergência (CWC, 2006), sendo dessa forma, uma medida estruturante de mitigação do risco.

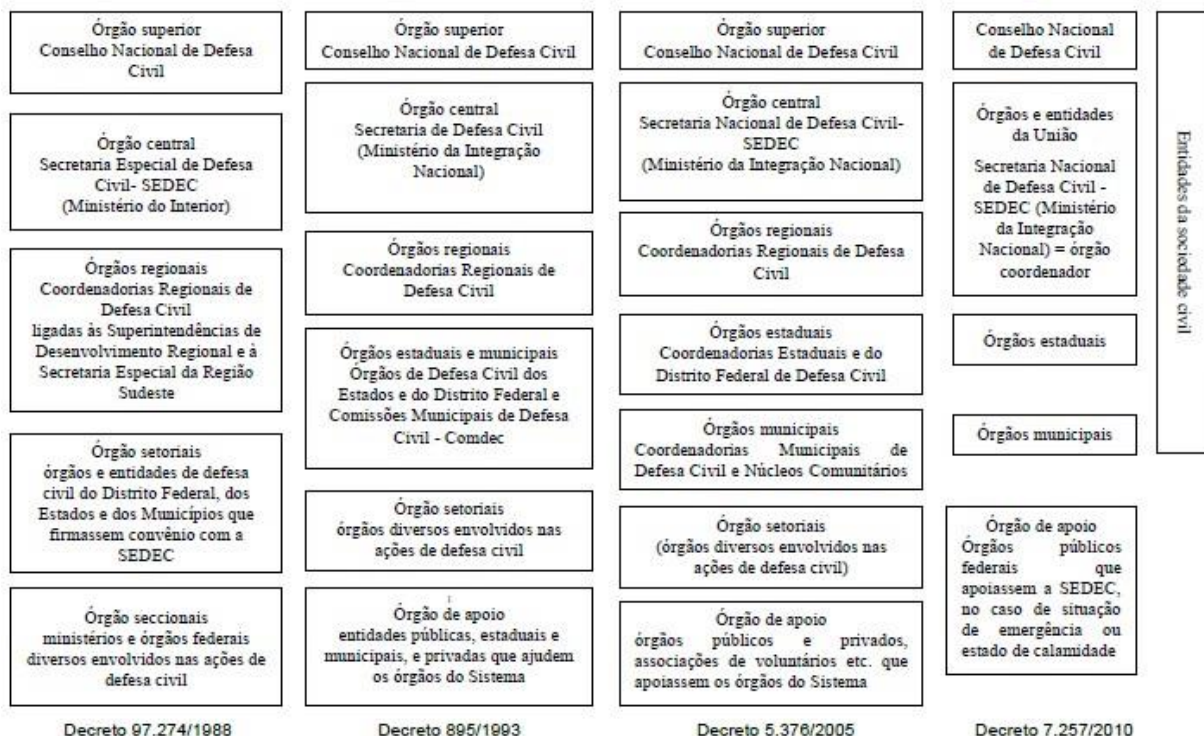
As falhas de comunicação em desastres são contrastantes com a corrente atual dos sistemas de alerta e comunicação de riscos. Villagrán de León (2008) ressaltou a importância de envolver as pessoas como participantes no planejamento e na operação dos sistemas de alerta. Os sistemas de alertas centrados as pessoas, em contraste com os sistemas tecnicamente orientados, são chamadas “*bottom-to-top*”, sendo como ponto de partida as comunidades que poderiam ser afetadas e planejando o sistema de acordo com as características dessas comunidades. O termo “*last mile*” surgiu com a reflexão de que os sistemas tecnicamente orientados planejam uma abordagem “*top-to-bottom*”, em que as pessoas em risco são incorporadas no final. O autor salienta à importância de garantir que os sistemas de alerta sejam planejados, implementados e operados com o objetivo de empoderar as pessoas que mais precisam deles. O empoderamento diz respeito à informações adequadas sobre os riscos que elas enfrentam e às maneiras de minimizar as perdas, caso seja previsto um evento catastrófico. No Brasil, a PNSB

estabeleceu que as barragens devem ser classificadas em função da categoria de risco, do DPA e do volume do seu reservatório, com base em critérios gerais estabelecidos pelo CNRH. No que concerne à categoria de risco, a Resolução nº 143 de 2012 do CNRH preconiza a atribuição de pontuações em função das características técnicas (altura, comprimento, tipo de barragem quanto ao material de construção, tipo de fundação, idade da barragem e vazão de projeto), do estado de conservação (confiabilidade das estruturas extravasoras, percolação controlada ou com surgências e carreamento de material, deformações e recalques, deterioração nos taludes e paramentos) e do Plano de Segurança da Barragem (documentação de projeto, da estrutura organizacional e qualificação da equipe, dos manuais de procedimentos para inspeção e monitoramento, da existência do PAE e da emissão de relatórios de inspeção e monitoramento). Assim sendo, a classificação quanto ao risco do CNRH (2012) é realizada de acordo com os fatores que podem indicar quais seriam as barragens com maior possibilidade de ruptura.

## **10 PLANO NACIONAL DE PROTEÇÃO E DEFESA CIVIL**

Embora a primeira constituição do império do Brasil, datada de 24 de março de 1824, em seu artigo 179, já falava em garantir os socorros públicos (UFSC, 2012), somente após a Constituição Federal de 1988, um sistema nacional de defesa civil foi criado. Em um período de 24 anos, este sistema passou por sucessivas alterações (GANEM, 2012), conforme pode ser observado nas Figura 4 e Figura 5. Portanto, pode-se afirmar que é uma estrutura que ainda está em busca de um melhor desenho institucional e que o mesmo não está totalmente consolidado.

Figura 2 Evolução do Sistema Nacional de Defesa Civil conforme Decretos 1988 a 2010

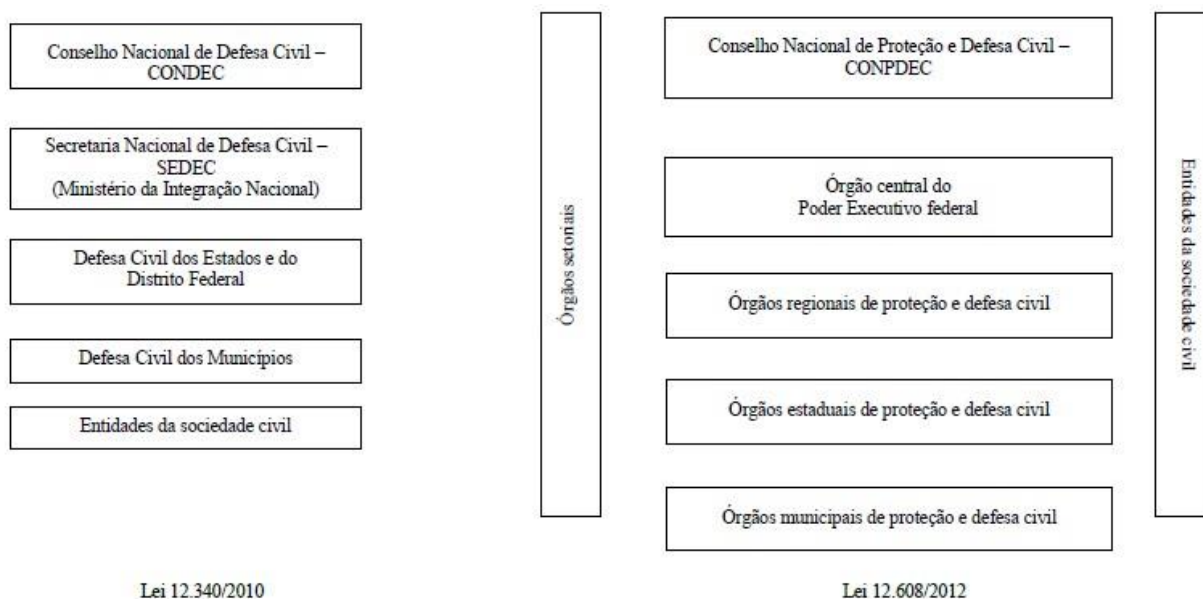


Fonte: Gestão de desastres no Brasil (GANEM, 2012)

Até 2010, a estrutura do sistema nacional de defesa civil foi regulada a partir de decretos editados pelo poder executivo. Até a edição do decreto 7.257/2010, todos os decretos anteriores (decreto 97.274/1988, decreto 895/1993 e decreto 5.376/2005) apresentavam na composição do Sistema a figura dos órgãos seccionais ou setoriais. Cabe ressaltar que nestes 3 decretos foram elencados quais seriam estes órgãos, em geral ministérios e outros órgãos federais envolvidos nas ações de defesa civil, e foram trazidas competências bem específicas e individuais para cada um destes órgãos. A partir do decreto 7.257/2010 a definição e competências destes órgãos federais não foram trazidas em legislação, tornando-se uma das lacunas para uma melhor organização do sistema (BRASIL, 2020).



Figura 3 Evolução do Sistema Nacional de Defesa Civil conforme Leis 12.340/2010 e 12.608/2012



Fonte: Gestão de desastres no Brasil (GANEM, 2012)

O órgão central do Sistema Nacional de Defesa Civil (SINPDEC), em todas as legislações até a instituição da Lei 12.608/2012, havia sido nomeado como a Secretaria Nacional de Defesa Civil. Uma alteração importante neste ponto, trazida pela Lei 12.608/2012, foi que a escolha do órgão central do Sistema ficou para ser definida em ato do Poder Executivo Federal. No Decreto Nº 10.593/2020, foi modificado o nome para Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil do Ministério do Desenvolvimento Regional com as funções de órgão central do Sinpdec e de coordenação do Sistema Federal de Proteção e Defesa Civil.

Compete à Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil do Ministério do Desenvolvimento Regional a coordenação e o apoio técnico ao Sinpdec e a articulação com os órgãos e as entidades federais para a execução das ações de gerenciamento de riscos e de desastres no âmbito do Sistema Federal de Proteção e Defesa Civil.

O Plano Nacional de Proteção e Defesa Civil integrará, de maneira transversal, as políticas públicas de ordenamento territorial, desenvolvimento urbano, saúde, meio ambiente, mudanças climáticas, gestão de recursos hídricos, geologia, infraestrutura,

educação, ciência e tecnologia, assistência social e aquelas vierem a ser incorporadas ao Sinpdec, com vistas à proteção da população (BRASIL, 2020b).

O Sistema Nacional de Informações de Monitoramento de Desastres será integrado pelos sistemas existentes ou que venham a ser instituídos pelos órgãos e entidades integrantes do Sinpdec. Os sistemas integrantes de Desastres deverão fornecer dados e informações relativos aos seguintes tipos de risco, dentre outros, em barragens (DC, 2020).

Desastres são acontecimentos que fogem à normalidade, envolvendo grandes impactos negativos ambientais, econômicos e sociais. Muitas vezes deixam sequelas, reversíveis ou não, nos sistemas ecológicos e socioeconômicos. Resultam de eventos adversos sobre ecossistemas vulneráveis e podem provocar a perda de muitas vidas humanas, dependendo da magnitude do evento e do grau de preparação das comunidades para sua ocorrência. A presença de sistemas eficientes de monitoramento, alerta e evacuação, por exemplo, pode evitar muitas mortes.

A origem dos desastres pode ser natural ou antrópica. As consequências recaem sobre os ecossistemas e sobre as populações humanas, afetando mais drasticamente as populações carentes, que habitam áreas de risco, estão mal preparadas e têm baixa capacidade de recuperação (CEPAL, 2003).

Quanto a intensidade de desastres, Instrução Normativa Nº 36, de 4 de dezembro de 2020, classifica em três níveis, sendo o primeiro nível de pequena e o terceiro de grandes proporções.

Acidentes com barragens geralmente geram grandes problemas sociais e econômicos, além de eventuais perdas de vidas, por isso a Regulamentação deste tema se fez necessário. Com a criação da Lei 12.334/2010, estabeleceu 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, que determina em seu artigo 4º, no inciso III, que *o empreendedor é o responsável legal pela segurança da barragem, cabendo-lhe o desenvolvimento de ações para garanti-la;* Dentre as obrigações dos empreendedores, relativamente à PNSB, destaca-se a elaboração do Plano de Segurança da Barragem, que deverá ser específico para cada barragem, e quando exigido a partir do grau de risco, o Plano de Ação de Emergência

(PAE), que deve conter todas as orientações importantes para tomada de decisão no momento de sinistro, permitindo entre outras medidas a notificação e o alerta antecipado, visando minimizar os danos materiais e ambientais além das perdas de vidas.

Em caso de alerta, o estado tem participação, representado pela Defesa Civil, que possui um plano de contingência (PLANCON), têm por objetivo definir protocolos de ação para reduzir o risco de perda de vidas no caso de rompimento de barragens e estabelece as ações de proteção e defesa civil, organizando as ações de prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação. Assim, para cada uma destas ações, haverá responsabilidades específicas, integradas a um sistema de gestão sistêmica e contínua.

O PLANCON deve ser elaborado pelo órgão de defesa civil municipal e contém procedimentos para alerta e evacuação da população potencialmente afetada no caso de acidentes com barragens. Para sua implementação, o PLANCON deve estar intimamente articulado com o PAE, que, por sua vez, define os procedimentos para as situações de emergências com barragens, incluindo protocolos de emissão de avisos e alertas, de responsabilidade do empreendedor, que acionam o PLANCON (ANA,2019).

Através da Lei 12.608, de 10 de abril de 2012 que estabelece a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil – PNPDEC, o Ministério da Integração Nacional, através da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil – SEDEC, aprovou o Caderno de Orientações para Apoio à Elaboração de Planos de Contingência Municipais para Barragens, através da Portaria nº 187, de 26 de outubro de 2016. Estabeleceu a fase interna, que são ações de responsabilidade do empreendedor, tais como averiguar e garantir as condições de operação da estrutura, segurança e estabilidade da barragem. Estes procedimentos são estabelecidos no Plano de Ação de Emergência (PAE). Além da fase externa, que são procedimentos emergenciais a ser adotados pela população em risco e pelo poder público local, que devem ser estabelecidos em Planos de Contingência Municipais a serem elaborados em conjunto com a Defesa Civil (com apoio do Empreendedor).

Deve estar determinado a Zona de Auto Salvamento (ZAS), que é a região a jusante da barragem em que se considera que os avisos de alerta a população são de responsabilidade do empreendedor por não haver tempo suficiente para intervenção das autoridades competentes. Determinar também a Área de Impacto Direto, que é o limite

geográfico, gerado a partir de um estudo técnico especializado, que representa a área situada à jusante (à frente, ou abaixo) da barragem, e que pode vir a ser atingida caso haja uma ruptura do barramento, através do mapa de inundação.

As etapas para a elaboração do plano de contingência inicia com a percepção do risco e decisão de constituir o PLANCON. Havendo a necessidade, realiza-se a constituição do grupo de trabalho, responsável por analisar o cenário de risco e cadastro de capacidades como a análise do cenário (cadastro das pessoas), as definições de ações e procedimentos como o sistema de monitoramento e alerta (definição de um sistema de alarme). A etapa seguinte é o cadastro de recursos (humanos, institucionais, transporte, materiais e financeiros), juntamente com o estabelecimento de rotas de fuga e de pontos de encontro; durante o processo de emergência deve estar esclarecido as ações de socorro (ações de resgate, busca e salvamento, atendimento médico hospitalar, etc); a assistências as vítimas (abrigo, água potável, alimentação, banheiros, lavanderia, atenção integral à saúde, apoio psicológico, etc); e o restabelecimento dos serviços essenciais (após a declaração de encerramento da emergência feita pelo empreendedor) - restabelecer as condições de segurança e habitabilidade. Imprescindível a execução de simulados (repetição em período máximo de 01(ano) ou sempre que alguma alteração que impacte nas condições de funcionamento do PLANCON). (BRASIL, 2016).

De acordo com o relatório de segurança de barragens (ANA, 2019) poucos PLANCONs e exercícios simulados de situações de emergência foram elaborados.

O trabalho do gestor da barragem e da defesa civil é realizado com a função de evitar vítimas, ou seja, para que a população que vive a jusante da barragem tenha condição de evacuar a área que será atingida pela onda de cheia. Entretanto a falta de comunicação entre os agentes ainda é um grande entrave nessa situação, podendo exemplificar os rompimentos de barragens nos últimos anos no Brasil, que causou vítimas, decorrido do tempo de alerta e a falta de informação perante as rotas de fuga.

Referente ao caso da Barragem do Cobre, o Plano de Ação de Emergência (PAE) está em desenvolvimento e não foi possível obter informações referente ao seu conteúdo. Referente a Defesa Civil não existe um plano de contingência (PLANCON). Deste modo, com a ausência de dados, o processo de estabelecer as funções determinadas em ambos

planos, como mapa de inundação e onda de cheia (PAE) e rotas de fuga e pontos de encontro foi feita de forma hipotética.

## **11 SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SEGURANÇA DE BARRAGENS**

O SNISB é um instrumento da PNSB instituído com o objetivo de manter o registro informatizado das condições de segurança de barragens em todo o território nacional, tendo como princípios básicos do seu funcionamento a descentralização da obtenção e produção de dados e informações, a coordenação unificada do sistema e o acesso a dados e informações garantido a toda a sociedade. Cabe à ANA a responsabilidade pela organização, implantação e gestão do SNISB.

## **12 LEI FEDERAL 14066/2020:**

O Presidente da República, em 30 de setembro de 2020, promulgou o Projeto de Lei nº 550/2019, que altera a Lei Federal nº 12.334/2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), dessa forma, passou a vigorar a Lei Federal nº 14.066, de 30 de setembro de 2020, com a seguinte proposição:

“Altera a Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), a Lei nº 7.797, de 10 de julho de 1989, que cria o Fundo Nacional de Meio Ambiente (FNMA), a Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, e o Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967 (Código de Mineração)” (BRASIL, 2020a).

A lei citada surge após os acidentes de Mariana – MG, em novembro de 2015, e de Brumadinho – MG, em janeiro de 2019. Houve a necessidade da mobilização do poder público a fim de aperfeiçoar a Política Nacional de Segurança de Barragens – PNSB por meio da alteração da Lei nº 12.334/2010.

Houve alterações no art. 1, quando trata de quais barragens estarão inseridos no PNSB, como a altura do maciço, medida do encontro do pé do talude de jusante com o nível do solo até a crista de coroamento do barramento, maior ou igual a 15 (quinze) metros; e sob a Categoria de risco alto, a critério do órgão fiscalizador.

Houve a proibição de construção ou o alteamento de barragem de mineração pelo método a montante, que é a metodologia construtiva de barragem em que os diques de

retenção se apoiam sobre o próprio rejeito ou sedimento previamente lançado e depositado; além de exigir a descaracterização da barragem construída ou alteada pelo método a montante até 25 de fevereiro de 2022.

Os objetivos do PNSB foram alterados, com a regulamentação de ações de segurança a serem adotadas nas fases de planejamento, projeto, construção, primeiro enchimento e primeiro vertimento, operação, desativação, descaracterização e usos futuros de barragens, com o fomento da cultura de segurança de barragens e gestão de riscos, e a definição de procedimentos emergenciais e fomentar a atuação conjunta de empreendedores, fiscalizadores e órgãos de proteção e defesa civil em caso de incidente, acidente ou desastre.

Sobre os fundamentos da legislação, presentes no art.4º, houve a alteração de todos incisos, com a inserção da descaracterização do empreendimento, com a necessidade de participação direta ou indireta da população nas ações preventivas e emergenciais, incluídos a elaboração e a implantação do Plano de Ação de Emergência (PAE). Exigiu a transparência de informações, a participação e o controle social, e o trecho que mais impacta, que é a completa responsabilidade legal do empreendedor pela segurança da barragem, pelos danos decorrentes de seu rompimento, vazamento ou mau funcionamento e, independentemente da existência de culpa, pela reparação desses danos.

A lei estabeleceu a necessidade de todos os instrumentos da PNSB serem integrados. Houve a introdução do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH), do monitoramento das barragens e dos recursos hídricos em sua área de influência e os guias de boas práticas em segurança de barragens.

Outra informação importante alterada foi decorrente da classificação das barragens, com a classificação por categoria de risco em alto, médio ou baixo, realizada em função das características técnicas, dos métodos construtivos, do estado de conservação e da idade do empreendimento e do atendimento ao Plano de Segurança da Barragem, bem como de outros critérios definidos pelo órgão fiscalizador; com a classificação por categoria de dano potencial associado à barragem em alto, médio ou baixo, que será feita em função do potencial de perdas de vidas humanas e dos impactos econômicos, sociais e ambientais decorrentes da ruptura da barragem e do órgão

fiscalizador, o qual deverá exigir do empreendedor a adoção de medidas que levem à redução da categoria de risco da barragem.

Dentre as informações que devem conter dentro do Plano de Segurança de Barragens, foi incluído os relatórios das inspeções de segurança regular e especial, a identificação e avaliação dos riscos, com definição das hipóteses e dos cenários possíveis de acidente ou desastre e identificação e dados técnicos das estruturas, das instalações e dos equipamentos de monitoramento da barragem (BRASIL, 2020a)

A elaboração do Plano de Ação de Emergência ficou obrigatória para todas as barragens destinadas à acumulação ou à disposição de rejeitos de mineração. Para as outras barragens ficou obrigatória a partir da classificação em médio e alto dano potencial associado e alto risco, a critério do órgão fiscalizador.

Deverá conter dentro do PAE, como redação dada pela Lei <sup>o</sup>14.066/2020, a descrição das instalações da barragem e das possíveis situações de emergência; os procedimentos para identificação e notificação de mau funcionamento, de condições potenciais de ruptura da barragem ou de outras ocorrências anormais; os procedimentos preventivos e corretivos e ações de resposta às situações emergenciais identificadas nos cenários acidentais; os programas de treinamento e divulgação para os envolvidos e para as comunidades potencialmente afetadas, com a realização de exercícios simulados periódicos; as atribuições e responsabilidades dos envolvidos e fluxograma de acionamento, medidas específicas, em articulação com o poder público, para resgatar atingidos, pessoas e animais, para mitigar impactos ambientais, para assegurar o abastecimento de água potável e para resgatar e salvaguardar o patrimônio cultural; o dimensionamento dos recursos humanos e materiais necessários para resposta ao pior cenário identificado; a delimitação da Zona de Autossalvamento (ZAS) e da Zona de Segurança Secundária (ZSS), a partir do mapa de inundação; o levantamento cadastral e mapeamento atualizado da população existente na ZAS, incluindo a identificação de vulnerabilidades sociais, o sistema de monitoramento e controle de estabilidade da barragem integrado aos procedimentos emergenciais; o plano de comunicação, incluindo contatos dos responsáveis pelo PAE no empreendimento, da prefeitura municipal, dos órgãos de segurança pública e de proteção e defesa civil, das unidades hospitalares mais próximas e das demais entidades envolvidas; a previsão de instalação de sistema sonoro

ou de outra solução tecnológica de maior eficácia em situação de alerta ou emergência, com alcance definido pelo órgão fiscalizador; o planejamento de rotas de fuga e pontos de encontro, com a respectiva sinalização (BRASIL, 2020).

Especificamente quanto ao PAE, em relação às barragens com DPA alto, 99% das barragens de geração de energia hidrelétrica, 93% das barragens de contenção de rejeitos de mineração e 7% das barragens de usos múltiplos elaboraram tal documento. Assim, fica evidente a dificuldade da grande maioria de empreendedores de barragens de usos múltiplos em elaborar o PAE, e o quadro de grande vulnerabilidade das comunidades potencialmente afetadas a jusante, já que nessas barragens não há nenhum protocolo de atuação no caso de situação de emergência. Cabe destacar ainda as dificuldades de implementação do PAE, que requerem grande capacidade operacional do empreendedor para manter monitoramento em tempo real, executar intervenções e emitir avisos às entidades envolvidas, além da necessária interação com a comunidade potencialmente afetada e órgãos de defesa civil (na maioria das vezes inexistentes ou sem capacidade operacional), e integração com os Planos de Contingência municipais, muitas vezes também inexistentes (ANA,2019).

### **13 MAPA DA ÁREA DE INUNDAÇÃO E ZONEAMENTO DE RISCO**

O mapeamento das áreas de risco, incluindo de inundação, tem sido bastante utilizado como uma importante ferramenta do processo de priorização dos trabalhos de fiscalização preventiva, controle e gestão de inundações e para elaboração de planos de emergência (GOODELL & WARREN, 2006; HORA & GOMES, 2009; DÉSTRO *et al.* 2009). Nesse contexto, observa-se que a cartografia desempenha um importante papel tendo em vista que ela possibilita a elaboração dos mapas associados às características físicas, ambientais e sociais que interferem na dinâmica das inundações (HORA & GOMES, 2009).

De acordo com Almeida (2001) e com Viseu (2006), o mapa da área de inundação é elaborado a partir da caracterização hidrodinâmica da cheia induzida, principalmente com as informações de altura máxima da lâmina d'água, tempo de chegada da onda de cheia e da velocidade do escoamento.

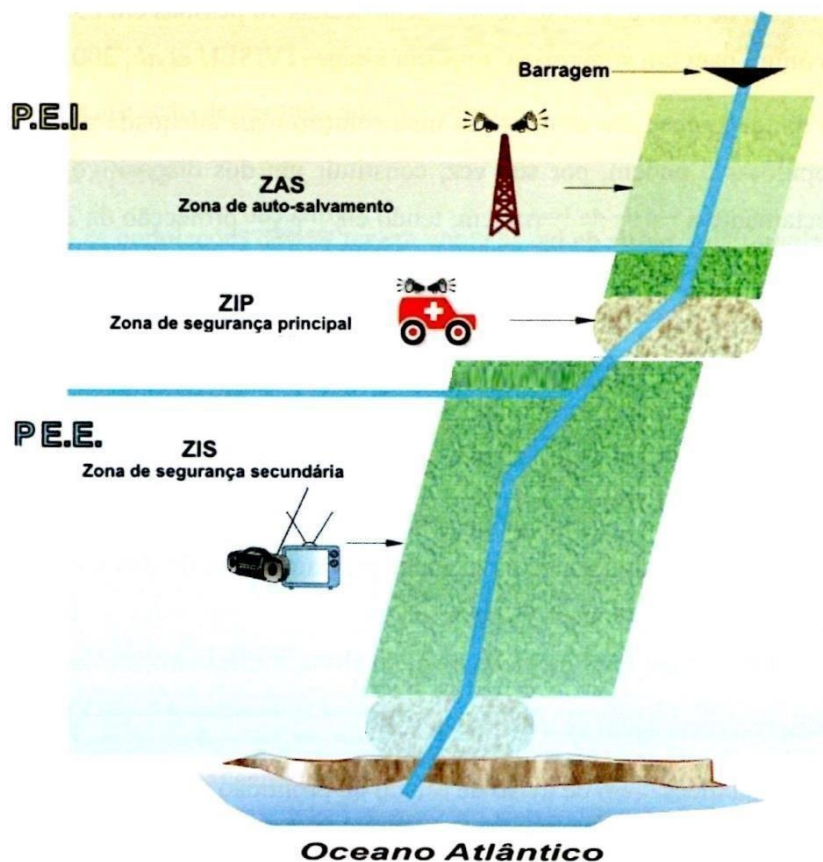


No que concerne ao zoneamento do risco, ele consiste na subdivisão da área de inundação em função do perigo da onda de cheia, que se modifica ao longo do vale. Assim sendo, pode-se elaborar um mapa de risco para cada uma das variáveis que interferem na capacidade de arraste e destruição, nomeadamente a altura máxima da lâmina d'água, o tempo de chegada da onda em determinada seção e a velocidade do escoamento (VISEU, 2006). Além desses fatores, a autora cita que se pode ainda analisar o risco hidrodinâmico, que corresponde ao produto entre a profundidade e a velocidade do escoamento, sendo este parâmetro o mais adotado para ilustrar o grau de perigo da cheia.

A área de risco tem-se Zona de Auto Salvamento (ZAS), Zona de Segurança Principal (ZIP) e Zona de Segurança Secundária (ZIS)

No caso do Brasil, a proposta de regulamentação do conteúdo mínimo e do grau de detalhamento do PAE publicada pela ANA, define a ZAS como sendo a região delimitada pela menor das seguintes distâncias: 10 km a jusante da barragem ou a distância que corresponda a um tempo de chegada da onda de inundação igual a trinta minutos (ANA, 2012).

Figura 4 Zoneamento do risco e meios de aviso à população



Fonte: (Viseu,2006)

O tipo de ruptura varia de acordo com as causas materiais e/ou naturais e causas resultantes da ação humana (MASCARENHAS, 1990). Os materiais utilizados na construção da barragem podem facilitar a formação de galgamento, *piping*, deslizamento das fundações ou do enrocamento, terremotos, entre outros, enquanto que a ação humana predispõe a barragem a problemas como falha no projeto e/ou construção, operação inadequada do reservatório, ações de guerra, entre outros.

ANA (2013) adotou alguns critérios e cenários de modelagem da cheia de ruptura, sendo eles:

- Identificação da brecha de ruptura, através da configuração geométrica, das dimensões (largura) e o tempo de ruptura;

- Identificação de cenários hidráulicos através da elaboração de hidrogramas de ruptura;
- Identificação da extensão do cálculo de propagação da onda de cheia, podendo limitar-se à seção de confluência com outro rio de maior dimensão ou um reservatório a jusante;

Elaboração do mapa de inundação a jusante, contendo as seguintes informações:

- Identificação do cenário que lhes corresponde; limites das zonas inundáveis;
- Limites administrativos das áreas atingidas (estado, município, localidade); vias de comunicação inundadas e identificação das obras de arte atingidas;
- Infraestruturas e instalações importantes ou existência de instalações de produção ou de armazenagem de substâncias perigosas;

Caracterização da Zona de Auto Salvamento (ZAS) através do mapeamento das zonas inundáveis e do conhecimento da altura e velocidade de propagação da onda em cada trecho e do seu tempo de chegada. No ZAS devem-se apresentar as povoações afetadas e estimativa do número de pessoas atingidas; levantamento das infraestruturas afetadas (vias de comunicação, infraestruturas e instalações importantes ou existência de instalações de produção ou de armazenagem de substâncias perigosas); infraestruturas coletivas afetadas; infraestruturas coletivas afetadas.

Uma revisão recente de métodos para a criação de onda de cheia (*Dam Break*) é apresentado em [Santana. 2019]. O mapa de inundação desenvolvido por Santana (2019) foi modelo para uso neste trabalho.

## **14 CROWDSOURCING**

*Crowdsourcing* significa coletar informações de uma “multidão” que pode ser pública ou formada por pessoas envolvidas no projeto. Através da participação e prática, os voluntários tornam-se mais conscientes e especializados sobre o campo de investigação, assegurando uma qualidade crescente e a credibilidade dos dados recolhidos. O *crowdsourcing* oferece uma estratégia de descentralização, como uma técnica de coleta rápida e barata, sem ser invasiva à gestão de crises. O *crowdsourcing*

a experiência implicava uma solução de baixo custo com coleta e compartilhamento (FRIGERIO,2018).

Em áreas propensas a desastres, o Sistema de Alerta e Evacuação Antecipada é uma abordagem muito comum de gerenciamento de desastres. Agora, os telefones móveis de um dia desempenham um papel importante no gerenciamento de desastres de várias maneiras: monitoramento, comunicação, disseminação de avisos, evacuação e socorro e ajuda de emergência. Além disso, a abordagem de telefones inteligentes que suportam funções GSM é benéfica no gerenciamento de desastres (SIKDER,2017).

Ainda segundo Sikder (2017) O GSM permite o celular utilizar do *IShort Message Service* (SMS), que é o serviço de mensagens do celular, e coletará o aviso de emergência e enviar de volta a todos os cidadãos do servidor. Mas muita transferência de SMS pode causar o congestionamento da rede, o que pode levar à quebra da comunicação de chamada de voz através da mesma rede. Isso pode dificultar o processo de evacuação. Para evitar isso, o *Cell Broadcasting Service* é usado para enviar mensagens diretamente aos usuários em uma área específica, sem congestionamento na rede. Embora possa evitar o congestionamento da rede, o alarme GSM e *Cell Broad Service* não são uma maneira mais rápida para o processo de evacuação. Os serviços de comunicação via satélite serão mais rápidos, confiáveis, robustos e seguros, mas a inicialização e a manutenção desta manutenção de serviço são caras e os países em desenvolvimento não podem pagar por isso.

Nesta dissertação é apresentado um sistema de alerta antecipado e evacuação baseado em localização. Este sistema estima os desastres futuros, circula advertências visuais e auditivas compreensíveis, úteis tanto para pessoas normais como para pessoas cegas, fornecendo orientação de evacuação em resposta aos avisos.

#### 14.1 Avaliação de desastres com base no local e sistema de evacuação:

O gerenciamento de desastres consiste em quatro etapas fundamentais, como mitigação, preparação, resposta e recuperação. Dessas quatro etapas, o foco do nosso trabalho está na preparação que envolveu o desenvolvimento de um sistema para o plano de ação dos desastres futuros.

Neste sentido, este projeto auxilia o setor de Regulação de Segurança de Barragens, pois traz um novo modelo tecnológico a ser implementado em questões de segurança em caso de rompimento de barragens.

## **15 METODOLOGIA:**

A metodologia utilizada para a condução deste trabalho, consistiu nas seguintes etapas:

- Pesquisa Bibliográfica: caracterizada, basicamente, por pesquisas em livros técnicos, revistas, jornais, artigos especializados;
- Definição da Proposta: através do levantamento dos sistemas disponíveis no mercado e dos problemas relatados por algumas empresas, foi definido o escopo deste trabalho;
- Embasamento Teórico: esta etapa consistiu no estudo de métodos e técnicas da Engenharia de Requisitos, Engenharia de software, visando sua aplicação no levantamento e definição de requisitos para o sistema proposto;
- Desenvolvimento da plataforma: esta etapa consistiu em desenvolver a plataforma e o aplicativo mobile.

### **15.1 LEVANTAMENTO DE REQUISITOS**

O levantamento de requisito foi realizado em duas etapas na primeiro utilizando o levantamento de necessidades dos usuários baseados no pondo de vista e a partir desse levantamento foi sintetizado os requisitos funcionais da plataforma.

As técnicas de levantamento de módulos baseadas em pontos de vista (*viewpoints*) se baseiam no fato de que os módulos devem ser obtidos através de várias perspectivas deste sistema, ou seja, de diferentes pontos de vista.

A utilização de um sistema é heterogênea. Através de pontos de vista, pode-se organizar os requisitos de diferentes classes de usuários e stakeholders. Diferentes tipos de informações são necessários para especificar um sistema, incluindo o domínio da aplicação, ambiente de desenvolvimento e de execução do sistema. Os pontos de vista foram utilizados para coletar e classificar estas informações. Também foram utilizados

como um meio para estruturar o processo de módulos, e expor os conflitos entre os diferentes requisitos e encapsular diferentes modelos de um sistema, o que fornece mais informações para a especificação do sistema.

## **16 RESULTADO**

### **16.1 REQUISITOS FUNCIONAIS DO PROJETO**

É a captura das necessidades e aspirações de todas as partes envolvidas (desenvolvedores, clientes e usuários) em relação ao sistema a ser desenvolvido. Utiliza diversas técnicas e metodologias para facilitar, ordenar e melhorar a coleta de informações. Faz parte da fase inicial do processo de Engenharia de Requisitos.

Um requisito é uma característica de um sistema, ou a descrição de algo que um sistema deve realizar para atingir seus objetivos (PFLEEGER, 2004, p. 111).

A norma IEEE Std 610.12-1990 (IEEE, 1990, p. 62), define requisitos como:

- Acessar ponto georreferenciado usuário Desenvolvimento da plataforma:
- Uma condição ou capacidade necessária para o usuário resolver um problema ou atingir um objetivo; ou
- Uma condição ou capacidade que precise ser atendida ou estar presente em um sistema ou componente, para satisfazer um contrato, uma norma, uma especificação ou outro documento imposto formalmente; ou
- Uma representação documentada de uma condição ou capacidade, conforme definidas nos itens anteriores.

Abaixo estão listados os requisitos da Plataforma Sistema Gestor de Segurança de Barragens (SGSB):

#### **GESTÃO PLATAFORMA:**

- Autenticação de usuário
- Permitir acessos
- Cadastrar gestor de barragem
- Gerir clientes
- Manutenção

## MORADOR/USUÁRIO

- Autenticação de usuário
- Cadastrar alerta
- Ser alertado simulação
- Ser alertado emergência
- Visualizar o mapa de ponto de encontro
- Visualizar melhor rota
- Visualizar se é simulação ou emergência
- Atualizar em tempo real
- Envio de dados
- Recebimento de relatório Gestor de Barragem:
- Autenticação de usuário
- Administrar sistema
- Módulo relatórios
- Gerar relatório gráficos
- Gerar mapa geral
- Gerar ponto georreferenciado usuário
- Módulo usuários
- Módulo Grupo de usuários
- Módulo Ponto de Encontro
- Módulo Rota de fuga Apoio Chave/Defesa civil:
- Autenticação de usuário
- Cadastrar alerta
- Ser alertado simulação
- Ser alertado emergência
- Visualizar o mapa de ponto de encontro
- Visualizar melhor rota
- Visualizar se é simulação ou emergência
- Atualizar em tempo real
- Envio de dados

- Recebimento de relatório
- Acessar ponto georreferenciado usuário

## 16.2 ESTRUTURA DA PLATAFORMA

A plataforma proposta de preparação para casos de rompimento em barragens baseado em localização consiste em um servidor de gerenciamento de segurança de barragens, telefones celulares Android suportados por GSM com nosso aplicativo instalado e usuários com o ID nacional. A plataforma possui a administração estabelecida pelo setor Gestão da Plataforma, que realiza os cadastros dos Gestores de Barragem.

Figura 5 Estrutura da Plataforma proposta para o sistema de gestão

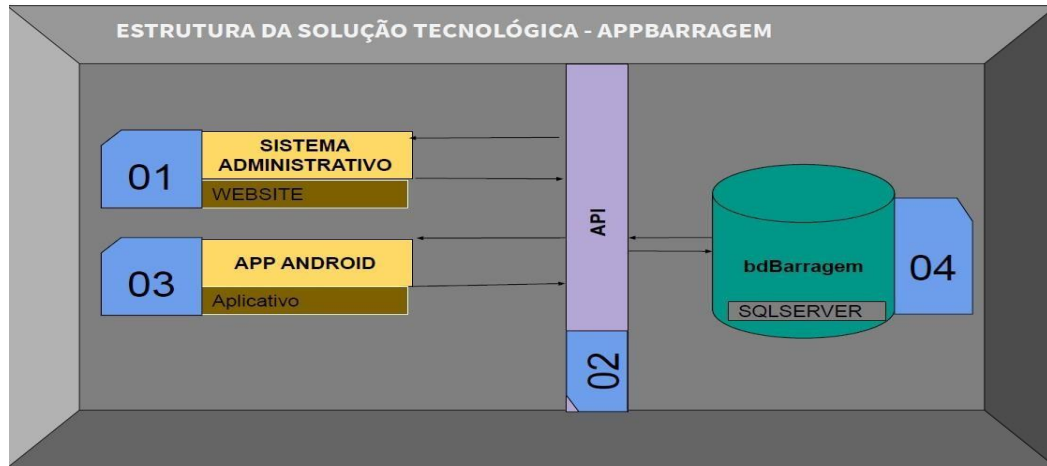


Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

A plataforma foi desenvolvida com a estrutura tecnológica baseada em um API que é alimentado com o banco de dados das barragens e interage com o sistema administrativo em *website*, com isso gera as informações para o aplicativo de usuário.



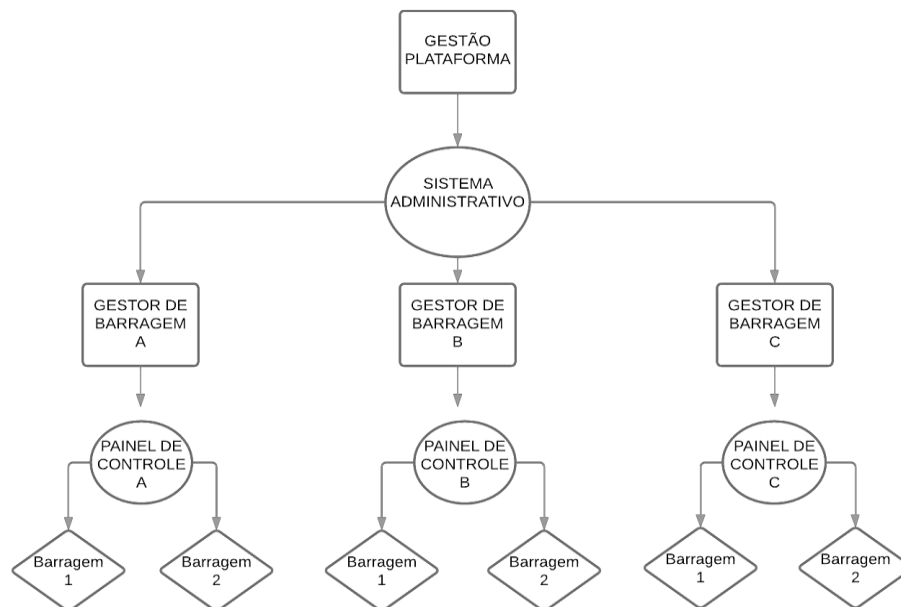
Figura 6 Estrutura da solução tecnológica



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

A plataforma é de multiacesso com controle de autenticação por grupos de usuário e permissão de acesso, ou seja, poderá ser utilizado simultaneamente por diversos gestores de barragens.

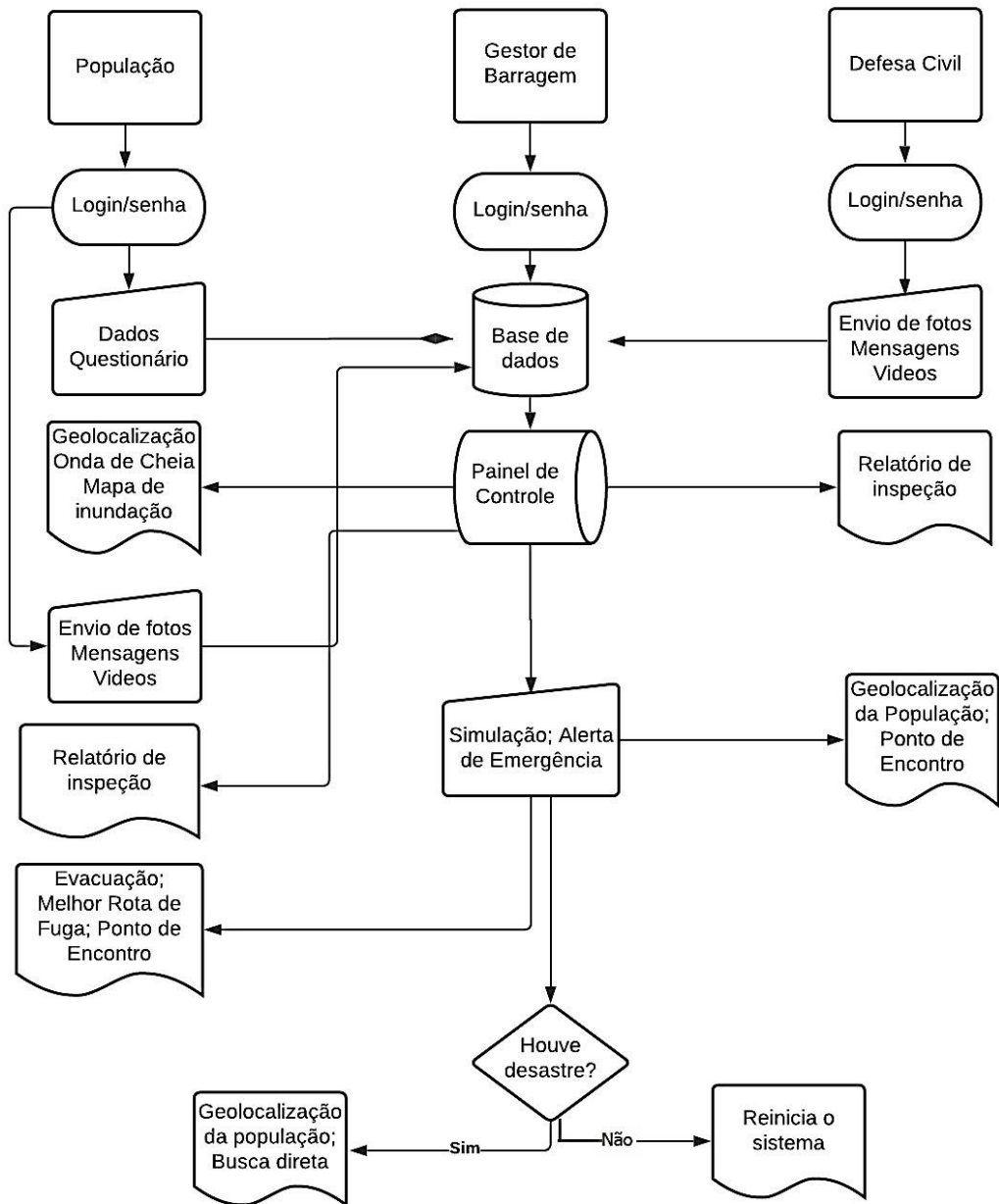
Figura 7 Gerenciamento da Plataforma



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Em caso de alerta será feito o envio de mensagens através de conexão via internet (o sistema é habilitado para rede SMS e rádio); no perfil da população e da defesa civil será permitido o *crowdsourcing*; Perfil do gestor com painel de controle com mapa de inundação, rota de fuga, ponto de encontro, cadastros de Pins (GPS). Através do provedor de GPS, o celular captura a localização atual do usuário e a envia ao servidor. Usando a posição atual do usuário, nosso sistema determinará se o usuário está ou não na provável área exposta ao mapa de inundação. Possui cadastro de grupo de acesso (famílias e cidades), com funções de alerta de emergência e simulação; com possibilidade de acionamento dos alertas em diferentes cidades e controle de diferentes barragens; O Fluxograma demonstra o fluxo de trabalho do nosso sistema proposto de alerta e evacuação com base em localização proposto.

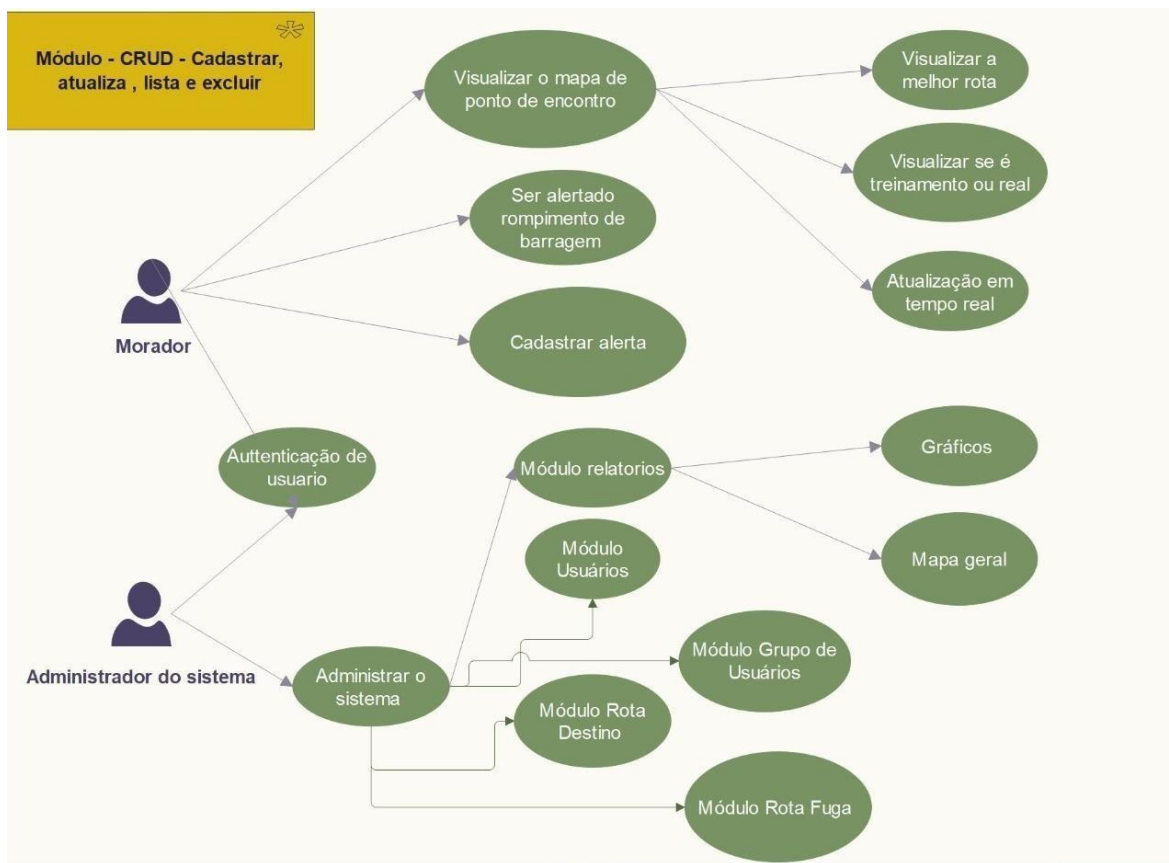
Figura 8 Conexão dos dados gerados na plataforma



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

As funções estabelecidas junto com os módulos operacionais, esclarecem o papel dos dois atores principais, que é o administrador da barragem e a população, como apresentado no fluxograma 4.

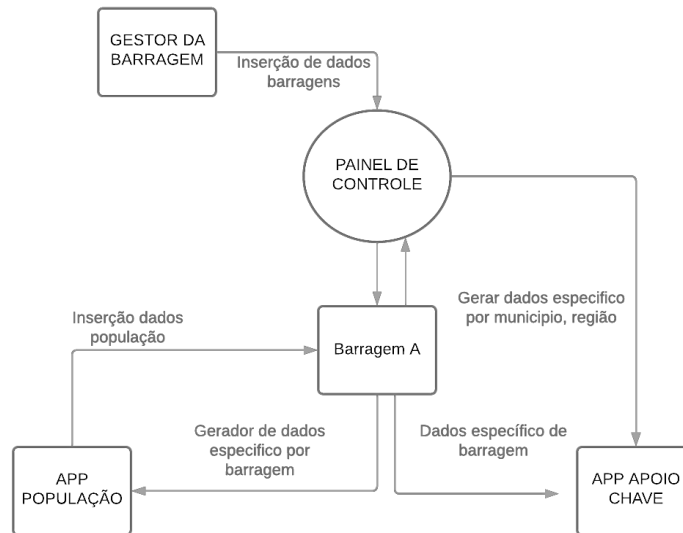
Figura 9 fluxograma 4 Módulos do sistema Administrador-Morador



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

A plataforma tem possibilidade de gerar Login e Senha com diferentes perfis de uso: Gestor da Barragem, População e Defesa Civil. O gestor da barragem é responsável pela captação dos dados referente ao cadastramento da população com georreferenciamento da população; A defesa civil terá o acesso aos dados específicos por comarca de atendimento. Como modo de operação, o ID nacional do usuário é armazenado no armazenamento interno do telefone celular, que é enviado servidor do gestor da barragem. A autoridade regional de controle de evacuação acompanha o progresso da evacuação. As etapas do nosso sistema proposto são as seguintes:

Figura 10 Funções estabelecidas na plataforma

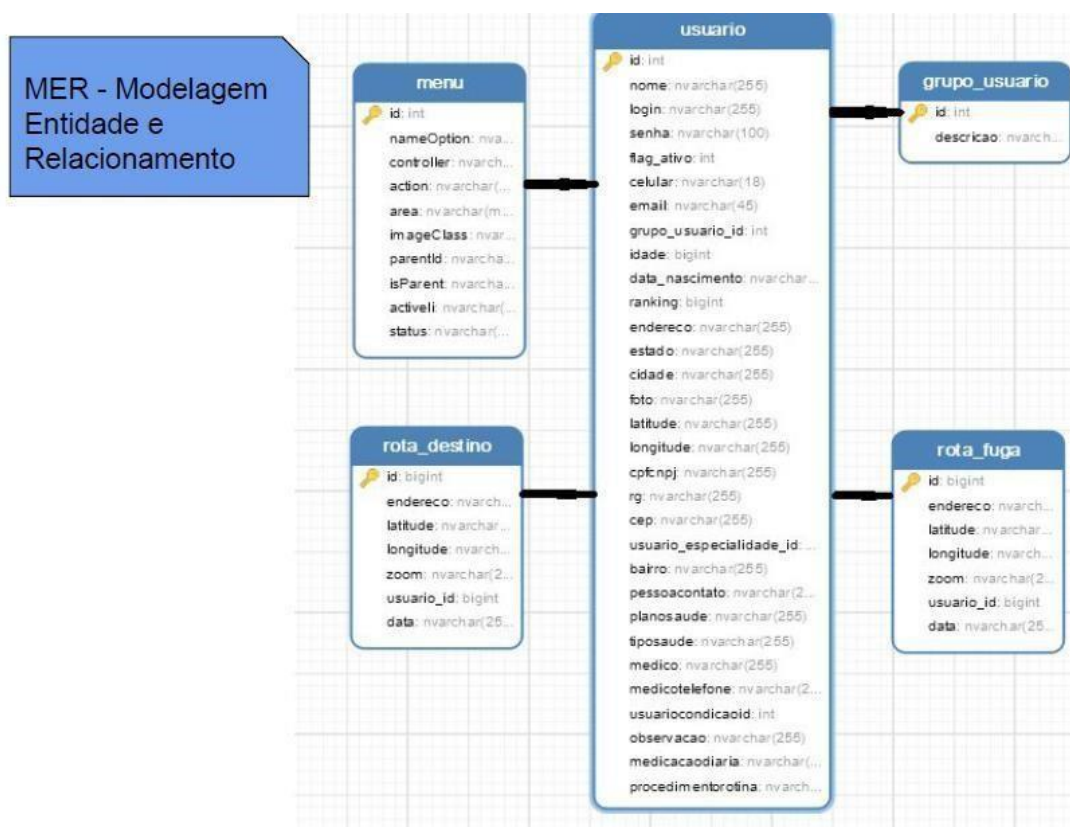


Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

### 16.3 MODELAGEM DO BANCO DE DADOS

Para identificar o usuário do sistema e permitir que este seja de multi-acesso, foi necessário criar uma base de dados referente a grupo de usuário. Esta função permite que todos os envolvidos em um processo de rompimento de barragem tenha acesso as informações. Através da Modelagem Entidade e Relacionamento faz-se as interações grupo de usuários, menu, rota de fuga, ponto de encontro, como especificado abaixo:

Figura 13 Modelagem Entidade e Relacionamento – MER

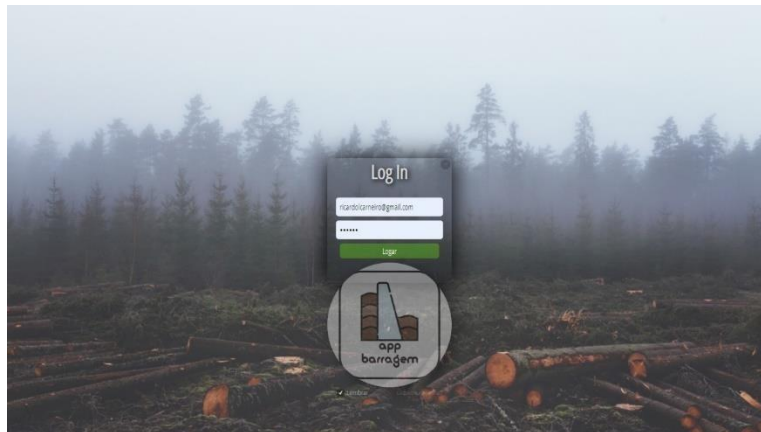


Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

## 16.4 INTERFACE COM USUÁRIO: PLATAFORMA

A Plataforma Sistema Gestor de Segurança de Barragens possui um login e senha específico para cada gestor, para que possa acessar a sua área de trabalho. Este login e senha permite que o gestor tenha acesso a todas as barragens de sua responsabilidade.

Figura 14 Tela de acesso da Plataforma Sistema Gestor de Segurança de Barragens



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

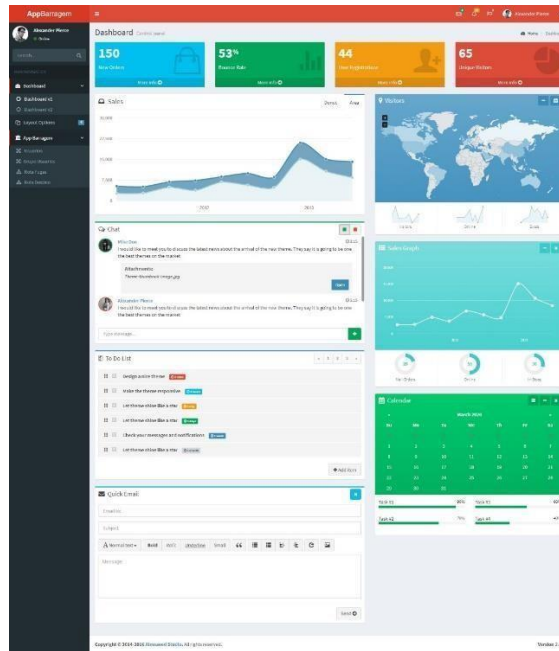
As Fig. 15 e 16 mostram a Plataforma Sistema Gestor de Segurança de Barragens com dados de fiscalização da barragem, com possibilidade de alertas ao gestor sobre informações que são passíveis de rompimento (Chuvas intensas, relatórios técnicos sob a estrutura da barragem). Possui informações sobre a população cadastrada em cada setor do mapa de inundação, além de uma área de conversas, onde a população pode interagir com o SGSB, para informações, sejam elas antecedentes ao rompimento, ou após o rompimento.

Figura 15 Plataforma Sistema Gestor de Segurança de Barragens



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

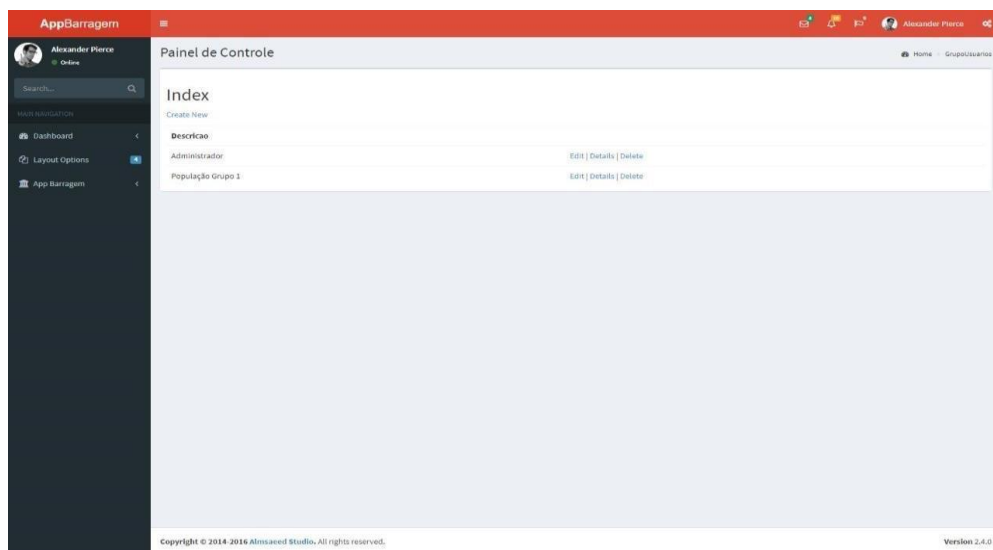
Figura 16 Plataforma Sistema Gestor de Segurança de Barragens - tela II



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

A Fig. 17 mostra o painel de controle da Plataforma Sistema Gestor de Segurança de Barragens com a diferenciação dos usuários do sistema, com possibilidade de permissões de informações, a critério do gestor.

Figura 17 Painel de controle – Multi-acesso

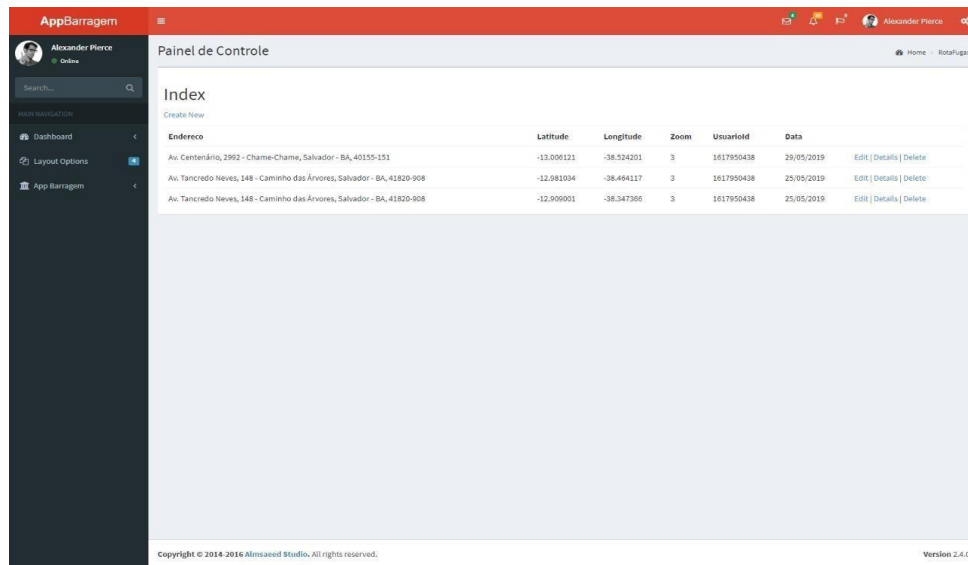


Fonte: Elaborado pelo próprio autor.



A Fig. 18 mostra o painel de controle da Plataforma Sistema Gestor de Segurança de Barragens com os endereços geolocalizados de todos os usuários do sistema.

Figura 18 Cadastros de Pins de usuários com geolocalização



The screenshot displays the 'AppBarragem' control panel. The main content area is titled 'Index' and contains a table with the following data:

Endereço	Latitude	Longitude	Zoom	UsuarioId	Data	
Av. Centenário, 2902 - Chame-Chame, Salvador - BA, 40155-151	-13.008121	-38.524201	3	1617950438	29/05/2019	<a href="#">Edit</a>   <a href="#">Details</a>   <a href="#">Delete</a>
Av. Tancredo Neves, 148 - Caminho das Árvores, Salvador - BA, 41820-908	-12.981034	-38.464117	3	1617950438	25/05/2019	<a href="#">Edit</a>   <a href="#">Details</a>   <a href="#">Delete</a>
Av. Tancredo Neves, 148 - Caminho das Árvores, Salvador - BA, 41820-908	-12.990901	-38.347366	3	1617950438	25/05/2019	<a href="#">Edit</a>   <a href="#">Details</a>   <a href="#">Delete</a>

At the bottom of the page, there is a copyright notice: 'Copyright © 2014-2016 Almsaeed Studio. All rights reserved.' and a version number: 'Version 2.6.0'.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

As Fig. 19 mostra o painel de controle da Plataforma Sistema Gestor de Segurança de Barragens no setor de cadastramento de usuário do sistema. Este cadastro preza pela identificação social do morador.

Figura 19 Cadastro de novos usuários

Cadastrar

Morador

Dados Pessoais

NOME DO MORADOR:	<input type="text"/>
E-MAIL	<input type="text"/>
TELEFONE	<input type="text"/>
SEXO	MASCULINO <input type="text"/>
QUAL É A DATA DE NASCIMENTO?	dd/mm/aaaa <input type="text"/>
QUAL É A RELAÇÃO DE PARENTESCO OU DE CONVIVÊNCIA COM A PESSOA RESPONSÁVEL PELO DOMICÍLIO?	01 - PESSOA RESPONSÁVEL PELO DOMICÍLIO <input type="text"/>
A SUA COR OU RAÇA É?	1 - BRANCA <input type="text"/>
VOCÊ SE CONSIDERA INDÍGENA?	1 - SIM <input type="text"/>
QUAL A SUA ETNIA, POVO OU GRUPO INDÍGENA?	<input type="text"/>
FALA LÍNGUA INDÍGENA NO DOMICÍLIO?	1 - SIM <input type="text"/>
LÍNGUA INDÍGENA 1	<input type="text"/>
LÍNGUA INDÍGENA 2	<input type="text"/>
FALA PORTUGUÊS NO DOMICÍLIO?	1 - SIM <input type="text"/>
VOCÊ SE CONSIDERA OUILOMBOLA?	1 - SIM <input type="text"/>
QUAL O NOME DA SUA COMUNIDADE?	<input type="text"/>
TEM REGISTRO DE NASCIMENTO?	1 - DO CARTÓRIO <input type="text"/>

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Após o cadastro social, é necessário que determine sua localização, qual o tipo de ocupação sobre o imóvel e anexo de documentos, sendo o de identidade e o de comprovação de residência, como demonstrado na figura 20:

Figura 20 Localização, ocupação sobre o imóvel e anexo de documento



O formulário, intitulado "Localização", contém os seguintes campos:

- UF
- Município
- Latitude
- Longitude
- Distrito
- Subdistrito
- Sector
- NumeroQuadra
- NumeroFace
- SeqEndereco
- SeqColetivo
- SeqEspecie
- SeqEndereco
- SeqColetivo
- SeqEspecie
- TipoEspecieDomicilioOcupado (dropdown menu)
- TipoDomicilio (dropdown menu)
- QuantidadePessoasDomicilio
- TipoEducacao (dropdown menu)

Abaixo dos campos, há uma seção "Enviar documentação" com:

- Um campo "File" com o botão "Escolher arquivo" e o texto "Nenhum arquivo selecionado".
- Um ícone de imagem com o texto "Imagem da Usuario".
- Um botão "Salvar".

Um link "Voltar" está localizado na parte inferior esquerda do formulário.

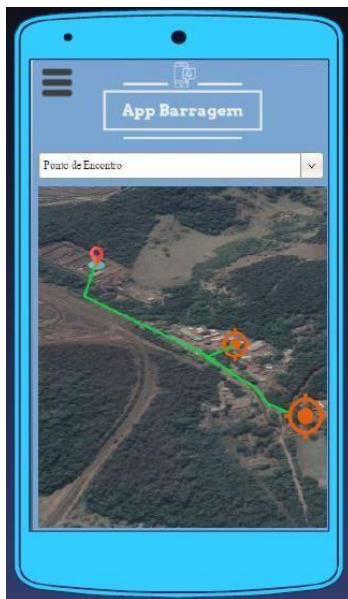
Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

## 16.5 INTERFACE COM O USUÁRIO: APLICATIVO MÓVEL ANDROID

O aplicativo móvel Android é utilizado pela população. Será de acesso aberto a toda população, entretanto só serão cadastrados pelo gestor os que vivem dentro do mapa de inundação (sendo necessário para caso de rompimento identificar os moradores, suas residências).

O aplicativo possui as telas de ponto de encontro e onda de cheia, como apresentado nas Figuras 21 e 22; entretanto não foi possível habilitar de modo permanente a função de rota de fuga pois há a necessidade de adquirir licença para uso constante em plataforma, mas foi possível realizar testes e verificar as funções estabilizadas.

Figura 21 ponto de encontro



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Figura 22 onda de cheia



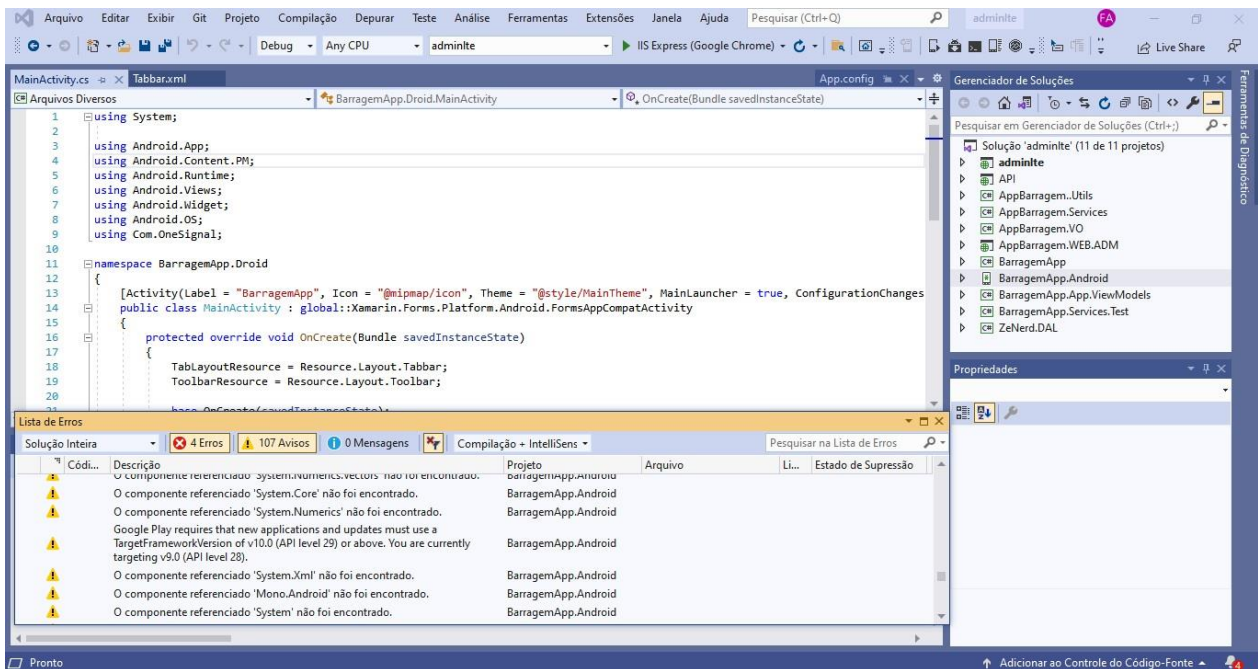
Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

A possibilidade de *crowdsourcing* é feita no menu do aplicativo em duas funções, Pânico que é gerar um ponto georreferenciado do local exato que a pessoa se encontra e relatar alguma situação, onde abrirá o *chat* do usuário junto ao gestor da barragem para tirar dúvidas, relatar situação, indicar lugares passíveis de desmoronamento ou pessoas desaparecidas.

## 17 TESTES

Para avaliação das informações implementadas dentro do sistema *Xamarin*, é feito pelo próprio sistema as validações dos dados, caso não seja identificado a citação da informação, ou as delegações de informações não sejam compatíveis, é apresentado os erros, para correção. Na figura 23, é apresentado um erro derivado de ausência de dados no sistema:

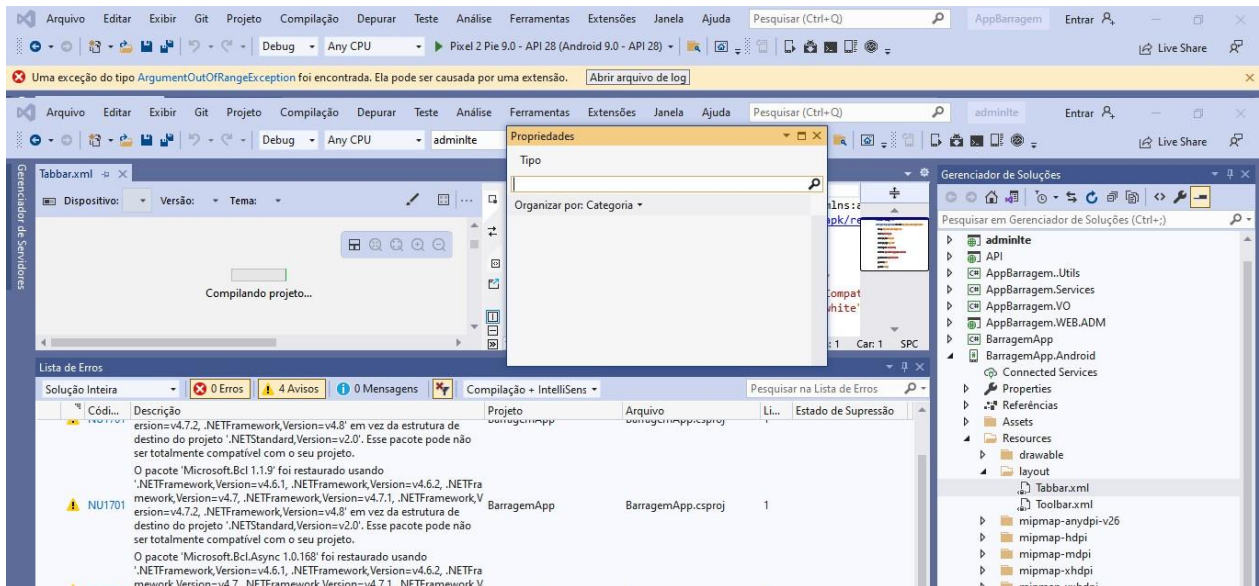
Figura 23 Erro derivado de ausência de dados no sistema



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Na figura 24, é apresentado o erro derivado de programação com delegações equivocadas:

Figura 24 Erro derivado de programação com delegações equivocadas



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

### 17.1 TESTE DE CAMPO:

Foi realizado o teste em campo com cadastro de pessoas em diferentes localizações dentro de Salvador. Esse teste foi elaborado para avaliar a localização do usuário dentro do mapa estabelecido na plataforma. Como apresentado na figura 25 e 26, houve o sucesso na localização, sendo apresentado dentro da Plataforma a localização.

Figura 25 Cadastro de pessoas

Painel de Controle

Home > Moradores

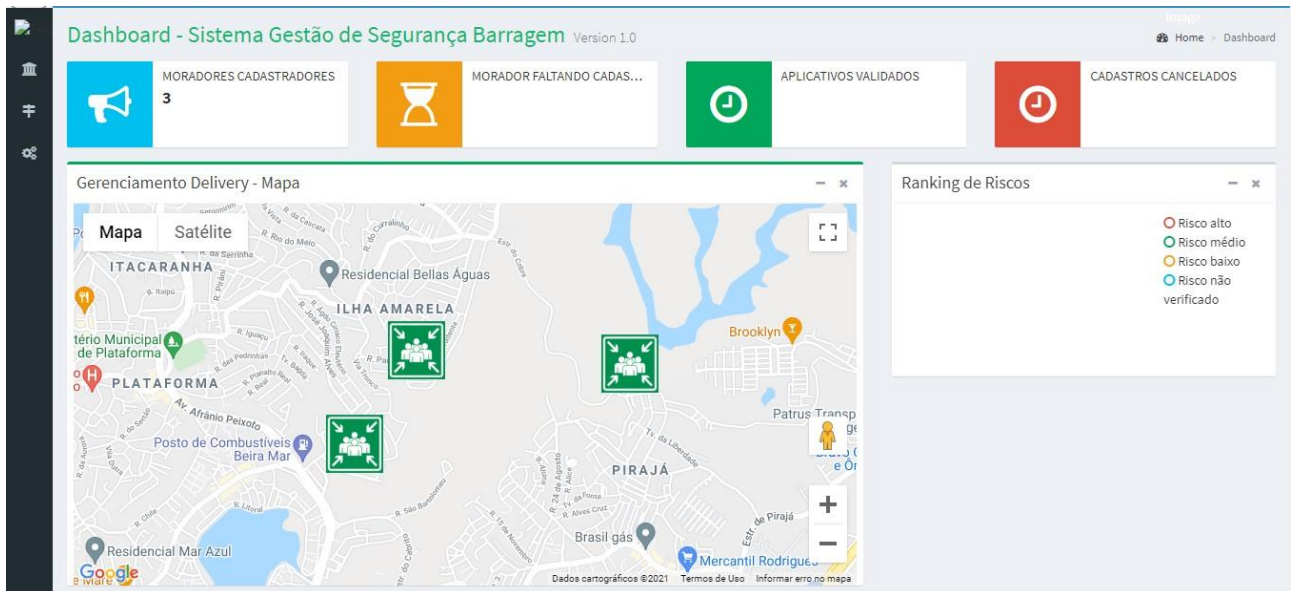
### Index

Cadastrar Novo

Nome	Uf	Município	Distrito	Subdistrito	Setor	NumeroQuadra	NumeroFace	SeqEndereco	SeqColetivo	SeqEspecie	QuantidadePessoasDomicilio	DataNascimento	Etnia
teste MORADOR	Ba	Salvador	teste	teste	teste	teste	teste	teste	teste	teste	3	03/11/1981 00:00:00	teste GRUPO INDÍGENA
Teste 2	BA	Salvador	Teste 2	Teste 2	Teste 2	Teste 2	Teste 2	Teste 2	Teste 2	Teste 2	3	03/11/1981 00:00:00	Teste 2
teste3	ba	Salvador	teste3	teste3	teste3	teste3	teste3	teste3	teste3	teste3	4	03/11/1981 00:00:00	GRUPO INDÍGENA

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

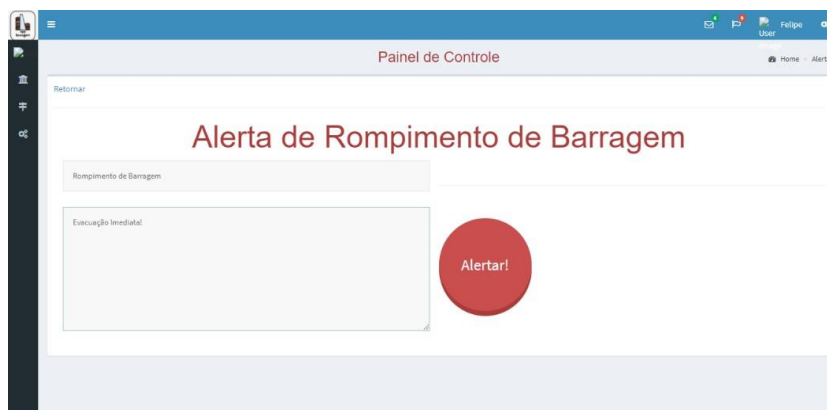
Figura 26 localização do usuário dentro do mapa



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

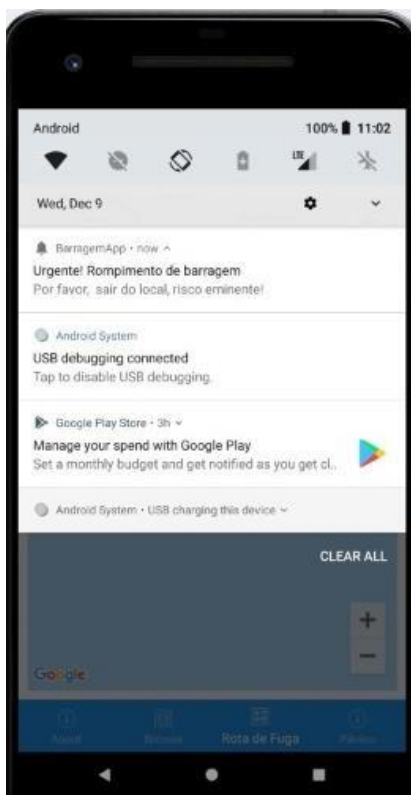
Foi realizado os testes para o sistema de alerta; acionado pela plataforma, este alerta chega no aplicativo mobile com a informação definida pelo gestor da barragem, como apresentado nas figuras 27 e 28.

Figura 27 Alerta de Rompimento de Barragem



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Figura 28 Mensagem de Alerta no Celular



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Para acionamento de diferentes alertas, foi criada uma tabela de dados dinâmicos, que norteia os índices de segurança da barragem. Neste caso hipotético, foi estabelecido a precipitação mensal, como referência inicial, confrontando com as vazões máximas instantâneas, vazões médias diárias anuais, e com as marcas de cheia do reservatório. Nota-se que no mês de Maio, com a precipitação alcançando o valor de alerta, ele irá gerar na Plataforma, o acionamento do alerta.

Tabela 1 Dados hipotéticos da Barragem do Cobre para Acionamento de Alerta

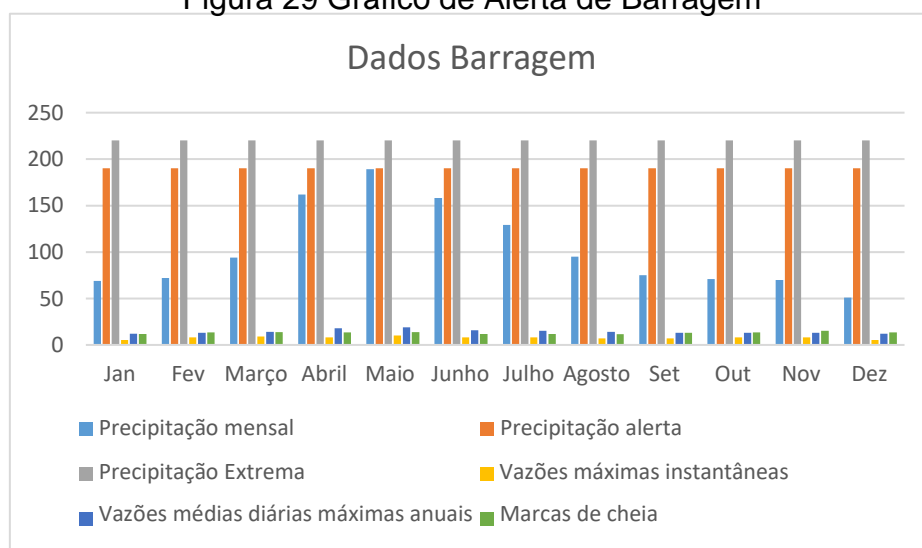
Barragem	Jan	Fev	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Set	Out	Nov	Dez	Unid
Precipitação mensal	69	72	94	162	189	158	129	95	75	71	70	51	mm/mês
Precipitação alerta	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	mm/mês
Precipitação Extrema	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	mm/mês
Vazões máximas instantâneas	5	8	9	8	10	8	8	7	7	8	8	5	m <sup>3</sup> /s



Vazões médias diárias máximas anuais	12	13	14	18	19	16	15	14	13	13	13	12	m3/s
Marcas de cheia	7,8	9,5	10,8	13,5	15,7	12,8	11,8	10,5	10,2	10,1	9	7,5	metro

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Figura 29 Gráfico de Alerta de Barragem



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Houve testes com o aplicativo no setor de Rota de Fuga e Ponto de Encontro, realizado com êxito. Foi identificado os moradores dentro do mapa de inundação com sua saída efetuada pela *GoogleMaps*. Entretanto, só houve condições de realizar os testes com versão gratuita, e para estabelecer esta função dentro do API é necessário a licença permanente de uso.

## 18 GERAÇÃO DE VALIDAÇÕES

As validações foram executadas sobre a análise dos requisitos funcionais de sistemas, determinado por função dos módulos, como apresentado abaixo:

- Autenticação de usuário: Função executada com sucesso.

- Permitir acessos: Função executada com sucesso.
- Cadastrar gestor de barragem: Função executada com sucesso.
- Gerir clientes: Função executada com sucesso.
- Manutenção: Função executada com sucesso.
- Morador/usuário: Função executada com sucesso.
- Autenticação de usuário: Função executada com sucesso.
- Cadastrar alerta: Função executada com sucesso.
- Ser alertado simulação: Função executada com sucesso.
- Ser alertado emergência: Função executada com sucesso.
- Visualizar o mapa de ponto de encontro: Função executada com sucesso.
- Visualizar melhor rota: Função não implementada no sistema.
- Visualizar se é simulação ou emergência: Função executada com sucesso.
- Atualizar em tempo real: Função executada com sucesso.
- Envio de dados: Função executada com sucesso.
- Recebimento de relatório Gestor de Barragem: Função executada com sucesso.
- Autenticação de usuário: Função executada com sucesso.
- Administrar sistema: Função executada com sucesso.
- Módulo relatórios: Função executada com sucesso.
- Gerar relatório gráficos: Função executada com sucesso.
- Gerar mapa geral: Função executada com sucesso.
- Gerar ponto georreferenciado usuário: Função executada com sucesso.
- Módulo usuários: Função executada com sucesso.
- Módulo Grupo de usuários: Função executada com sucesso.
- Módulo Ponto de Encontro: Função executada com sucesso.
- Módulo Rota de fuga: Função não implementada no sistema
- Apoio Chave/Defesa civil: Função executada com sucesso.
- Autenticação de usuário: Função executada com sucesso.
- Cadastrar alerta: Função executada com sucesso.
- Ser alertado simulação: Função executada com sucesso.
- Ser alertado emergência: Função executada com sucesso.

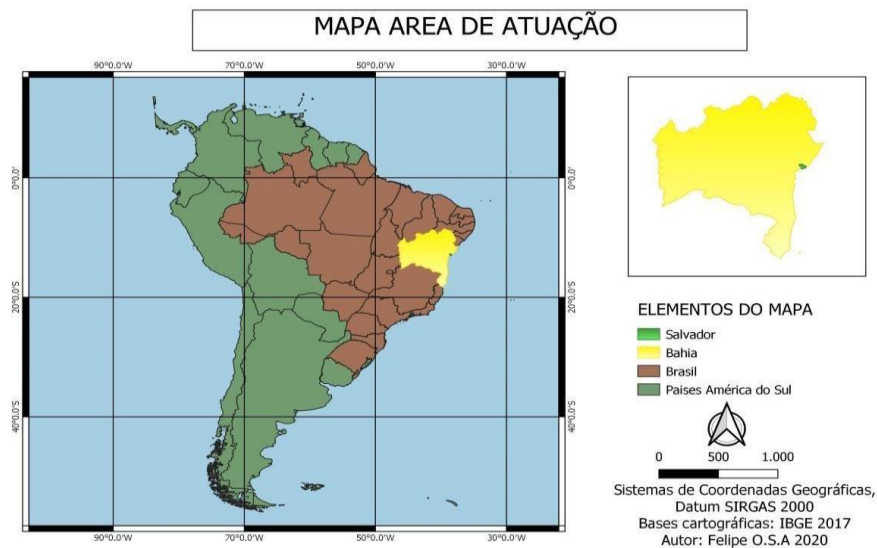
- Visualizar o mapa de ponto de encontro: Função não implementada no sistema.
- Visualizar se é simulação ou emergência: Função executada com sucesso.
- Atualizar em tempo real: Função executada com sucesso.
- Envio de dados: Função executada com sucesso.
- Recebimento de relatório: Função executada com sucesso.
- Acessar ponto georreferenciado usuário: Função não implementada no sistema.

As funções que derivam de licença Google estão implementadas dentro da programação da Plataforma, entretanto não estão habilitadas neste protótipo.

## 19 MAPA DE INUNDAÇÃO, PONTOS DE ENCONTRO E ROTAS DE FUGA

A mancha de inundação construída por Santana (2019), foi transferida para uma imagem de satélite, onde pode-se observar a presença de mata atlântica preservada e de casas dentro de sua delimitação apontadas na Figura 30 e 31.

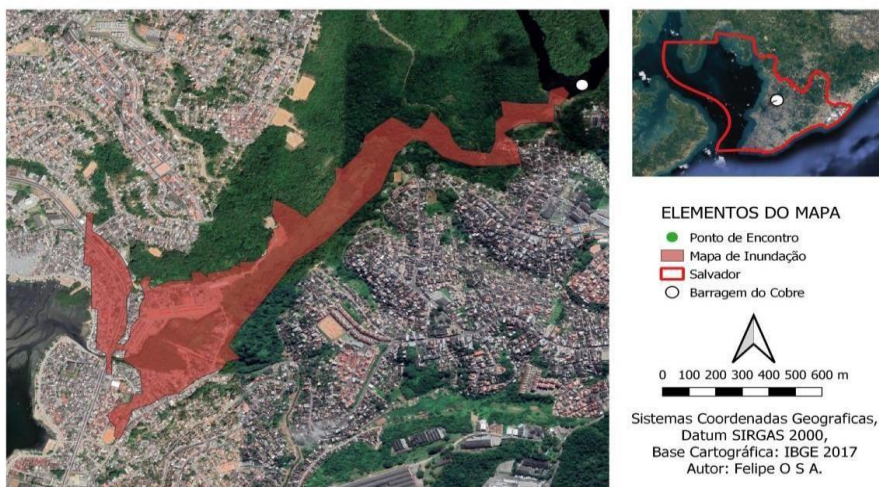
Figura 30 Mapa de Localização da Barragem do Cobre



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Figura 31 Mapa de inundação da Barragem do Cobre

MAPA DE INUNDAÇÃO- BARRAGEM DO COBRE

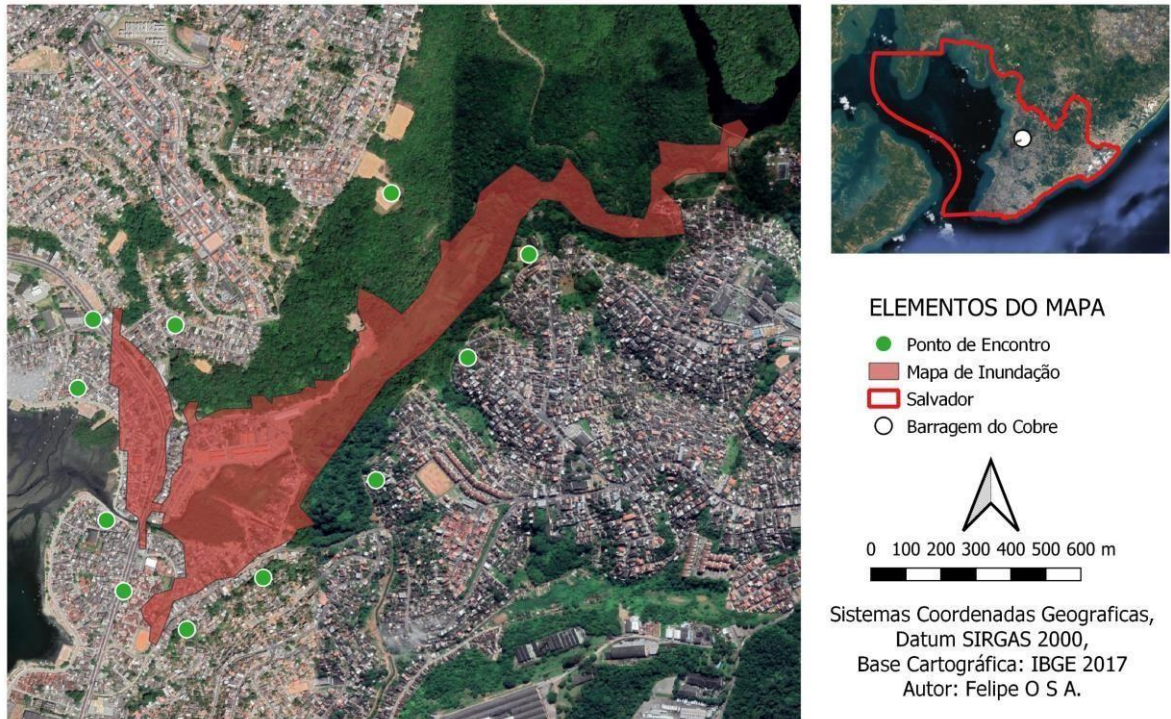


Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Após a criação da onda de cheia e mapa de inundação, foi identificado a zona de auto salvamento, que é a região delimitada pela menor das seguintes distâncias: 10 km a jusante da barragem ou a distância que corresponda a um tempo de chegada da onda de inundação igual a trinta minutos (ANA, 2012). Após este procedimento foi identificado lugares seguros e de fácil localização para que fosse implementado o Ponto de Encontro.

Figura 32 Ponto de encontro em mapa de inundação

### PONTO DE ENCONTRO - BARRAGEM DO COBRE



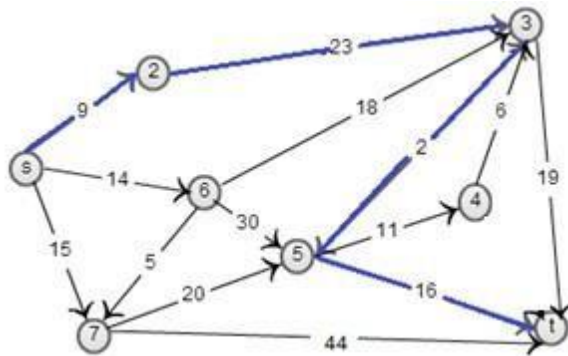
Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Para a criação da rota de fuga, e o acompanhamento do progresso da evacuação: se o sistema reconhecer que o usuário está em qualquer zona de desastre, o aplicativo inicia outro serviço para rastrear o usuário, para que a autoridade possa resgatá-lo da provável área afetada. Para isso, o usuário é identificado com o ID nacional armazenado no aplicativo. O aplicativo usa o GSM para detectar a posição atual do telefone e envia esses dados ao sistema gerencial para rastrear o progresso da evacuação. Quando o usuário chega à área segura, o aplicativo remove o processo de rastreamento.

O dispositivo de Sistema de Alarme de Barragem usa o algoritmo de Dijkstra (1957) para resgatar o usuário da provável área de desastre e fornece a rota do abrigo mais próximo ao usuário. Encontrar o caminho mais próximo usando o Google Map- Rede de estradas representada no gráfico direcionado ponderado, como apresentado na figura 33.



Figura 33 Gráfico direcionado ponderado Dijkstra



Fonte: (Dijkstra, 1957)

Uma revisão recente de métodos para o planejamento de trajetórias é apresentada em [Goerzen et al. 2010]. Como mencionado nesta revisão, o algoritmo Dijkstra [Dijkstra 1959] garante solução ótima quando usado no planejamento de rotas. Uma rota é uma sequência de pontos conectados por segmentos de reta e que é utilizada para definir uma trajetória para um veículo ou pessoa.

## 20 ANÁLISE DE DADOS

O desenvolvimento do aplicativo móvel foi baseado no Android que fornece um aviso antecipado de desastre e o progresso da evacuação de área atingida pela onda de cheia, usando o Google Maps e a Plataforma de Gerenciamento de Segurança de Barragens (SGSB). Este aplicativo será executado em telefones celulares suportados pelo 2.3.3 e pelas versões atualizadas. O telefone celular deve ter o recurso de identificação de local compatível com GSM. O aplicativo encontra a localização do usuário através do provedor de rede da operadora móvel.

### 20.1. AVISO DE ROMPIMENTO DE BARRAGEM

O aplicativo fornece aviso antecipado de desastre de duas maneiras:

- Notificação automática de aviso: Usando o botão de alternância na página inicial do aplicativo, podemos iniciar ou interromper um serviço. Quando o usuário inicia o serviço, o aplicativo envia uma solicitação de registro ao servidor e busca uma "Identity" (ID) de registro que é enviada ao Servidor

de Gerenciamento de Segurança de Barragens (SGSB). Ele fornece notificação imediata ao aplicativo, se houver alguma alteração no servidor. Nesse caso, o aplicativo inicia automaticamente um serviço de transmissão que se comunica com o servidor quanto à posição atual do usuário para verificar se o usuário está ou não na provável área afetada pelo mapa de inundação. Se o aplicativo puder determinar a localização do usuário como área exposta ao desastre, o aplicativo notificará a mensagem de risco do usuário. Quando o usuário interrompe o serviço, o aplicativo não é registrado no servidor não chega nenhuma notificação do servidor, mesmo que haja atualização no banco de dados do SGSB.

- Notificação de aviso manual: O aplicativo também possui um botão de recarga que conecta o aplicativo ao SGSB e verifica a área do usuário atual da perspectiva do mapa de inundação.

Rastreando o usuário evacuado: O serviço verifica se, atualmente, o usuário está em alguma área provável afetada pelo mapa de inundação, inicia outro serviço. Se o usuário alterar sua localização, esse serviço enviará a localização do usuário ao SGSB. O SGSB armazena os dados no rastreamento de usuários. O aplicativo possui um botão rotulado como “Mostrar” mensagem no mapa. Quando o usuário pressiona o botão, ele mostra o Google Map, que identifica a posição atual do usuário e exibe o caminho mais curto para o ponto de encontro mais próximo. O aplicativo também tem uma opção para definir o ID nacional do usuário para que ele possa rastrear o usuário dessa identidade. O escritório central atualiza os dados baseados na área de diferentes mapas de inundação, como nos casos do gestor possuir mais de uma barragem no SGSB.

## 20.2 COMPARATIVO COM OUTRAS PLATAFORMAS

A plataforma Disaster Management Server (DMS) (GOSAVI, 2014) é uma plataforma baseada em desastres, com uso de GSM para localização do usuário e evacuação de área, entretanto não possui o serviço de base de dados de confrontação de informações para gerar automaticamente alerta de emergência.

Destarte a plataforma para monitoramento de inundação proposta por Suwetha (2017), utiliza de base de dados para confrontar informações, e gerar alertas para população de área inundada por chuvas.

## **21 IMPACTOS DO PROJETO**

### **21.1 IMPACTO IMEDIADO**

Houve reuniões com a Embasa, com o intuito de conhecer o Plano de Segurança de Barragens da Barragem do Cobre, entretanto este plano está em desenvolvimento e não foi possível ter acesso. Nestas reuniões foi apresentado este projeto, e houve a aceitação da equipe de tecnologia da EMBASA, que percebeu que há uma lacuna a ser preenchida nos planos de ação de emergência, que é a localização dos habitantes e possuir um sistema de alerta que indique a melhor rota de evacuação de modo mais célere.

Com a alteração da lei 12.334/2010 através da 14066/2020, surge a necessidade dos gestores se adequarem a nova legislação. A plataforma SGSB possui as funcionalidades que auxiliará neste processo, pois trabalha com todos os módulos envolvidos no plano de segurança de barragem, desde monitoramento, à evento de desastre.

### **21.2 IMPACTO SOCIAL POTENCIAL**

Após os desastres ocorridos no Brasil, foi possível analisar as consequências à população, derivadas de um evento de desastre de rompimento de barragem. Com esta análise, foi implementado na plataforma SGSB a inserção dos dados da população, com o levantamento cadastral com a identificação de vulnerabilidades sociais, comunidades tradicionais, identificação das casas e a localização.

Estes dados conferem quantas pessoas vivem na zona de auto salvamento e na zona de segurança secundária. Estas áreas identificadas serão passíveis de avaliação imobiliária, para que em caso de rompimento haja a devida indenização.

Outra característica social, é a permissão de conversa direta com o gestor da barragem, permitindo que a população tenha uma participação direta no desenvolvimento do plano de ação de emergência, como exigido pela lei 14.066/2020.

### **21.3 IMPACTO ECONÔMICO POTENCIAL**

Através da plataforma SGSB, o gestor da barragem terá condição de executar o plano de ação de emergência com maior celeridade, e com maior eficácia.



Os procedimentos exigidos pela lei 14.066/2020 estão destrinchados nesta plataforma, evitando assim que o empreendedor tenha que criar novos métodos para adequar-se a esta nova legislação. A plataforma além de gerenciar momentos de crise, tem a função de monitorar os dados da barragem, permitindo assim que o gestor tenha controle sobre como, quando e onde será executado a emergência e qual a área atingida pela onda de cheia, podendo comunicar diretamente com a população desta zona. Pós crise, o gestor tem os pontos georreferenciados desta população, que permite a defesa civil realizar as buscas dos desaparecidos, caso ocorra. Isso qualifica a gestão, diminui o tempo de resposta e evita maiores desgastes da imagem da empresa gestora da barragem.

#### 2.1.4 IMPACTO AMBIENTAL POTENCIAL

O projeto visa o monitoramento dos dados da barragem para que evite o rompimento. Está habilitada a receber dados de *hardware*, de sites e dados dos relatórios técnicos, para que o sistema de monitoramento e controle de estabilidade da barragem estejam integrados aos procedimentos emergenciais. Estas informações poderão auxiliar em âmbito ambiental os gestores, no que tange as outorgas e sobre as áreas de ocupação a montante da barragem. Sobre a jusante da barragem, poderá o gestor identificar as áreas que são protegidas por lei, com suas respectivas comunidades, para que em caso de desastre, tenha condição de monetizar os prejuízos. Esta situação se converge a outra exigência que a alteração da lei de segurança de barragens trouxe, que trata sobre a desocupação da área de auto salvamento, com a indenização das famílias que vivem a jusante de barragem de mineração, como identificado no inciso 1º do art. 18 da lei 14.066/2020, “No caso de barragem em instalação ou em operação em que seja identificada comunidade na ZAS, deverá ser feita a descaracterização da estrutura, ou o reassentamento da população e o resgate do patrimônio cultural, ou obras de reforço que garantam a estabilidade efetiva da estrutura, em decisão do poder público, ouvido o empreendedor e consideradas a anterioridade da barragem em relação à ocupação e a viabilidade técnico-financeira das alternativas”.

## **22 CONCLUSÃO:**

O foco deste trabalho é o desenvolvimento da Plataforma de Gestão de Segurança de Barragem, para auxiliar os atores que estão inseridos no Plano de Ação de Emergência (PAE) de acordo com o Plano Nacional de Segurança de barragens, o qual são os empreendedores, a defesa civil e a população. Portanto, foi destacado os marcos regulatórios vigentes, responsabilidades dos agentes envolvidos, os estudos hidrológicos para composição de mapa de inundação, gestão de risco e tecnologia capaz de gerar transparência dos dados de segurança de barragem. Foi concluído que existe a necessidade de haver uma interação cada vez maior entre os citados, além de disponibilidade de informação dentro do processo de emergência em barragens.

Esta plataforma foi desenvolvida para ser o centro de informação do empreendedor da barragem, com acessos a gráficos, com interpolação de dados técnicos das estruturas, das instalações e dos equipamentos de monitoramento da barragem, capazes de indicar situações de emergência, com definição das hipóteses e dos cenários possíveis de acidente ou desastre.

Foi pensada de acordo a legislação 14066/2020, com o objetivo de divulgar os procedimentos emergenciais e fomentar a atuação conjunta de empreendedores, fiscalizadores, órgãos de proteção e defesa civil em caso de incidente, acidente ou desastre. Surge com a intenção de promover o monitoramento e o acompanhamento das ações de segurança empregadas pelos responsáveis por barragens, de fomentar a cultura de segurança de barragens e gestão de riscos, e de coligir informações que subsidiem o gerenciamento da segurança de barragens pelos governos, sendo possível a integralização dos dados da Plataforma SGSB com os sistemas nacionais de informações, o SNIHR, SNISB e Sinima.

Através do método de crowdsourcing, haverá troca de informações entre o empreendedor e a população. Esta realizará o cadastramento e será mapeada com identificação de vulnerabilidades social. Será estimulada, através do aplicativo mobile, à participar direta ou indiretamente nas ações preventivas e emergenciais, incluídos a elaboração e a implantação do Plano de Ação de Emergência (PAE) e ter o acesso ao seu conteúdo, promovendo assim a transparência de informações, a participação e o controle social.

O aplicativo mobile possibilita executar todos os procedimentos que são exigidos no PAE, sendo o instrumento que conseguirá contribuir para que as informações necessárias alcancem os atores envolvidos neste plano. Com o foco em situações de emergência, a função principal deste dispositivo é identificar o indivíduo dentro do mapa de inundação, considerando o pior cenário identificado e apresentar a ele as rotas de fuga e pontos de encontro, com a respectiva sinalização. Com essas funções estabelecidas, o empreendedor conseguirá realizar exercícios simulados periódicos para as comunidades potencialmente afetadas.

Com isso, é apresentado neste trabalho uma solução tecnológica de maior eficácia em situação de alerta ou emergência, com um sistema de monitoramento e controle integrado aos procedimentos emergenciais, alcançando o objetivo geral proposto.

Os objetivos específicos indicados neste projeto, na parte técnica foram realizados, entretanto há a necessidade de execução em campo, para teste com a população.

## **RECOMENDAÇÕES**

Para a boa execução da Plataforma de Gestão de Segurança de Barragem (PGSB), é recomendado os testes de campo, com cadastro da população e testes de evacuação. É necessário ter informações concretas sobre as condições das barragens e seus respectivos Plano de Segurança de Barragem e Plano de Ação de Emergência, para que estes dados sejam utilizados de forma segura dentro do SGSB.

Promover a integralização com o Sistema de Alerta de Eventos Críticos (SACE), e com Sistema Integrado de Informações sobre Desastres, além de estar alinhado com o SINTDEC - Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil.

Outras informações necessárias para compor o SGSB serão implementadas em seguidas atualizações do sistema.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFONSO, J. R. Barragens – **Aspectos gerais**. In: INAG. Curso de Exploração e Segurança de Barragens. 1. ed. Lisboa: INAG, 2001. Cap. 1, 10 p.

A Gosavi, SS Vishnu - International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, Disaster Alert and Notification System Via Android Mobile Phone by Using Google Map, 2014.

ALMEIDA, B. A. **Riscos à jusante de barragens e legislação**. In: Jornada Técnica – Legislação sobre segurança de barragens, Projeto NATO PO-FLOODRISK / LNEC, 2000a, Lisboa: Portuga. 10 p.

ALMEIDA, A. B. **Dam Risk management at Downstream Valleys**. The Portuguese NATO Integrated Project. In: International Seminar and Workshop on the RESCDAM Project, 2000b, Seinajoki: Finland. 15 p.\_\_\_\_\_. Risco associado à segurança de barragens. p. 1-23.

ALMEIDA, A. B. **Emergência e gestão do risco**. In: Curso de Exploração e Segurança de Barragens. Capítulo 7. Lisboa: Instituto Nacional da Água (INAG),2001. 104p

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS- ANA. **Relatório de segurança de barragens 2012-2013**. Brasília, DF: ANA, 2015. 128 p. Disponível em: <http://www.snisb.gov.br/portal/snisb/relatorio-anual-de-seguranca-debarragem/2013>. Acesso em: 9 set. 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS- ANA. **Relatório de segurança de barragens 2014**. Brasília, DF: ANA, 2015. 160 p. Disponível em: <http://www.snisb.gov.br/portal/snisb/relatorio-anual-de-seguranca-debarragem/2014>. Acesso em: 9 set. 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS- ANA. **Relatório de segurança de barragens 2015**. Brasília, DF: ANA, 2016. 168 p. Disponível em: <http://www.snisb.gov.br/portal/snisb/relatorio-anual-de-seguranca-debarragem/2015-1>. Acesso em: 9 set. 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS- ANA. **Relatório de segurança de barragens 2016**. Brasília, DF: ANA, 2017. 226 p. Disponível em: <http://www.snisb.gov.br/portal/snisb/relatorio-anual-de-seguranca-debarragem/rsb-2016>. Acesso em: 9 set. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS- ANA. **Manual do empreendedor sobre segurança de barragens**: diretrizes para a elaboração de projeto de barragens. Brasília, DF: ANA, 2016b. v. 5, 160 p. Disponível em: <http://www.snisb.gov.br/portal/snisb/downloads/publicacoes/ManualEmpreendedor>. Acesso em: 9 set. 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS- ANA. **Relatório de segurança de barragens 2017**. Brasília, DF: ANA, 2018. 84 p. Disponível em:

<http://www.snisb.gov.br/portal/snisb/relatorio-anual-de-seguranca-debarragem/2017>. Acesso em: 9 set. 2020.

ANA, 2017a. **Resolução nº 236, de 30 de janeiro de 2017.**

ANA, 2017b. **Relatório de Segurança de Barragens 2016.** Brasília, ANA, 2017. 225 p.

ANA. FPTI – Fundação Parque Tecnológico de Itaipu – Brasil. **Curso Segurança de Barragem.** Módulo III: gestão e desempenho de barragens unidade 2: planos de ações de emergência. Disponível em:

[https://capacitacao.ead.unesp.br/dspace/bitstream/ana/110/28/Unidade\\_2-modulo3.pdf](https://capacitacao.ead.unesp.br/dspace/bitstream/ana/110/28/Unidade_2-modulo3.pdf)

ANA. **Manual do Empreendedor sobre Segurança de Barragens Guia de Orientação e Formulários do Plano de Ação de Emergência – PAE.** Volume IV. 2013. Disponível em: <http://www.snisb.gov.br/portal/snisb/downloads/volumeivguia-de-orientacao-e-formularios-dos-planos-de-acao-de-emergencia-2013-pae>. Acesso em: 9 set. 2020.

ANEEL. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil.** Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. Editora Brasília, 2008, Brasília.

ANEEL. **Resolução Normativa nº 696, de 15 de dezembro de 2015.**

ANDREETTA, A.B., **Avaliação comparativa dos marcos regulatórios estaduais de segurança de barragens de usos múltiplos do Brasil,** Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia. Área de conhecimento: Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais, Ilha Solteira, SP. 2020.

ANM. **Relatório de Segurança de Barragens de Mineração 2020.** Brasília – DF, ANM, 2021.

ANM. **Relatório de Segurança de Barragens de Mineração 2019.** Brasília – DF, ANM, 2020.

ANM. **RESOLUÇÃO Nº 32, DE 11 DE MAIO DE 2020.** Altera a Portaria nº 70.389, de 17 de maio de 2017 e dá outras providências.

ANM. **Resolução nº 13, de 8 de agosto de 2019.**

ANM. **Portaria nº 70.389, de 17 de maio de 2017.**

APEL, H., ARONICA, G. T., KREIBICH, H., & THIEKEN, A. H. (2008). **Flood risk analyses— how detailed do we need to be?** Natural Hazards, 49(1), 79– 98. doi:10.1007/s11069-008-9277-8

BALBI, D. F; VIEIRA, E. C. F. **Planos de emergência de barragens na CEMIG GT.** Revista CIER, Concordia, n. 56, p. 20-31, 2010. Disponível em: <[http://sg.cier.org.uy/Publicaciones/revista.nsf/0a293b20eacdf8a9032571133003ea67d/d1658660\\_b1b407ae8325780900681088/\\$FILE/PlanosDeEmergencia.pdf](http://sg.cier.org.uy/Publicaciones/revista.nsf/0a293b20eacdf8a9032571133003ea67d/d1658660_b1b407ae8325780900681088/$FILE/PlanosDeEmergencia.pdf)>. Acesso em: 03 abr. 2020.

BANCO MUNDIAL, 2015. **Segurança de Barragens: engenharia a serviço da sociedade.** 1ª edição, Brasília, 2015. 104p.

BIEDERMANN R. Safety concept for dams: development of the Swiss concept since 1980. Rev. Wasser Energie Luft, 89, p. 55-63. 1997. apud MEDEIROS, C. H. Curso de

**Segurança de Barragens: aspectos técnicos e legais.** 2013. 769 p. Promoção: Comitê Brasileiro de Barragens (CBDB) – Núcleo regional da Bahia, Salvador.

BOWLES, D. S; ANDERSON, L. R.; GLOVER, T. F. **A role for risk assessment in dam safety management.** In: 3<sup>rd</sup> International Conference HYDROPOWER, 1997, Trondheim. Anais... Trondheim: NO, 1997. 9 p.

BRADLOW, D.D., PALMIERI, A., SALMAN, S.M.A. **Regulatory frameworks for Dam Safety: a comparative study.** Washington: The World Bank, 2002. 177 p.

BRASIL, 2020a. **Lei nº 14.066, de 30 de setembro de 2020.**

BRASIL, 2020b. **Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020.**

BRASIL, **Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012.**

BRASIL. **DECRETO Nº 10.593, DE 24 DE DEZEMBRO DE 2020.**

BRASIL. **Decreto nº 97.274, de 16 de dezembro de 1988.**

BRASIL. **Decreto nº 895, de 16 de agosto de 1993.**

BRASIL. **Decreto nº 5.376, de 17 de fevereiro de 2005.**

BRASIL. **Decreto nº 7.257, de 04 de agosto de 2010.**

BRASIL. **Decreto Nº 10.593, DE 24 DE DEZEMBRO DE 2020.**

BRASIL **Decreto nº 10.000, de 3 de setembro de 2019.**

BRASIL **Lei Federal nº 12.334, de 20 de Setembro de 2010.**

BRASIL **Lei n. 9984, de 17 de julho de 2000.**

BRASIL. Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH). **Resolução nº143/2012.**

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

BRASIL **Lei n. 9433, de 8 de janeiro de 1997.**

BRASIL. **Portaria Nº 187, de 19 de outubro de 2017.**

BRASIL. **Portaria nº 187, de 26 de outubro de 2016.**

CARDIA, R. J. e R., ANDERÁOS, A. **Algumas considerações sobre a importância do plano de ação emergencial - PAE - Comitê Brasileiro de Barragens.** VIII Simpósio sobre Pequenas e Médias Centrais Hidrelétricas, Porto Alegre – RS. 01 a 04 de Maio.2012.

CBDB. **Live Lei de Segurança de Barragens - Análise crítica do substitutivo do PL 550/2019: avanços, desafios, entraves e riscos de retrocessos.** 03 de junho de 2020. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=9xPT0wUZYI8&t=387s>

CBDB. **Apresentação das barragens.** [S. l.: s.n., 200-]. Disponível em:

<http://www.cbdb.org.br/538/Apresenta%c3%a7%c3%a3o%20das%20Barragens>. Acesso em: 30 set.2020.

CBDB. **A história das barragens no Brasil, Séculos XIX, XX e XXI: cinquenta anos do Comitê Brasileiro de Barragens.** Rio de Janeiro: CBDB, 2011.

CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS – Eletrobrás. **Crítérios de projeto civil de usinas hidrelétricas**. Rio de Janeiro: RJ, 2003. 80 p.

CEPAL (COMISSÃO ECONÔMICA PARA AMÉRICA LATINA E CARIBE). 2003. **Manual para la evaluación del impacto socioeconômico y ambiental de los desastres**.

COLLISCHONN, W. (2019) **Risco hidrológico e segurança de barragens existentes**. In: XIV SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS NORDESTE, Maceió. 2018. Disponível em: < <https://eventos.abrh.org.br/xivsrhne/apresentacoes.php> > Acesso em: 05 jan. 2019.

[http://www.eclac.cl/publicaciones/xml/7/12707/lcmexg5e\\_TOMO\\_la.pdf](http://www.eclac.cl/publicaciones/xml/7/12707/lcmexg5e_TOMO_la.pdf). Acesso em 13 ago. 2020.

CESTARI JUNIOR, E. **Estudo de propagação de ondas em planície de inundação para elaboração de plano de ação emergencial de barragens: UHE Três irmãos estudo de caso**. 2013. 189 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”- UNESP, Ilha Solteira, 2013. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/111148>. Acesso em: 15 de set. 2020.

COLLISCHONN, W.; TUCCI, C. E. M. **Análise do Rompimento Hipotético da Barragem de Ernestina**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos (RBRH), v. 2, n.2, 206 p., jul./dez. 1997. CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 001, de 23 de janeiro de 1986. Brasília, 1986.

CENTRAL WATER COMMISSION – CWC. **Guidelines for development and implementation of emergency action plan (EAP) for dams**. IN: New Delhi. Dam Safety Organisation, mai. 2006. 48 p. Disponível em: <<http://www.cwc.gov.in/main/downloads/EAPChapters.pdf>>. Acesso em: 01 jul. 2020. Federal Emergency Management Agency – FEMA. Hazard Potential Classification System for Dams. US.: Washington, 2004. 21 p.

COUTINHO, M. M. **Avaliação do desempenho da modelagem hidráulica unidimensional e bidimensional na simulação de eventos de inundação em Colatina/ES**. 2015. 260 f. Dissertação (Mestrado Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos)- Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais-UFMG, Belo Horizonte, 2015. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/BUBD-9ZDLZQ>. Acesso em: 15 set. 2020.

- DEFESA CIVIL DO BRASIL/Ministério da Integração Nacional. **Situação de emergência e estado de calamidade pública**. <http://www.defesacivil.gov.br/situacao/2003/index.asp>. Acesso em 3 mar. 2020.

Dijkstra, E. W. (1959) “**A Note on Two Problems in Connection with Graphs**”, In: Numerische Mathematik, 1, p. 269–271.

DIJKSTRA’S Algorithm <http://courses.cs.washington.edu/courses/cse190x/09sp/slides/shortestpaths-alg.pdf> 2012.

FRIGERIO, S., SCHENATO, L., BOSSI, G., MANTOVANI, M., MARCATO, G., & PASUTO, A. (2018). **Hands-On Experience of Crowdsourcing for Flood Risks**. An

Android Mobile Application Tested in Frederikssund, Denmark. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(9), 2018. doi:10.3390/ijerph15091926

FROEHLICH D. C. (2016). **Predicting Peak Discharge from Gradually Breached Embankment Dam**. *Journal of Hydrologic Engineers (ASCE)*.

FURNIVAL, A. C; PINHEIRO, S. M.; JUNIOR, J. C. O. (2004) **A Comunicação e Compreensão da Informação sobre Riscos**. *DataGramaZero*. Rio de Janeiro, v.5, n.2, 2004.

GANEM, R. S. **Gestão de Desastres no Brasil, Biblioteca Digital da Câmara dos Deputados**, Brasília, 2012.

Goerzen, C., Kong, Z., Mettler, B. (2010) **“A Survey of Motion Planning Algorithms from the Perspective of Autonomous UAV Guidance”**, In: *Journal of Intelligent and Robotic Systems*, p. 65–100. Springer, The Netherlands.

International Commission on Large Dams – ICOLD. **Dam Failures**. Statistical Analysis. Bulletin 99. Paris: 1995. 63 p.

ICOLD, 2007. **Dams and the world’s water: an educational book that explains how dams help to manage the world’s water**. Paris: ICOLD, 2007. 71 p.

ICOLD,2020a.Disponível em:[https://www.icoldcigb.org/GB/world\\_register/general\\_synthesis.asp](https://www.icoldcigb.org/GB/world_register/general_synthesis.asp). Acessado em 21 de maio de 2020.

ICOLD,2020b.disponível:[https://www.icoldcigb.org/GB/dams/role\\_of\\_dams.asp](https://www.icoldcigb.org/GB/dams/role_of_dams.asp). Acessado em 30 de set. de 2020.

KHATTAK, M. S., ANWAR, F., SAEED, T. U., SHARIF, M., SHERAZ, K., & AHMED, A. (2016). **Floodplain mapping using HEC-RAS and ArcGIS: A case study of Kabul river**. *Arab J Sci Engg*, 41, 13751390.

KUMAR, S.; JASWAL, A.; PANDEY, A.; SHARMA, N. **Literature review of Dam Break studies and inundation mapping using hydraulic models and GIS**. *International Research Journal of Engineering and Technology*, v. 4, p. 55-61, 2017.

KHATTAK, M. S., ANWAR, F., SAEED, T. U., SHARIF, M., SHERAZ, K., & AHMED, A. (2016). **Floodplain mapping using HEC-RAS and ArcGIS: A case study of Kabul river**. *Arab J Sci Engg*, 41, 13751390.

LAURIANO, A. W. **Estudo de ruptura da barragem de Funil: comparação entre os modelos FLDWAV e HEC-RAS**. 2009. 193 p. Dissertação Mestrado - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

LINDELL M. K; PERRY, R.W. **Communicating Environmental Risk in Multiethnic Communities**. Califórnia: Sage, 2004

LUZ, L. D.; AMORIM, F. B.; LUZ, J. A. G. **Aspectos ecológicos associados a alterações hidrológicas observadas no baixo trecho do rio São Francisco**. In: VII Congresso de Ecologia do Brasil, 2005, Caxambu. Anais... Caxambu: MG, 2005. 2 p.

MEDEIROS, C. H. **Segurança de barragens: O que fazer para convergir teoria e prática**. In: XXVI Seminário Nacional de Grandes Barragens, 2005, Goiânia. Anais...Goiânia: CBDB, 2005. 13 p. 101



MEDEIROS, C.H. de A. C. **Segurança e Auscultação de Barragens**. Comitê Brasileiro de Barragens – CBDB, XXV Seminário Nacional de Grandes Barragens. Salvador – BA, 2003.

MENESCAL, R. A. **Gestão da segurança de barragens no Brasil**: proposta de um sistema integrado, descentralizado, transparente e participativo. 2009.769 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Universidade Federal do Ceará- UFC, Fortaleza, 2009.

MENEZES, Daisy Shaienne Araújo Borges de; **Classificação dos danos decorrentes da ruptura de barragens de acumulação de água**. Estudo de caso: barragem de Santa Helena - BA/ Daisy Shaienne Araújo Borges de Menezes. – Salvador, 2016.

Ministério da Integração Nacional – MI. **Diretrizes ambientais para projeto e construção de barragens e operação de reservatórios**. Brasília: DF, 2005. 107 p

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. **Instrução Normativa 01, de 24 de agosto de 2012**.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. **Portaria nº 187, de 19 de outubro de 2017**.

MG, 2019. Governo do Estado de Minas Gerais. **Lei nº 23.291, de 25 de fevereiro de 2019**. Institui a política estadual de segurança de barragens.

MI. **Manual de Segurança e Inspeção de Barragens**, Brasília. 2002. 148p.

MOLINARI, D., DE BRUIJN, K. M., CASTILLO-RODRÍGUEZ, J. T., ARONICA, G. T., & BOUWER, L. M. (2018). **Validation of flood risk models: Current practice and possible improvements**. International Journal of Disaster Risk Reduction.

MOYA QUIROGA, V., KURE, S., UDO, K., & MANO, A. (2016). **Application of 2D numerical simulation for the analysis of the February 2014 Bolivian Amazonia flood**: Application of the new HEC-RAS version 5. RIBAGUA, 3, 25-33.

NARAYANA, G. S., SINGH, M. e PANDYA, A. B., **Problems in Dam Safety encountered in India**: Case histories, Proceedings of the International Conference on Safety of Dams – Coimbra / 23-28 de abril de 1984, A. A. Balkema / Rotterdam / Boston, 1984.

OLDS, J. D.; HALL, R. B. **Utah -Dam safety guide to emergency action plans development and implementation**. 2003. 62 p. Disponível em: <<http://www.waterrights.utah.gov/daminfo/eap.pdf> >. Acesso em: 12 jul. 2020.

PEREIRA, L.F. **Segurança de barragens no Brasil: um breve comparativo com a legislação internacional e análise da influência da cobertura do solo de APPs sobre manchas de inundação**: estudo de caso da PCH Pedra Furada, Ribeirão – PE. 2019. 125 f. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia. Área de conhecimento: Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais, Ilha Solteira, SP. 2019

PIERCE, M. W., THORNTON, C. I., & ABT, S. R. (2010). **Predicting Peak Outflow from Breached Embankment Dams**. Journal of Hydrologic Engineering, 15(5), 338–349.

Suwetha, R. ; Keshini, S. ; Priya, S. L. ; Sushmitha, N. ; Naagine, R. ; Vaishnavi, M. Department of CSE, **Effective Flood Alert with Android & IOT Based Emergency Support in Network Unidentified Zone**. Panimalar Institute of Technology, Chennai - 600 123, India. International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology 2017 Vol.5 No.7 pp.743-749 ref.8

SANTANA, K.N.C (2019) **Simulação da propagação da onda de cheia causada pelo rompimento da barragem do rio do cobre e delimitação da área de inundação à jusante, Salvador – BA**. Monografia; Curso de especialização em segurança de barragens: aspectos técnicos e legais.

SALAJEGHAH, A., BAKHSHAEI, M., CHAVOSHI, S., KESHTKAR, A., & NAJAFI HAJIVAR, M. (2009). **Floodplain mapping using HECRAS and GIS in semi-arid regions of Iran**.

SHAHIRIPARSA, A., HEYDARI, M., SADEGHIAN, M. S., & MOHARRAMPOUR, M. (2013). **Flood Zoning Simulaion by HECRAS Model** (Case Study: Johor River - Kota Tinggi Region). Journal of River Engineering.

SCHNITTER, N. J. A History of Dams: The Useful Pyramides. Netherlands: [s.n.], 1994.

SIKDER, M. F., HALDER, S., HASAN, T., UDDIN, M. J., & BAOWALY, M. K. (2017). **Smart disaster notification system. 2017** 4th International Conference on Advances in Electrical Engineering (ICAEE). doi:10.1109/icaee.2017.8255438 SWITKES, G. Setor elétrico brasileiro: mais “verde” ou mais impactos ambientais? In: ROTHMAN, F. D. (ed.) Vidas alagadas: conflitos socioambientais, licenciamento e barragens. Viçosa, MG. Ed. UFV,2008.

TIMBADIYA, P. V., PATEL, P. L., & POREY, P. D. (2012). **HECRAS based hydrodynamic model in prediction of stages of lower Tapi river**. ISH Journal of Hydraulic Engineering.

TCU, 2019. Tribunal de Contas da União. Secretaria das Sessões. **Plenário, Sessão Ordinária. Ata nº 19, de 5 de junho de 2019**. Acórdão nº 1257/2019.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS Editora, 2001. 943 p.

VALENCIO, N.F. L da S. **Dimensões psicossociais e político-institucionais do desastre de Camará**. (PB) limitações da resposta da Defesa Civil frente ao rompimento de barragens. IN: I ENCONTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS E BARRAGENS, 2005, Rio de Janeiro. Anais...Rio de Janeiro: IPPUR/UFRJ, p.1-20.

VERÓL, Aline Pires. **Simulação da propagação de onda decorrente de ruptura de barragem, considerando a planície de inundação associada a partir da utilização de um modelo pseudobidimensional**. 2010. 217 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, UFRJ/COPPE, Rio de Janeiro, 2010.

VILLAGRÁN DE LEÓN, J.C. **Early warning principles and systems**. In:WISNER, B; GAILLARD, J.C; KELMAN, T. Handbook of Hazards and Disaster Risk Reduction, 2012.

WISEU, T.; ALMEIDA, A. B. **Gestão do risco nos vales a jusante de barragens**. Rev. Territorium, n. 18, p. 33 - 42, 2011. Disponível em:

<[http://www.uc.pt/fluc/nicif/riscos/Documentacao/Territorium/T18\\_artg/Teresa\\_Viseu.pdf](http://www.uc.pt/fluc/nicif/riscos/Documentacao/Territorium/T18_artg/Teresa_Viseu.pdf)

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA – UFSC / CEPED. **Atlas Brasileiro de Desastres Naturais: 1991 a 2010**, CEPED, Florianópolis, 2012a.

\_\_\_\_\_. **Capacitação básica em Defesa Civil**, CEPED, Florianópolis, 2012b.

XIONG, Y. (. (2011). **A dam break analysis using HEC-RAS**. Journal of Water Resource and Protection, 370-379.

YANG, J., Townsend, D., & Daneshfar, B. (2006). **Applying the HEC-RAS model and GIS techniques in river network floodplain delineation**. Can.J.Civ.Engg, 33, 19-28.

YAVASOGLU, H. H.; KALKAN, Y.; TIRYAKIOGLU, I.; YIGIT, C .O.; ÖZBEY, V.; ALKAN, M. N.; BILGI, S.; ALKAN, R. M.. **Monitoring the deformation and strain analysis on the Ataturk Dam**, Turkey, Geomatics, Natural Hazards and Risk, 9:1, 94-107, 2018.

Yerramilli, S. (2012). **A Hybrid approach of Integrating HEC-RAS and GIS towards the Identification and Assessment of flood risk vulnerability in the city of Jackson, MS**. American Journal of Geographic Information System, 7- 16.

**APENDICE A - Descrição dos acidentes e incidentes dos RSB de 2011 a 2019, ANM  
2021**

Ano	Nome da barragem	UF	Entidade Fiscalizadora	Ocorrência	Causa provável
2010	2 pequenas barragens	PE	APAC	Acidente	Cheia
2010	Jaburu I	CE	SRH	Incidente	Fundação
2010	PCH Calheiros	RJ	ANEEL	Incidente	Rachaduras
2011	UHE Salto Osório	PR	ANEEL	Incidente	Perda de comporta
2011	Barragem de areia	SP	ANM	Incidente	Cheia
2011	PCH Pedra Furada	PE	ANEEL	Acidente	Ruptura da Ombreira
2012	UHE São Salvador	TO	ANEEL	Incidente	Rachaduras
2012	PCH Dona Rita	MG	ANEEL	Incidente	Cheia
2012	PCH Cajuru	MG	ANEEL	Incidente	Cheia
2012	PCH Gafanhoto	MG	ANEEL	Incidente	Cheia
2012	PCH Mosquitão	GO	ANEEL	Incidente	Deslocamento de adutora
2012	PCH Piedade	MG	ANEEL	Incidente	

					Rompimento manta PEAD
2012	Jaburu I	CE	ANA	Incidente	Deficiência de projeto
2012	Barragem da CBE	-	ANM	Incidente	Deficiência de projeto
2012	Aurizona	-	ANM	Incidente	Deficiência de projeto
2012	Cupim	CE	SRH	Incidente	Deficiência de projeto
2013	Capoeira	ES	AGERH	Incidente	Cheia
2013	PCH Arvoredo	SC	ANEEL	Incidente	Percolação
2014	Três Irmãos	ES	AGERH	Incidente	Cheia
2014	Araçagi	PB	AESA	Incidente	Falha mecânica
2014	Barragem de pesque-pague	MS	IMASUL	Acidente	Cheia
2014	Gramame	PB	AESA	Incidente	Percolação
2014	Araçagi	PB	AESA	Incidente	Obstrução do vertedouro
2014	Agropecuária Buritis	MT	SEMA	Acidente	-
2014	Fazenda Boa Vista do Uru	GO	SEMARH	Acidente	Galgamento
2014		AP	ANEEL	Acidente	Galgamento

	UHE Santo Antônio do Jari				
2014	Vacaro	SC	SDS	Acidente	Galgamento
2014	Jacarecica I	SE	SEMARH	Incidente	-
2014	UHE Dona Francisca	RS	ANEEL	Incidente	Cheia
2014	B1 e B2	MG	ANM	Acidente	Erosão interna
2014	Duas Bocas	ES	AGERH	Incidente	-
2015	Córrego Seco	ES	AGERH	Incidente	Lixiviação
2015	UHE Cachoeira Caldeirão	AP	ANEEL	Acidente	Cheia
2015	PCH Inxu	MT	ANEEL	Acidente	Erosão Interna
2015	Propriedade de Nei Zampieri	SC	SDS	Acidente	Erosão interna
2015	Fundão	MG	ANM	Acidente	Liquefação
2015	Germano	MG	ANM	Incidente	Rompimento de montante
2015	Santarém	MG	ANM	Incidente	Rompimento de montante
2015	UHE Risoleta Neves	MG	ANEEL	Incidente	Rompimento de montante
2016	Alto Grande	BA	INEMA	Acidente	Cheia

2016	Fazenda Felícia (2 barragens)	GO	SEMAD	Acidente	-
2016	Fazenda Guavirova	PR	IAP	Acidente	Cheia
2016	Jucazinho	PE	APAC	Incidente	Fissuras
2016	Dique B3	MG	ANM	Incidente	-
2016	Itabiruçu	MG	ANM	Incidente	-
2016	Canoas	AL	SEMARH	Incidente	Falta de manutenção
2016	Bosque IV	AL	SEMARH	Incidente	Insuficiência do vertedouro
2016	Taboca	TO	NATURATINS	Incidente	Carreamento de material
2016	São Francisco	AL	SEMARH	Incidente	Insuficiência do vertedouro
2016	Gulandim	AL	SEMARH	Incidente	Insuficiência do vertedouro
2016	Piauí	AL	SEMARH	Incidente	Insuficiência do vertedouro
2016	Botuporã	BA	INEMA	Incidente	Cheia
2016	Balneário Ayrton Senna	MS	IMASUL	Acidente	Cheia

2016	Chã dos Pereira	PB	AESA	Incidente	Falta de manutenção
2016	Saulo Maia	PB	AESA	Incidente	Falta de manutenção
2017	Rincão dos Kroeff	RS	SEMA	Acidente	Cheia
2017	Cacimba Nova	PE	ANA	Acidente	Percolação pela fundação
2017	Barreiros	PE	ANA	Acidente	Percolação pela fundação
2017	Lageado	MS	IMASUL	Acidente	Galgamento
2017	Açude dos Irmãos	PB	AESA	Incidente	Insuficiência do vertedouro
2017	PCH Tamboril	GO	ANEEL	Incidente	Rompimento parcial PEAD
2017	Conjunto de Baías VIGA	MG	ANM	Incidente	Recalque
2017	Conjunto de Baías VIGA	MG	ANM	Incidente	Recalque
2017	Pindoba	AL	SEMARH	Incidente	Insuficiência do vertedouro
2017	Casa de Pedra	MG	ANM	Incidente	Surgência



2017	PCH Rudolf	SC	ANEEL	Incidente	Pequeno rompimento
2017	PCH Verde 4A	MS	ANEEL	Incidente	Vazamento dentro da CF
2017	Capané	RS	SEMA	Incidente	Percolação
2017	Água Limpa	ES	AGERH	Incidente	Carreamento de material
2018	CGH Agromar	MT	ANEEL	Acidente	Cheia
2018	Fazenda Boa Sorte	PA	SEMAS	Acidente	Cheia
2018	Fazenda Bom Jardim	GO	SECIMA	Acidente	Cheia
2018	Alto Santa Julia	ES	AGERH	Incidente	Vazamentos
2018	Lagoa Rica Iaras	SP	DAEE	Incidente	Erosão na tubulação
2019	Quati	BA	INEMA	Acidente	Galgamento
2019	Rio da Caixa	BA	INEMA	Incidente	Falta de Manutenção
2019	Sobrado e Mina Peixe	BA	INEMA	Incidente	Risco de rompimento
2019	-	BA	INEMA	Incidente	Risco de rompimento
2019	Algodoeira São	RN	IGARN	Incidente	Rompimento de montante

	Miguel				
2019	São José	SE	ANA	Incidente	Risco de rompimento
2019	-	MG	IGAM	Acidente	Cheia
2019	PCH Guary	MG	ANEEL	Incidente	Anomalia no vertedouro
2019	PCH Mello	MG	ANEEL	Incidente	Inundação da galeria
2019	Barragem IV	MG	ANM	Incidente	Solapamento
2019	-	MG	IGAM	Incidente	Erosão
2019	Pampulha	MG	IGAM	Incidente	Explosão na galeria do vertedouro
2019	-	MG	IGAM	Incidente	Risco de galgamento
2019	Fazenda Lajes	MG	IGAM	Incidente	Erosão
2019	Top Trino	MG	ANM	Incidente	Risco de rompimento
2019	Lago Green Metais	MG	ANM	Incidente	Risco de rompimento
2019	Sul Superior	MG	ANM	Incidente	Acionamento do PAE Nível III
2019	Sul Superior	MG	ANM	Incidente	Acionamento do PAE Nível II
2019	Mina Serra Azul	MG	ANM	Incidente	Acionamento do PAE Nível II

2019	B3 e B4	MG	ANM	Incidente	Acionamento do PAE Nível II
2019	Forquilha I, II e III	MG	ANM	Incidente	Acionamento do PAE Nível II
2019	B1 e B4	MG	ANM	Incidente	Acionamento do PAE Nível II
2019	B2	MG	ANM	Incidente	Acionamento do PAE Nível I
2019	Mina do Engenho	MG	ANM	Incidente	Acionamento do PAE Nível I
2019	Forquilha I e III	MG	ANM	Incidente	Acionamento do PAE Nível III
2019	Forquilha IV	MG	ANM	Incidente	Acionamento do PAE Nível I
2019	João Falqueto	ES	AGERH	Acidente	Cheias, galgamento e erosão
2019	Duas Bocas	ES	AGERH	Incidente	Cheias
2019	Hélio Dadalto	ES	AGERH	Incidente	Cheias
2019	Sítio Rupf	ES	AGERH	Incidente	Cheias
2019	Castelinho	SP	DAEE	Incidente	Galgamento
2019	Taiçupeba	SP	DAEE	Incidente	Vertimento acentuado
2019	-	SP	DAEE	Incidente	Risco de rompimento
2019	Prefeito Manoel Severo Lins Neto	SP	DAEE	Incidente	Risco de rompimento
2019	Córrego Olaria	GO	SEMAD	Incidente	Processos erosivos

2019	B2	GO	SEMAD	Incidente	Infiltração
2019	01 Córrego das Antas	GO	SEMAD	Incidente	Percolação
2019	-	GO	SEMAD	Incidente	Risco de rompimento
2019	-	GO	SEMAD	Incidente	Risco de rompimento
2019	TB01	MT	ANM	Acidente	Ruptura
2019	-	RO	SEDAM	Acidente	Ruptura
2019	Malhada	TO	NATURATINS	Acidente	Galgamento
2019	Balneário Iracema de Mito	TO	NATURATINS	Acidente	Sinistro no vertedouro
2019	Conquista de Caiboaté	RS	SEMA	Incidente	Risco de rompimento
2019	UHE Monte Carlo	RS	ANEEL	Incidente	Galerias inundadas
2019	Alto Amorim	RS	SEMA	Acidente	Ruptura
2019	-	RS	SEMA	Incidente	Vazamento
2019	Copelmi Mineração	RS	ANM	Incidente	Acionamento do PAE Nível I
2019	PCH Salto Góes	SC	ANEEL	Incidente	Vertedouro
2019	PCH Rudolf	SC	ANEEL	Incidente	Rompimento do canal de adução

2019	B1 – Brumadinho	MG	ANM	Acidente	Ruptura
2020	Serra Pelada	PA	ANM	Incidente	Construção de canal extravasor
2020	Campos e Berion	MT	ANM	Incidente	Interdição
2020	Unidade I em Ouvidor	GO	ANM	Incidente	Rompimento parcial de tubulação
2020	Santo Antônio	MG	ANM	Incidente	Movimentação de material
2020	Barragem de Rejeitos II	BA	ANM	Incidente	Deslizamento na pilha de estoque de underflow

Fonte: (ANA, 2013; ANA, 2015a; ANA, 2015b; ANA, 2016b; ANA, 2017b; ANA; 2018; ANA, 2019b; ANA, 2020c; ANM, 2021), adaptado pelo próprio autor.

# PLATAFORMA DIGITAL COMO INSTRUMENTO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM

**Felipe Oliveira da Silva Azevedo**

## Sumário

---

Introdução.....	2
Levantamento de Requisitos.....	2
Requisitos Funcionais do Projeto .....	4
Estrutura da Plataforma .....	6
Linguagens utilizadas.....	11
Modelagem do Banco de dados .....	17
Interface com usuário: Plataforma .....	18
Interface com o usuário: Aplicativo móvel Android.....	24
Testes .....	26
Geração de validações.....	31

---

# Introdução

---

Acidentes com barragens geralmente geram grandes problemas sociais e econômicos, além de eventuais perdas de vidas, por isso a regulamentação deste tema se fez necessário. Com a criação da Lei 12.334/2010, estabeleceu 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, que determina em seu artigo 4º, no inciso III, que o *empreendedor é o responsável legal pela segurança da barragem, cabendo-lhe o desenvolvimento de ações para garanti-la*; Dentre as obrigações dos empreendedores, relativamente à PNSB, destaca-se a elaboração do Plano de Segurança da Barragem, que deverá ser específico para cada barragem, e quando exigido a partir do grau de risco, o Plano de Ação de Emergência (PAE), que deve conter todas as orientações importantes para tomada de decisão no momento de sinistro, permitindo entre outras medidas a notificação e o alerta antecipado, visando minimizar os danos materiais e ambientais além das perdas de vidas. Em caso de alerta, o estado tem participação, representado pela Defesa Civil, que possui um plano de contingência (PLANCON).

Com o advento da alteração da lei de segurança de barragens através da Lei Federal nº 14.066, de 30 de setembro de 2020, surge a necessidade de implementar soluções para cumprir com os novos requisitos impostos ao setor.

O trabalho do gestor da barragem e da defesa civil é realizado com a função de evitar vítimas, ou seja, para que a população que vive a jusante da barragem tenha condição de evacuar a área que será atingida pela onda de cheia. Entretanto a falta de comunicação entre os agentes ainda é um grande entrave nessa situação.

É com este cenário que surge a necessidade de criar um método veloz e capaz de unir essas ações aqui propostas, uma plataforma de gestão de segurança de barragem, que forneça informação para o empreendedor e a defesa civil de quantas pessoas estão na área de risco (através de um cadastramento), com um sistema de alerta antecipado, contendo a informação da área atingida pela onda de cheia criada pelo rompimento da barragem, com a indicação das rotas de fuga e pontos de encontro para que a população tenha tempo hábil de evacuar a área de risco.

## LEVANTAMENTO DE REQUISITOS

---

O levantamento de requisito foi realizado em duas etapas na primeiro utilizando o levantamento de necessidades dos usuários baseados no pondo de vista e a partir desse levantamento foi sintetizado os requisitos funcionais da plataforma.

As técnicas de levantamento de módulos baseadas em pontos de vista (viewpoints) se baseiam no fato de que os módulos devem ser obtidos através de várias perspectivas deste sistema, ou seja, de diferentes pontos de vista.

A utilização de um sistema é heterogênea. Através de pontos de vista, pode-se organizar os requisitos de diferentes classes de usuários e stakeholders. Diferentes tipos de informações são necessários para especificar um sistema, incluindo o domínio da aplicação, ambiente de desenvolvimento e de execução do sistema. Os pontos de vista podem ser utilizados para coletar e classificar estas informações. Pontos de vista podem ser utilizados como um meio para estruturar o processo de módulos, e expor os conflitos entre os diferentes requisitos. Pontos de vista podem ser utilizados para encapsular diferentes modelos de um sistema, o que fornece mais informações para a especificação do sistema.

Quadro 1 Ponto de Vista: Gestão plataforma

<b>Ponto de Vista:</b> Gestão plataforma	Número: 001
<p><b>Foco:</b> Elaborar as especificações do sistema (funcional, interfaces e de implementação), implementar e testar o sistema.</p> <p><b>Objetivos:</b> Desenvolver o Sistema de Alerta de Barragens obedecendo à especificação de requisitos do sistema. Testar o sistema, verificar se o sistema desenvolvido está consistente com as especificações funcional e de requisitos.</p> <p><b>Fontes:</b> Especificação de requisitos, especificações dos sistemas atuais, validação sobre o ISO/IEC 14598.</p>	

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Quadro 2 Ponto de Vista: Gestor de Barragem

<b>Ponto de Vista:</b> Gestor de Barragem	Número: 002
<p><b>Foco:</b> Estabelecer e organizar dados da barragem, convocar e liderar reuniões, planejar o Plano de Segurança de Barragem, Planejar o Plano de Ação de emergência, controlar metas e linhas críticas do projeto, elaborar os manuais de operação do sistema.</p> <p><b>Objetivos:</b> Coordenar e finalizar os dados segundo as metas estabelecidas.</p> <p><b>Fontes:</b> Normas, definições e estabelecer o máximo de moradores dentro da plataforma</p>	

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.



### Quadro 3 Ponto de Vista: Defesa civil

Ponto de Vista: Defesa civil	Número: 003
<b>Foco:</b> Planejar o Plano de contingência, elaborar os manuais de plano de fuga e ponto de encontro <b>Objetivos:</b> Coordenar e finalizar os dados segundo as metas estabelecidas <b>Fontes:</b> Normas, definições e mapas de ruas e estradas, roteiro planejado do ponto de encontro.	

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

### Quadro 4 Ponto de Vista: População

Ponto de Vista: População	Número: 004
<b>Foco:</b> Acesso ao sistema, informar os dados pessoais e de residência, permitir o aplicativo informar notificações. <b>Objetivos:</b> Acompanhar as notificações no aplicativo, enviar informações de perigo. <b>Fontes:</b> Normas, definições e mapas de ruas e estradas, roteiro planejado do ponto de encontro.	

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

## REQUISITOS FUNCIONAIS DO PROJETO

---

É a captura das necessidades e aspirações de todas as partes envolvidas (desenvolvedores, clientes e usuários) em relação ao sistema a ser desenvolvido. Utiliza diversas técnicas e metodologias para facilitar, ordenar e melhorar a coleta de informações. Faz parte da fase inicial do processo de Engenharia de Requisitos.

Um requisito é uma característica de um sistema, ou a descrição de algo que um sistema deve realizar para atingir seus objetivos (PFLEEGER, 2004, p. 111).

A norma IEEE Std 610.12-1990 (IEEE, 1990, p. 62), define requisitos como:

- Acessar ponto georreferenciado usuário Desenvolvimento da plataforma:
- Uma condição ou capacidade necessária para o usuário resolver um problema ou atingir um objetivo; ou
- Uma condição ou capacidade que precise ser atendida ou estar presente em um sistema ou componente, para satisfazer um contrato, uma norma, uma especificação ou outro documento imposto formalmente; ou

- Uma representação documentada de uma condição ou capacidade, conforme definidas nos itens anteriores.

Abaixo estão listados os requisitos do Sistema Gestor de Segurança de Barragens:

#### GESTÃO PLATAFORMA:

- Autenticação de usuário
- Permitir acessos
- Cadastrar gestor de barragem
- Gerir clientes
- Manutenção

#### MORADOR/USUÁRIO

- Autenticação de usuário
- Cadastrar alerta
- Ser alertado simulação
- Ser alertado emergência
- Visualizar o mapa de ponto de encontro
- Visualizar melhor rota
- Visualizar se é simulação ou emergência
- Atualizar em tempo real
- Envio de dados
- Recebimento de relatório Gestor de Barragem:
- Autenticação de usuário
- Administrar sistema
- Módulo relatórios
- Gerar relatório gráficos
- Gerar mapa geral
- Gerar ponto georreferenciado usuário
- Módulo usuários
- Módulo Grupo de usuários
- Módulo Ponto de Encontro
- Módulo Rota de fuga Apoio Chave/Defesa civil:
- Autenticação de usuário
- Cadastrar alerta
- Ser alertado simulação

- Ser alertado emergência
- Visualizar o mapa de ponto de encontro
- Visualizar melhor rota
- Visualizar se é simulação ou emergência
- Atualizar em tempo real
- Envio de dados
- Recebimento de relatório
- Acessar ponto georreferenciado usuário

## ESTRUTURA DA PLATAFORMA

O sistema proposto de preparação para casos de rompimento em barragens baseado em localização consiste em um servidor de gerenciamento de segurança de barragens, telefones celulares Android suportados por GSM com nosso aplicativo instalado e usuários com o ID nacional. O sistema possui a administração estabelecida pelo setor Gestão da Plataforma, que realiza os cadastros dos Gestores de Barragem.

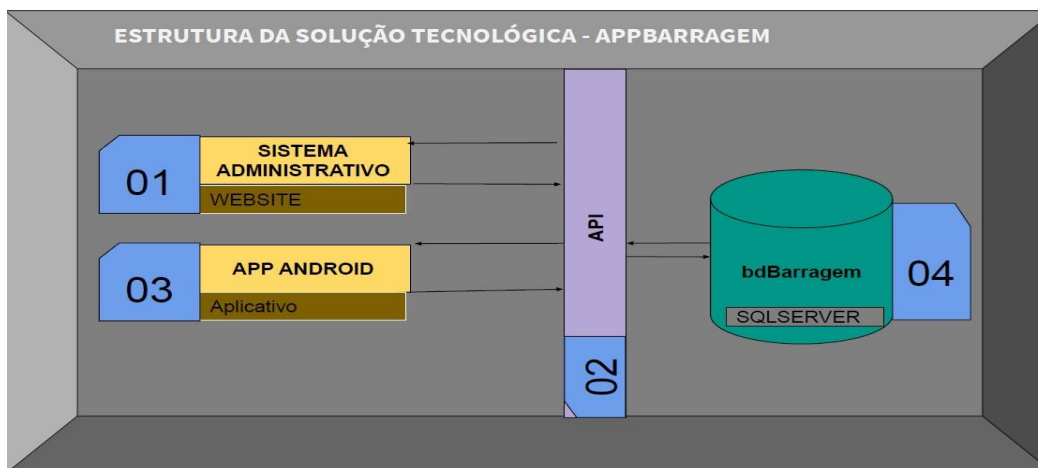
Figura 1 Estrutura da Plataforma proposta para o sistema de gestão



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

A plataforma foi desenvolvida com a estrutura tecnológica baseada em um API que é alimentado com o banco de dados das barragens e interage com o sistema administrativo em website, com isso gera as informações para o aplicativo de usuário.

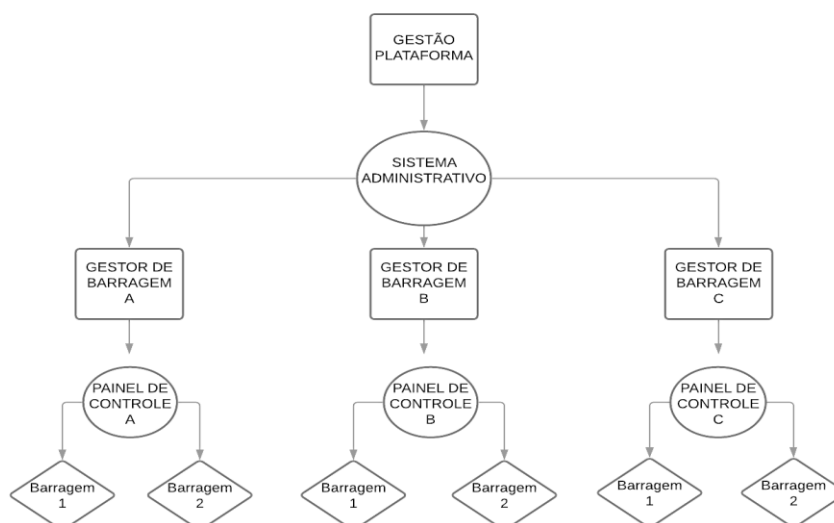
Figura 2 Estrutura da solução tecnológica



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

A plataforma é de multiacesso com controle de autenticação por grupos de usuário e permissão de acesso, ou seja, poderá ser utilizado simultaneamente por diversos gestores de barragens.

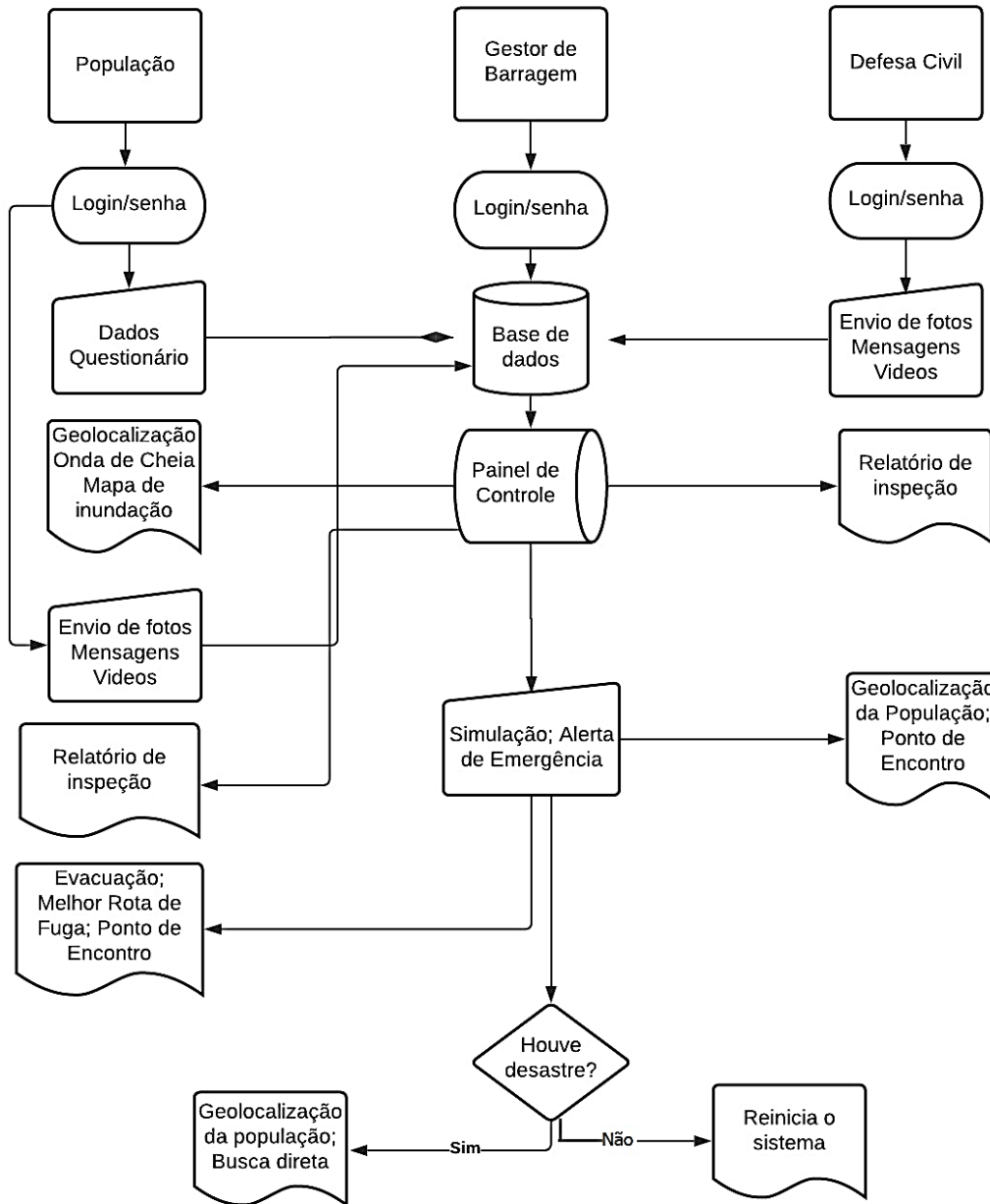
Figura 3 Fluxograma 1 Gerenciamento da Plataforma



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Em caso de alerta será feito o envio de mensagens através de conexão via internet (o sistema é habilitado para rede SMS e rádio); no perfil da população e da defesa civil será permitido o crowdsourcing; Perfil do gestor com painel de controle com mapa de inundação, rota de fuga, ponto de encontro, cadastros de Pins (GPS). Através do provedor de GPS, o celular captura a localização atual do usuário e a envia ao servidor. Usando a posição atual do usuário, nosso sistema determinará se o usuário está ou não na provável área exposta ao mapa de inundação. Possui cadastro de grupo de acesso (famílias e cidades), com funções de alerta de emergência e simulação; com possibilidade de acionamento dos alertas em diferentes cidades e controle de diferentes barragens; O Fluxograma demonstra o fluxo de trabalho do nosso sistema proposto de alerta e evacuação com base em localização proposto.

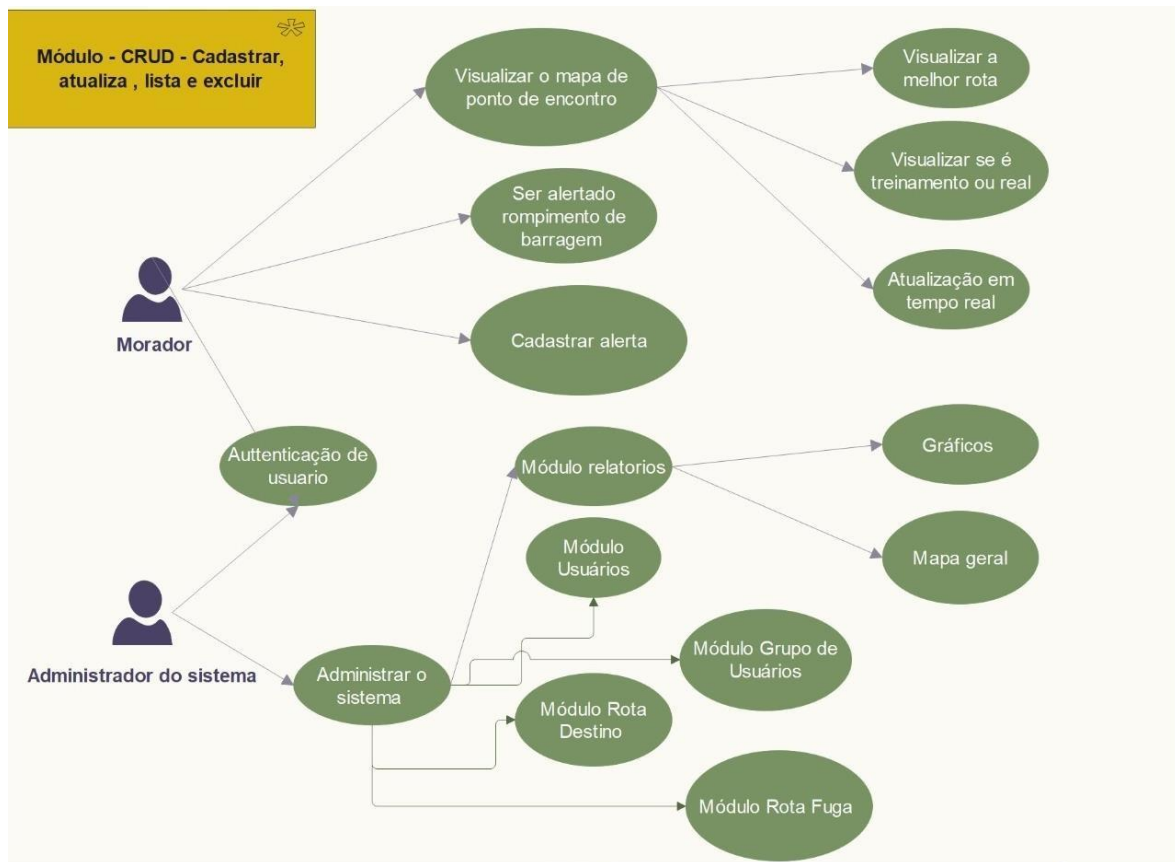
Figura 4 Fluxograma 3 de Conexão dos dados gerados na plataforma



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

As funções estabelecidas junto com os módulos operacionais, esclarecem o papel dos dois atores principais, que é o administrador da barragem e a população, como apresentado no fluxograma 4.

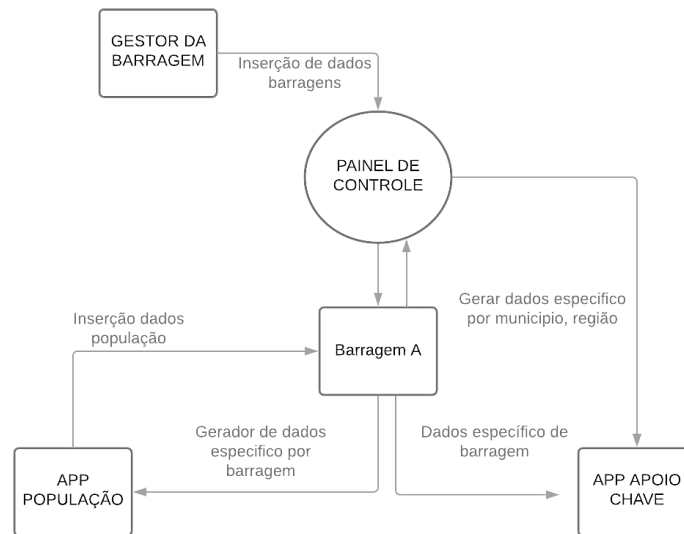
Figura 5 Fluxograma 4 de Módulos do sistema Administrador-Morador



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

A plataforma tem possibilidade de gerar Login e Senha com diferentes perfis de uso: Gestor da Barragem, População e Defesa Civil. O gestor da barragem é responsável pela captação dos dados referente ao cadastramento da população com georreferenciamento da população; A defesa civil terá o acesso aos dados específicos por comarca de atendimento. Como modo de operação, o ID nacional do usuário é armazenado no armazenamento interno do telefone celular, que é enviado servidor do gestor da barragem. A autoridade regional de controle de evacuação acompanha o progresso da evacuação. As etapas do nosso sistema proposto são as seguintes:

Figura 6 Fluxograma 5 - Funções estabelecidas na plataforma



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

## LINGUAGENS UTILIZADAS

O setor do administrador é um sistema web, com as informações da Barragem, com os dados do plano de segurança de barragem, do PAE (Plano de Ação de Emergência), que utiliza do ASP.NET com a linguagem C#, com o framework Bootstrap, tipagem pelo Typerscript e com a biblioteca de funções Java script pelo JQuery. O API é estabelecido com o Restfull para uso em nuvem, utilizando da internet, com os dados abastecido por arquivo XML. O APP Android será utilizado pela população, sendo identificado como usuário. Este setor foi feito com uso do software Xamarim. NET, com o Google Maps para identificação das rotas de fuga e pontos de encontro, com acesso a Javascript e arquivos XML pelo uso da metodologia Ajax. O banco de dados é feito por um Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGDB), o **SQL Server**. É indispensável a execução de testes de interação entre as partes para que as funções dentro do sistemas estejam habilitadas e conectadas.



Figura 7 Estrutura de softwares e linguagem do SGSB



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Abaixo faz-se uma breve explicação sob os softwares utilizados na Plataforma SGSB:

**ASP.NET:** é a plataforma da Microsoft para o desenvolvimento de aplicações Web e é o sucessor da tecnologia ASP. ASP.NET permite usar várias linguagens, como o VB, C#, C++, entre outras. Isto permite que desenvolvedores com perfis diferentes possam usar suas linguagens específicas, porém, com a mesma tecnologia.

**Bootstrap:** é um framework web com código-fonte aberto para desenvolvimento de componentes de interface e front-end para sites e aplicações web usando HTML, CSS e JavaScript, baseado em modelos de design para a tipografia, melhorando a experiência do usuário em um site amigável e responsivo.

**TypeScript:** é um superconjunto de JavaScript desenvolvido pela Microsoft que adiciona tipagem e alguns outros recursos a linguagem.

**jQuery:** é uma biblioteca de funções JavaScript que interage com o HTML, desenvolvida para simplificar os scripts interpretados no navegador do cliente.

**API:** Uma é um código programável que permite que dois softwares diferentes comuniquem-se entre si. As APIs são construídas por dois elementos diferentes. O primeiro é uma especificação que descreve como a informação é trocada entre os programas. O segundo é um software de interface, escrito especificamente para esse propósito e publicado para ser utilizado.

**RESTful**, é uma API baseada em protocolo HTTP, logo, é uma API baseada em web. O RESTful utilizado pelos browsers de internet pode ser imaginado como a linguagem da internet. O REST é uma escolha para a construção de APIs que permite ao usuário conectar e interagir com aplicações na nuvem.

**XML:** API simples para XML, é uma API que provê acesso serial ao conteúdo de um documento XML de forma orientada a eventos.

O **Xamarin** é uma plataforma de desenvolvimento mantida pela Microsoft que permite a criação de aplicativos móveis nativos para iOS, Android e Windows Phone utilizando como base a linguagem C# com o framework.

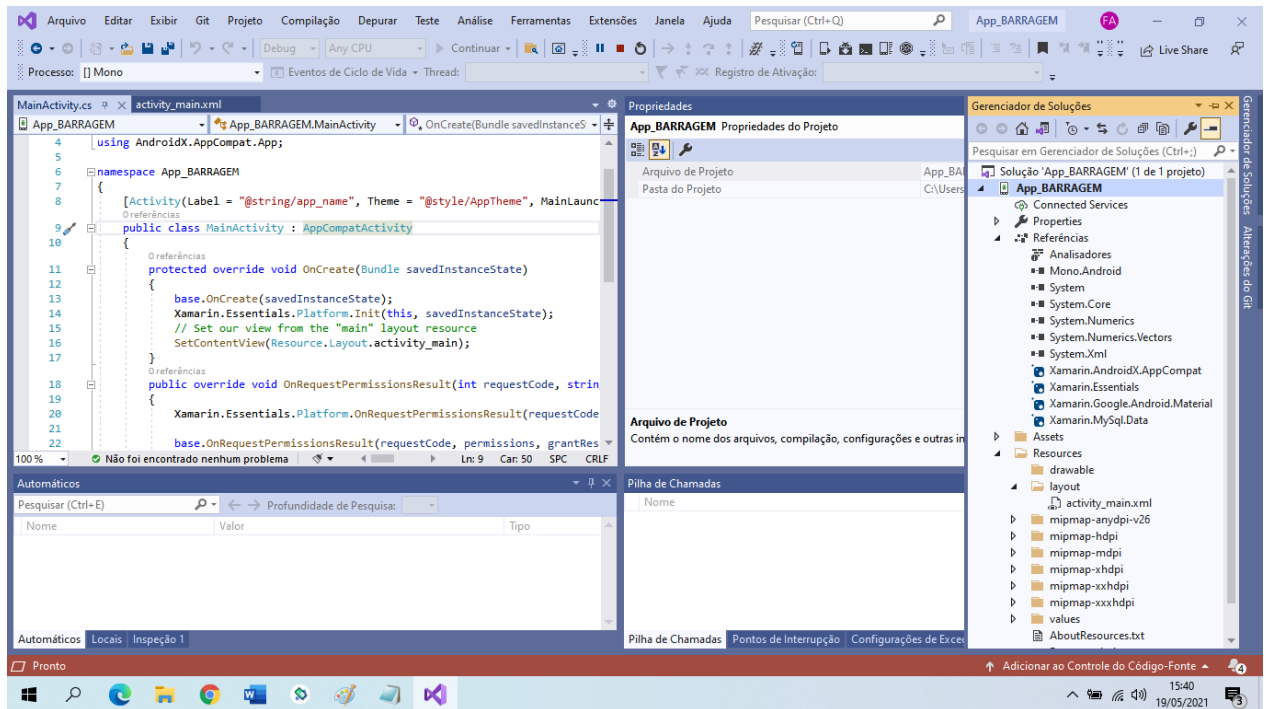
**Google Maps:** é um serviço de pesquisa e visualização de mapas e imagens de satélite da Terra gratuito, até uma certa quantidade de acessos, na web fornecido e desenvolvido pela empresa estadunidense Google.

**Ajax:** é o uso metodológico de tecnologias como Javascript e XML, providas por navegadores, para tornar páginas Web mais interativas com o usuário, utilizando-se de solicitações assíncronas de informações.

**SQL Server:** é um SGDB, isso é, um Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGDB) desenvolvido e mantido pela Microsoft. Como qualquer SGDB, trata-se de um software que cuida do armazenamento, atualização e recuperação de dados computacionais, incluindo os relacionamentos, permitindo toda esta administração de forma remota (através de rede / internet).

A plataforma foi desenvolvida em software Visual Studio 2019, programado em linguagem C#, através do sistema Xamarin.

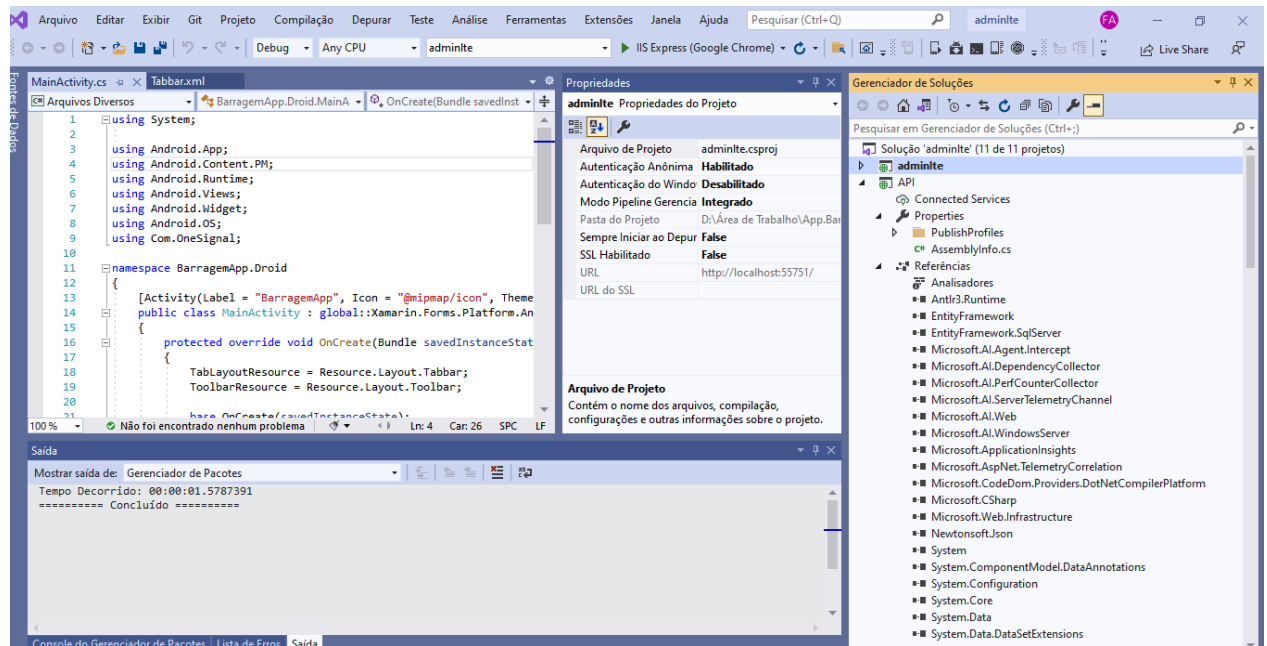
Figura 8 Apresentação Software Visual Studio 2019



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Houve a necessidade de obter um banco de dados através de uma .Sql, que foi habilitada por uma API. Este banco de dados que irá conectar as informações inseridas no Visual Studio ao Site do Sistema de Gestão de Segurança de Barragens, após a validação e compilação das estruturas C#.

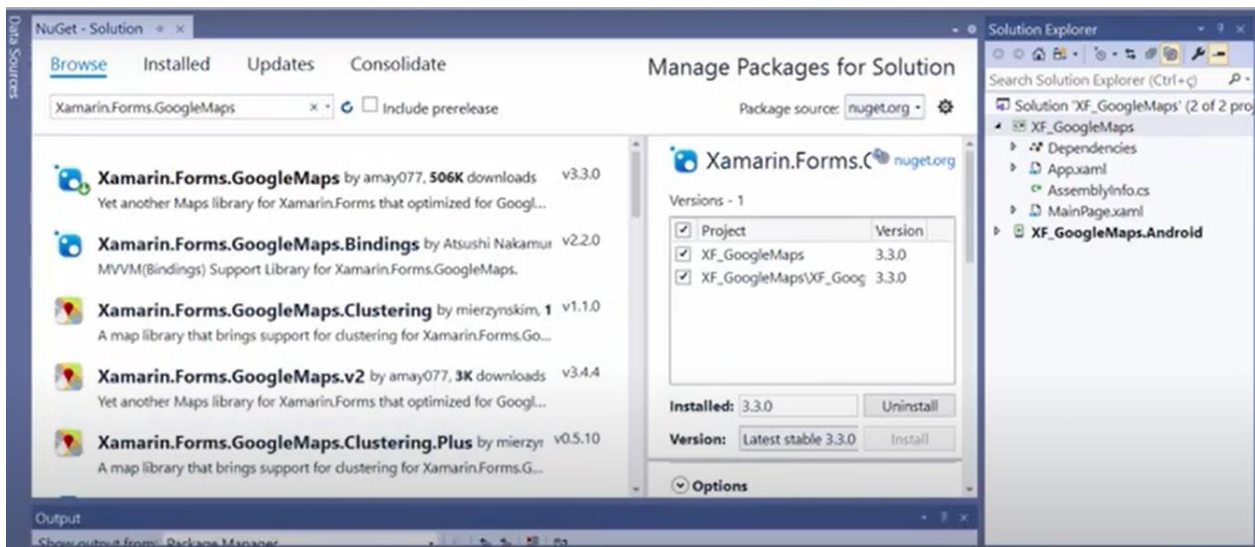
Figura 9 Estrutura C# e Apresentação de API



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Para gerar os mapas do Google Maps, é necessário realizar a atualização do sistema e baixar o arquivo *Xamarin.Forms.Google.Maps*, como apresentado na figura 22.

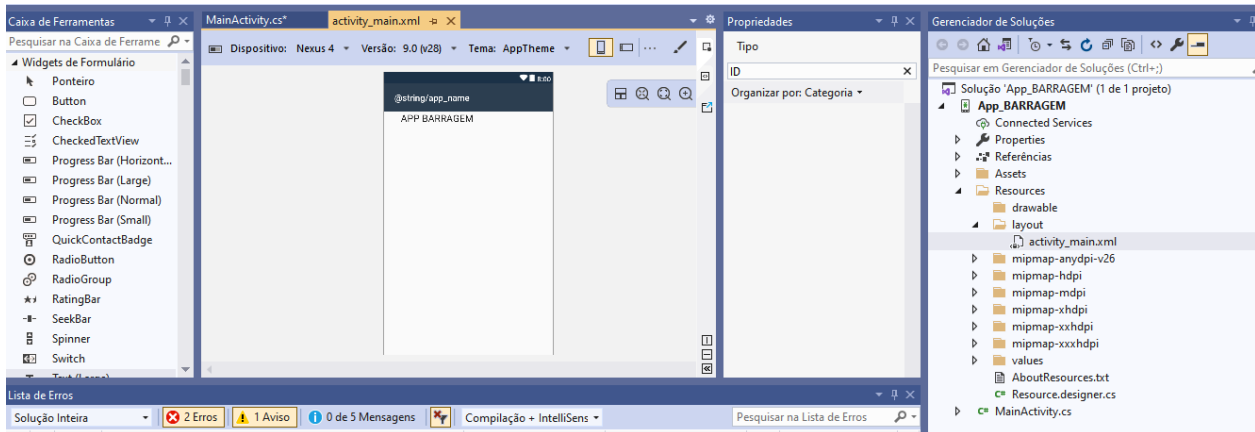
Figura 10 Atualização do Xamarin.Forms.Google.Maps.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Para a geração dos *widget* (botões, textos, data, informações), utilizou-se da caixa de ferramentas, no acesso do `activity_main.xml`, presente em Layout.

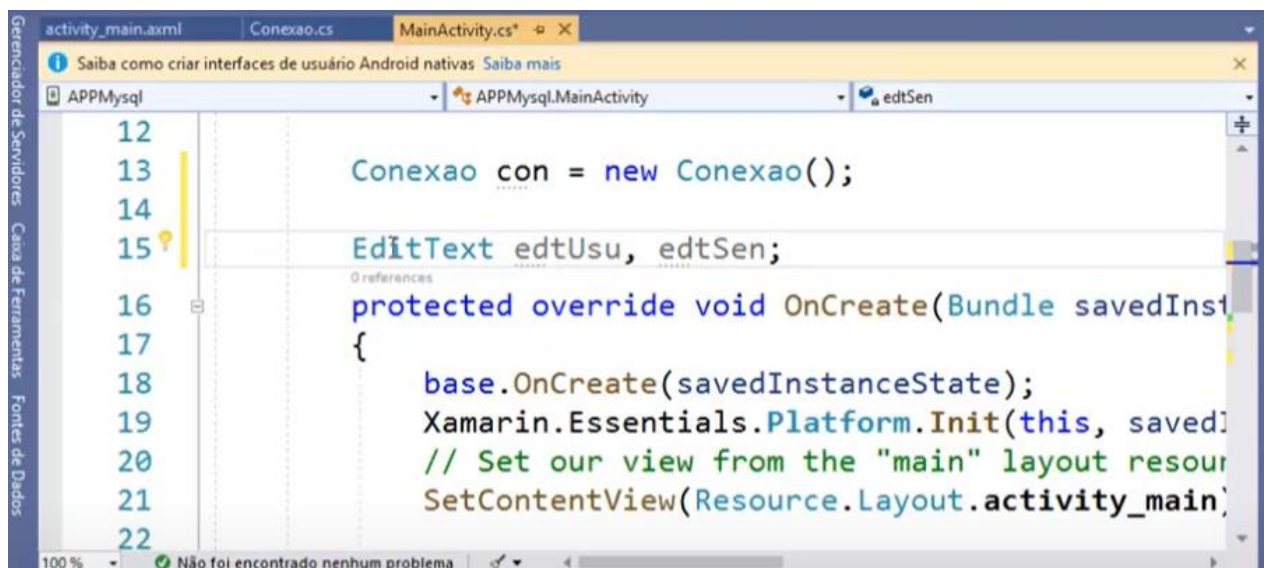
Figura 11 Uso de Ferramentas para construção do Layout



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Para realizar a programação das informações presentes no Layout, foi necessário informar os dados no `activity_main.cs`. Os dados deverão ser citados inicialmente em `MainActivity.cs`, para assim poderem receber informações e compilar os dados.

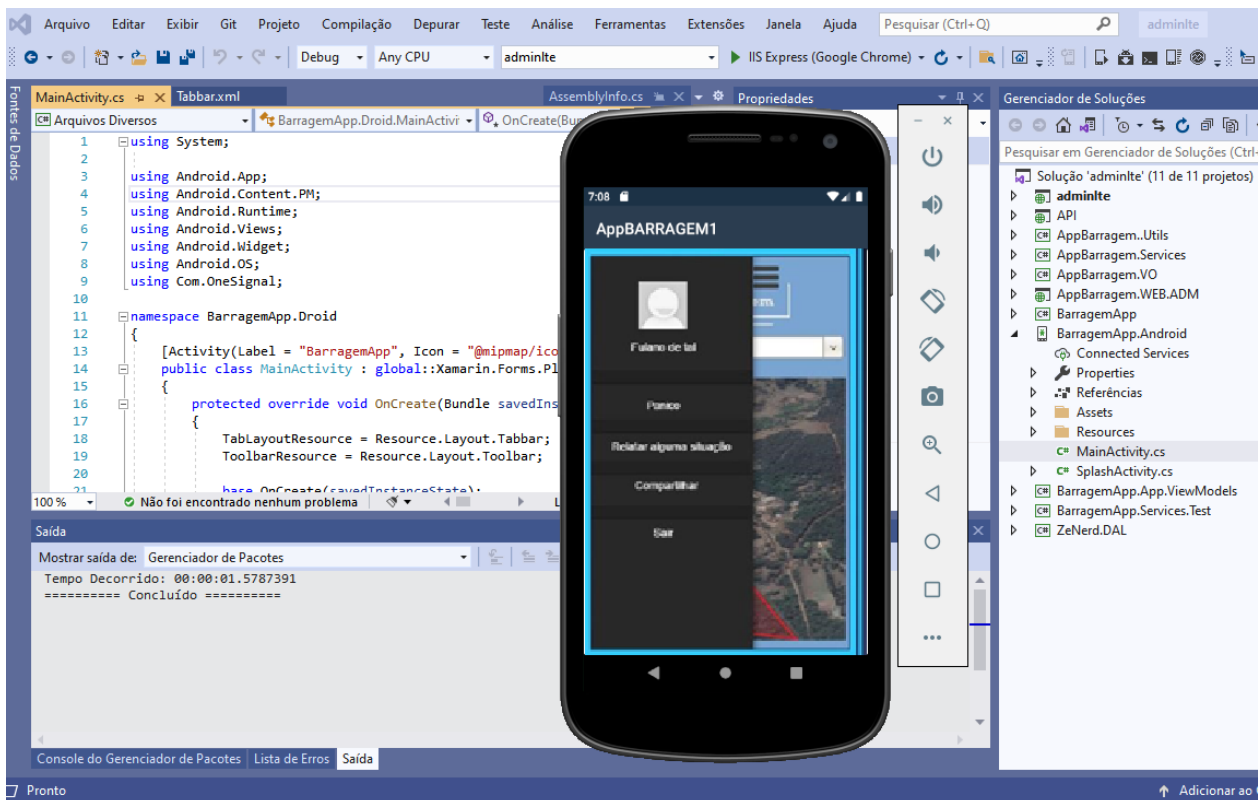
Figura 12 Citação de dados em C#.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Após a inserção dos dados, é necessário abrir o emulador de Android, para compilação dos dados em celular.

Figura 13 Emulador Android



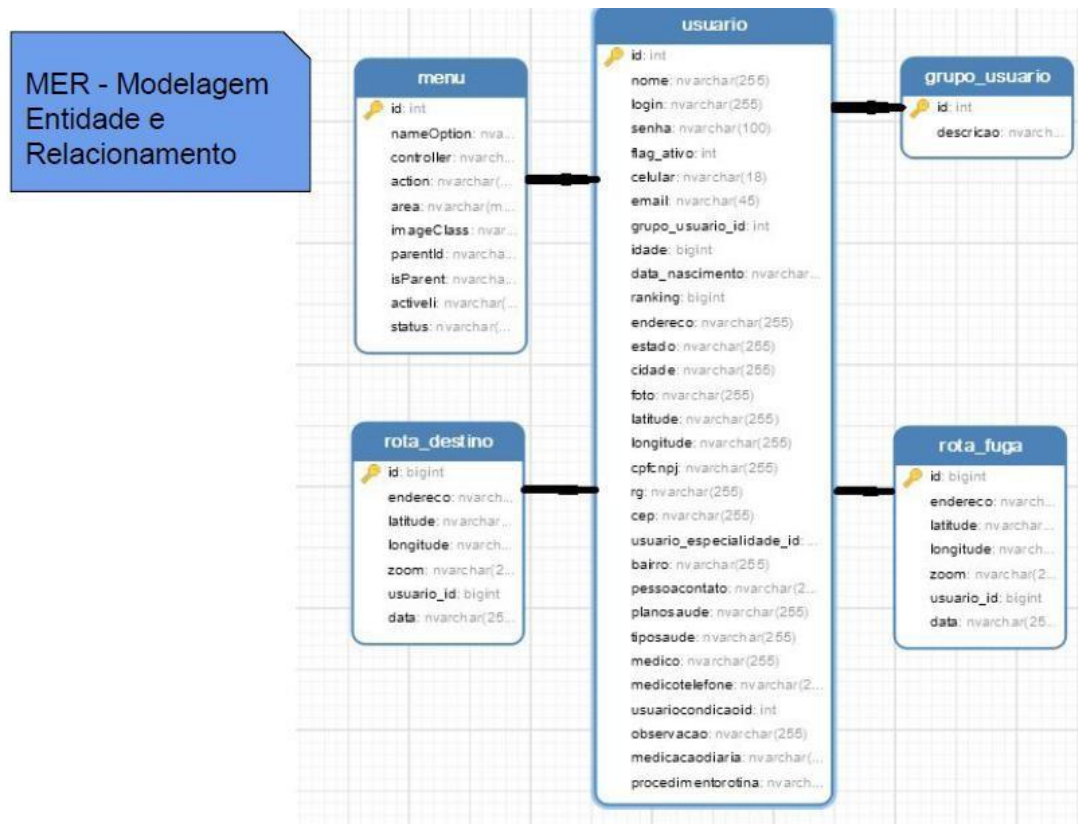
Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

## MODELAGEM DO BANCO DE DADOS

Para identificar o usuário do sistema e permitir que este seja de multiacesso, foi necessário criar uma base de dados referente a grupo de usuário. Esta função permite que todos os envolvidos em um processo de rompimento de barragem tenha acesso as informações. Através da Modelagem Entidade e Relacionamento faz-se as interações grupo de usuários, menu, rota de fuga, ponto de encontro, como especificado abaixo:



Figura 14 Modelagem Entidade e Relacionamento – MER

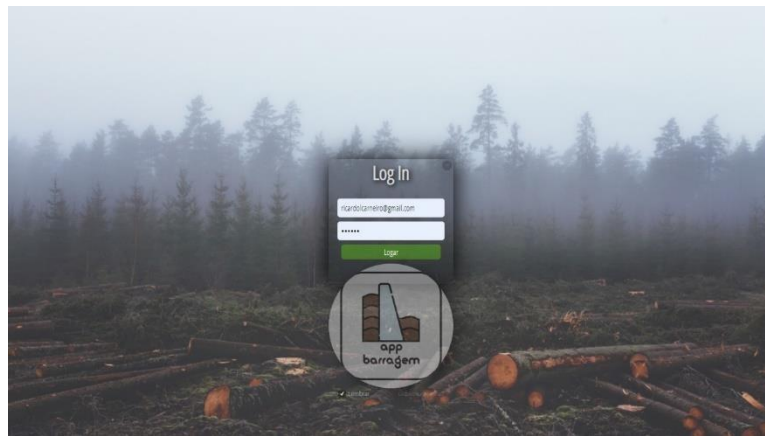


Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

## INTERFACE COM USUÁRIO: PLATAFORMA

O Sistema Gestor de Segurança de Barragens possui um login e senha específico para cada gestor, para que possa acessar a sua área de trabalho. Este login e senha permite que o gestor tenha acesso a todas as barragens de sua responsabilidade.

Figura 15 Tela de acesso da Plataforma Sistema Gestor de Segurança de Barragens



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

As Fig. 16 e 17 mostram a Plataforma Sistema Gestor de Segurança de Barragens com dados de fiscalização da barragem, com possibilidade de alertas ao gestor sobre informações que são passíveis de rompimento (Chuvas intensas, relatórios técnicos sob a estrutura da barragem). Possui informações sobre a população cadastrada em cada setor do mapa de inundação, além de uma área de conversas, onde a população pode interagir com o SGSB, para informações, sejam elas antecedentes ao rompimento, ou após o rompimento.

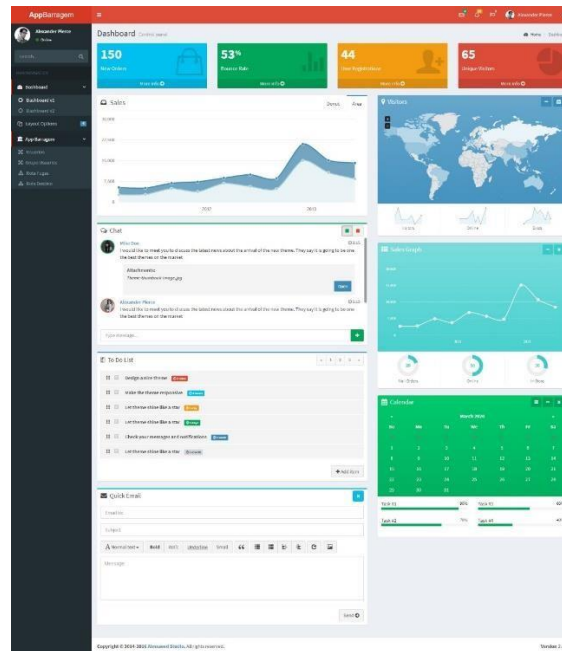
Figura 16 Sistema Gestor de Segurança de Barragens



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.



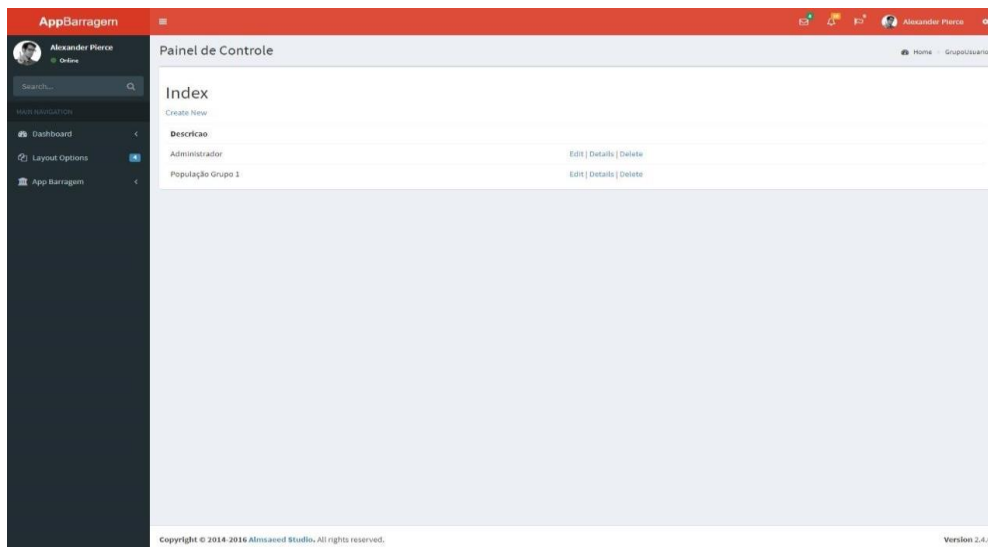
Figura 17 Sistema Gestor de Segurança de Barragens - tela II



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

A Fig. 18 mostra o painel de controle do Sistema Gestor de Segurança de Barragens com a diferenciação dos usuários do sistema, com possibilidade de permissões de informações, a critério do gestor.

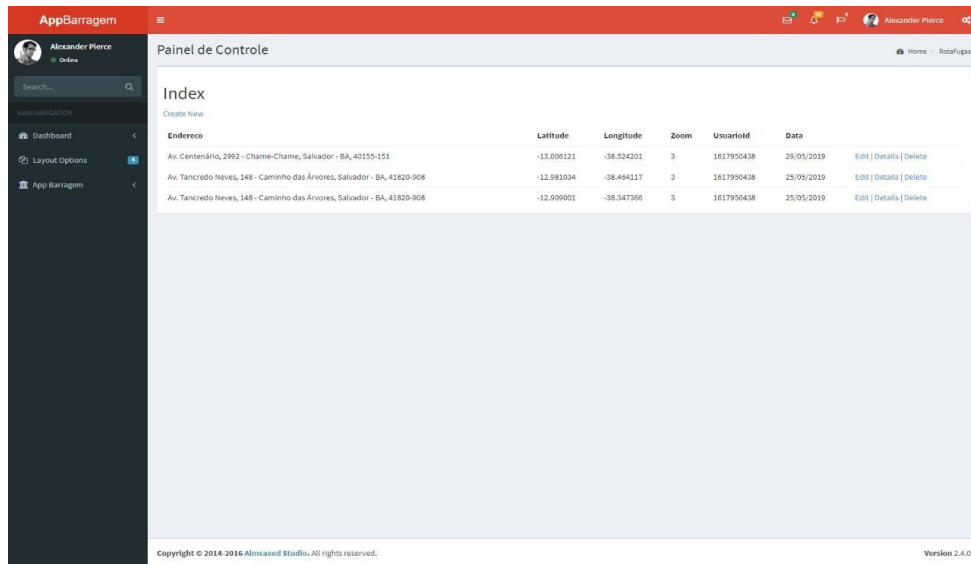
Figura 18 Painel de controle – Multiacesso



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

A Fig. 19 mostra o painel de controle do Sistema Gestor de Segurança de Barragens com os endereços geolocalizados de todos os usuários do sistema.

Figura 19 Cadastros de Pins de usuários com geolocalização



The screenshot shows a web application interface for 'AppBarragem'. The main content area is titled 'Painel de Controle' and contains an 'Index' section with a 'Create New' link. Below this is a table listing user pins with their geolocation data. The table has columns for 'Endereço', 'Latitude', 'Longitude', 'Zoom', 'UsuarioId', and 'Data'. Each row includes a 'Data' column with a date and links for 'Edit', 'Details', and 'Delete'.

Endereço	Latitude	Longitude	Zoom	UsuarioId	Data
Av. Centenário, 2992 - Chame-Chame, Salvador - BA, 40150-151	-13.000123	-38.524201	3	1617950438	29/05/2019 <a href="#">Edit</a>   <a href="#">Details</a>   <a href="#">Delete</a>
Av. Tancredo Neves, 148 - Caminho das Árvores, Salvador - BA, 41820-908	-12.981034	-38.464117	3	1617950438	25/05/2019 <a href="#">Edit</a>   <a href="#">Details</a>   <a href="#">Delete</a>
Av. Tancredo Neves, 148 - Caminho das Árvores, Salvador - BA, 41820-908	-12.980901	-38.347366	3	1617950438	25/05/2019 <a href="#">Edit</a>   <a href="#">Details</a>   <a href="#">Delete</a>

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

As Fig. 20 mostra o painel de controle do Sistema Gestor de Segurança de Barragens no setor de cadastramento de usuário do sistema. Este cadastro preza pela identificação social do morador.

Figura 20 Cadastro de novos usuários

## Cadastrar

Morador

### Dados Pessoais

<b>NOME DO MORADOR:</b>	<input type="text"/>
<b>E-MAIL</b>	<input type="text"/>
<b>TELEFONE</b>	<input type="text"/>
<b>SEXO</b>	MASCULINO <input type="text"/>
<b>QUAL É A DATA DE NASCIMENTO?</b>	dd/mm/aaaa <input type="text"/>
<b>QUAL É A RELAÇÃO DE PARENTESCO OU DE CONVIVÊNCIA COM A PESSOA RESPONSÁVEL PELO DOMICÍLIO?</b>	01 - PESSOA RESPONSÁVEL PELO DOMICÍLIO <input type="text"/>
<b>A SUA COR OU RAÇA É?</b>	1 - BRANCA <input type="text"/>
<b>VOCÊ SE CONSIDERA INDÍGENA?</b>	1 - SIM <input type="text"/>
<b>QUAL A SUA ETNIA, POVO OU GRUPO INDÍGENA?</b>	<input type="text"/>
<b>FALA LÍNGUA INDÍGENA NO DOMICÍLIO?</b>	1 - SIM <input type="text"/>
<b>LÍNGUA INDÍGENA 1</b>	<input type="text"/>
<b>LÍNGUA INDÍGENA 2</b>	<input type="text"/>
<b>FALA PORTUGUÊS NO DOMICÍLIO?</b>	1 - SIM <input type="text"/>
<b>VOCÊ SE CONSIDERA OUILOMBOLA?</b>	1 - SIM <input type="text"/>
<b>QUAL O NOME DA SUA COMUNIDADE?</b>	<input type="text"/>
<b>TEM REGISTRO DE NASCIMENTO?</b>	1 - DO CARTÓRIO <input type="text"/>

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Após o cadastro social, é necessário que determine sua localização, qual o tipo de ocupação sobre o imóvel e anexo de documentos, sendo o de identidade e o de comprovação de residência, como demonstrado na figura 21:

Figura 21 Localização, ocupação sobre o imóvel e anexo de documento

Localização

Uf	<input type="text"/>
Município	<input type="text"/>
Latitude	<input type="text"/>
Longitude	<input type="text"/>
Distrito	<input type="text"/>
Subdistrito	<input type="text"/>
Setor	<input type="text"/>
NumeroQuadra	<input type="text"/>
NumeroFace	<input type="text"/>
SeqEndereco	<input type="text"/>
SeqColetivo	<input type="text"/>
SeqEspecie	<input type="text"/>
SeqEndereco	<input type="text"/>
SeqColetivo	<input type="text"/>
SeqEspecie	<input type="text"/>
TipoEspecieDomicilioOcupado	1 - DOMICILIO PARTICULAR PERMANENTE OCUPADO
TipoDomicilio	101 - CASA
QuantidadePessoasDomicilio	<input type="text"/>
TipoEducacao	1 - SIM

Enviar documentação

File  Nenhum arquivo selecionado  
 Imagem do Usuário

[Voltar](#)

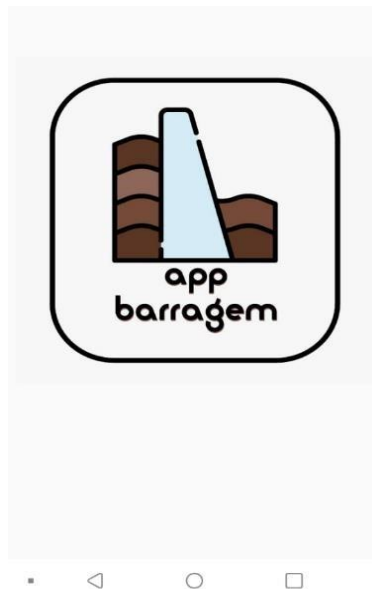
Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

# INTERFACE COM O USUÁRIO: APLICATIVO MÓVEL ANDROID

---

O aplicativo móvel Android é utilizado pela população. Será de acesso aberto a toda população, entretanto só serão cadastrados pelo gestor os que vivem dentro do mapa de inundação (sendo necessário para caso de rompimento identificar os moradores, suas residências).

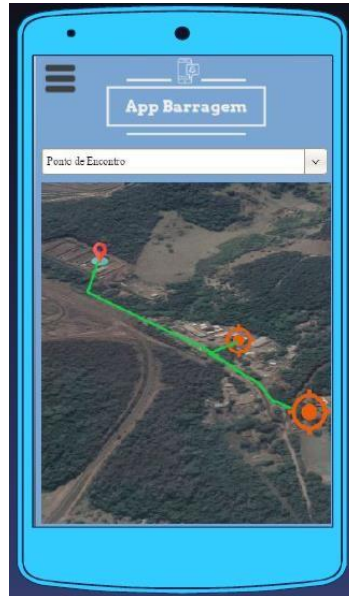
Figura 22 Tela de apresentação



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

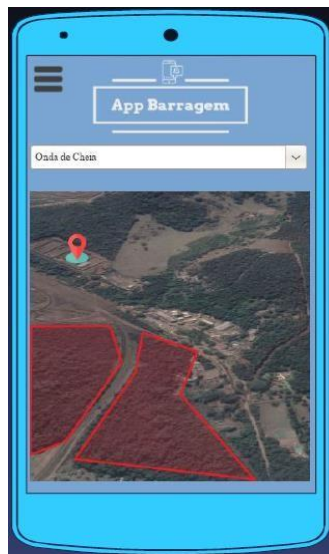
O aplicativo possui as telas de ponto de encontro e onda de cheia, como apresentado nas Figuras 23 e 24; entretanto não foi possível habilitar de modo permanente a função de rota de fuga pois há a necessidade de adquirir licença para uso constante em plataforma, mas foi possível realizar testes e verificar as funções estabilizadas.

Figura 23 ponto de encontro



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Figura 24 onda de cheia



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

A possibilidade de *crowdsourcing* é feita no menu do aplicativo em duas funções, Pânico que é gerar um ponto georreferenciado do local exato que a pessoa se encontra e relatar alguma situação, onde abrirá o chat do usuário junto ao gestor da barragem para tirar dúvidas, relatar situação, indicar lugares passíveis de desmoronamento ou pessoas desaparecidas.

Figura 25 Menu usuário



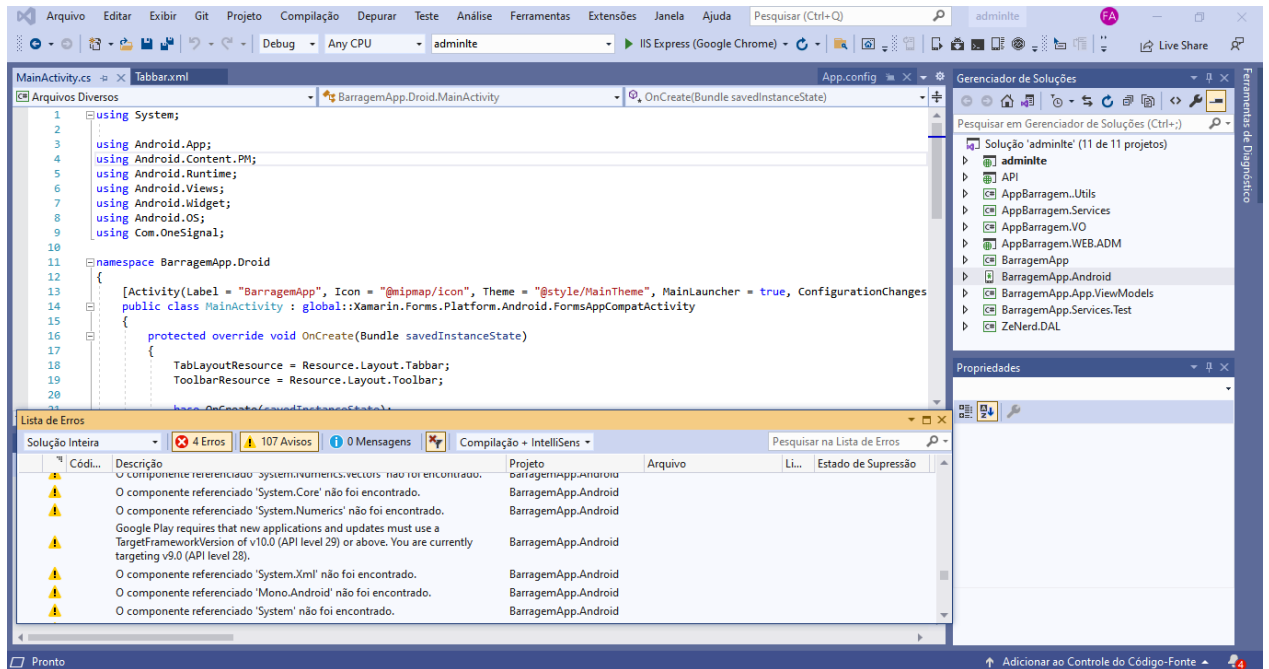
Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

## TESTES

---

Para avaliação das informações implementadas dentro do sistema Xamarim, é feito pelo próprio sistema as validações dos dados, caso não seja identificado a citação da informação, ou as delegações de informações não sejam compatíveis, é apresentado os erros, para correção. Na figura 26, é apresentado um erro derivado de ausência de dados no sistema:

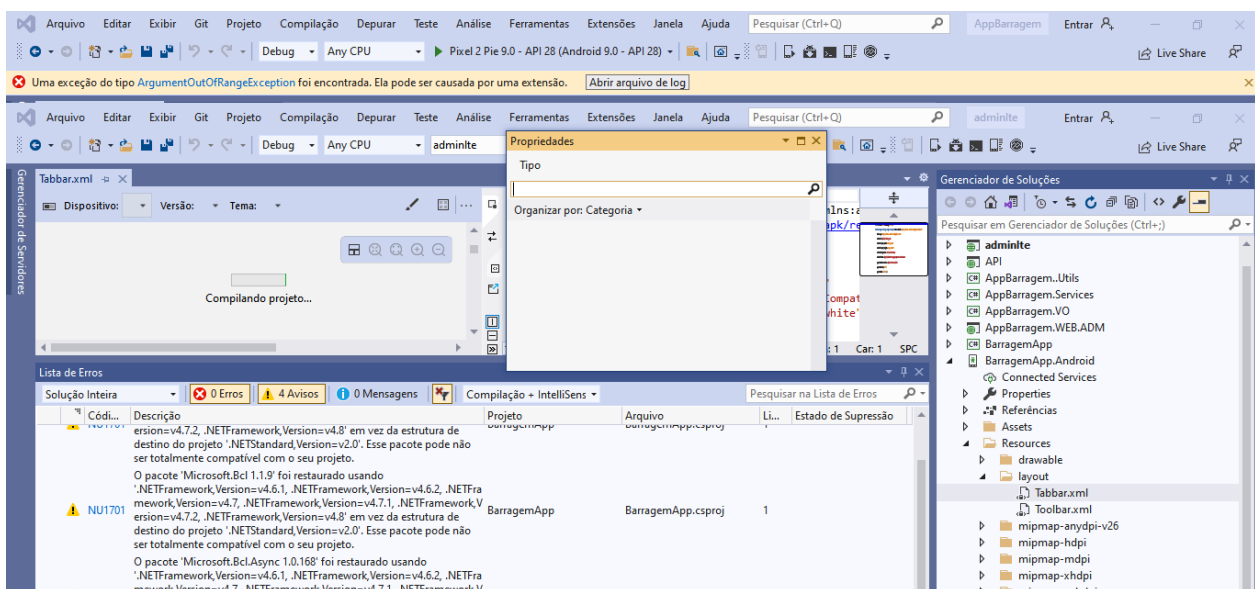
Figura 26 Erro derivado de ausência de dados no sistema



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Na figura 27, é apresentado o erro derivado de programação com delegações equivocadas:

Figura 27 Erro derivado de programação com delegações equivocadas



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.



# Teste de Campo:

Foi realizado o teste em campo com cadastro de pessoas em diferentes localizações dentro de Salvador. Esse teste foi elaborado para avaliar a localização do usuário dentro do mapa estabelecido na plataforma. Como apresentado na figura 29, houve o sucesso na localização, sendo apresentado dentro da Plataforma a localização.

Figura 28 cadastro de pessoas

Painel de Controle

Index

Cadastrar Novo

Nome	Uf	Município	Distrito	Subdistrito	Setor	NumeroQuadra	NumeroFace	SeqEndereco	SeqColetivo	SeqEspecie	QuantidadePessoasDomicilio	DataNascimento	Etnia
teste MORADOR	Ba	Salvador	teste	teste	teste	teste	teste	teste	teste	teste	3	03/11/1981 00:00:00	teste GRUPO INDÍGENA
Teste 2	BA	Salvador	Teste 2	Teste 2	Teste 2	Teste 2	Teste 2	Teste 2	Teste 2	Teste 2	3	03/11/1981 00:00:00	Teste 2
teste3	ba	Salvador	teste3	teste3	teste3	teste3	teste3	teste3	teste3	teste3	4	03/11/1981 00:00:00	GRUPO INDÍGENA

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Figura 29 localização do usuário dentro do mapa

Dashboard - Sistema Gestão de Segurança Barragem Version 1.0

MORADORES CADASTRADORES 3

MORADOR FALTANDO CADAS...

APLICATIVOS VALIDADOS

CADASTROS CANCELADOS

Gerenciamento Delivery - Mapa

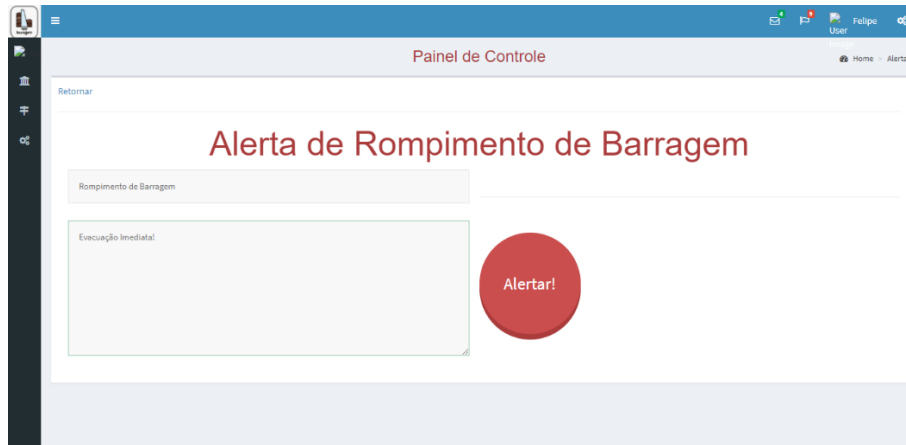
Ranking de Riscos

- Risco alto
- Risco médio
- Risco baixo
- Risco não verificado

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

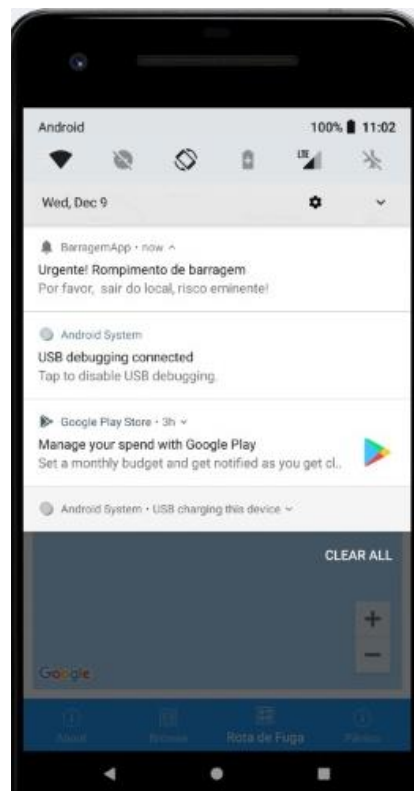
Foi realizado os testes para o sistema de alerta; acionado pela plataforma, este alerta chega no aplicativo mobile com a informação definida pelo gestor da barragem, como apresentado nas figuras 36 e 37.

Figura 30 Alerta de Rompimento de Barragem



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Figura 31 Mensagem de Alerta no Celular



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

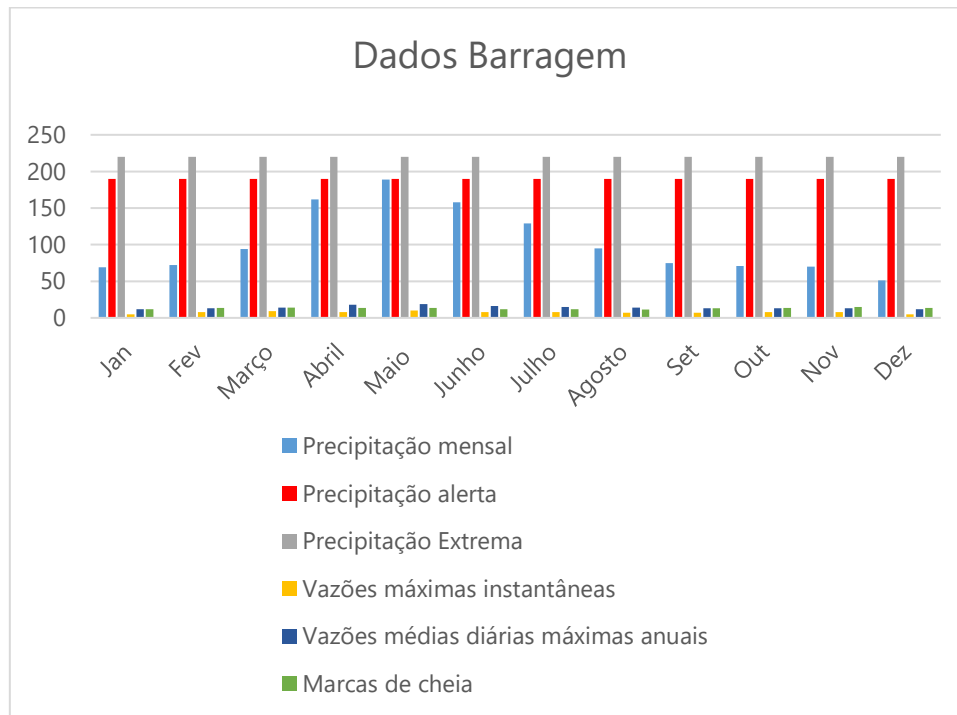
Para acionamento de diferentes alertas, foi criado uma tabela de dados dinâmicos, que norteia os índices de segurança da barragem. Neste caso hipotético, foi estabelecido a precipitação mensal, como referência inicial, confrontando com as vazões máximas instantâneas, vazões médias diárias anuais, e com as marcas de cheia do reservatório. Nota-se que no mês de Maio, com a precipitação alcançando o valor de alerta, ele irá gerar na Plataforma, o acionamento do alerta.

Tabela 1 Dados hipotéticos da Barragem do Cobre para Acionamento de Alerta

Barragem	Jan	Fev	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Set	Out	Nov	Dez	Unid
Precipitação mensal	69	72	94	162	189	158	129	95	75	71	70	51	mm/mês
Precipitação alerta	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	mm/mês
Precipitação Extrema	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	mm/mês
Vazões máximas instantâneas	5	8	9	8	10	8	8	7	7	8	8	5	m <sup>3</sup> /s
Vazões médias diárias máximas anuais	12	13	14	18	19	16	15	14	13	13	13	12	m <sup>3</sup> /s
Marcas de cheia	7,8	9,5	10,8	13,5	15,7	12,8	11,8	10,5	10,2	10,1	9	7,5	metro

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Figura 32 Gráfico de Alerta de Barragem



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Houve testes com o aplicativo no setor de Rota de Fuga e Ponto de Encontro, realizado com êxito. Foi identificado os moradores dentro do mapa de inundação com sua saída efetuada pelo GoogleMaps. Entretanto, só houve condições de realizar os testes com versão gratuita, e para estabelecer esta função dentro do API é necessário a licença permanente de uso.

## GERAÇÃO DE VALIDAÇÕES

As validações foram executados sobre a análise dos requisitos funcionais de sistemas, determinado por função dos módulos, como apresentado abaixo:

- Autenticação de usuário: Função executada com sucesso.
- Permitir acessos: Função executada com sucesso.
- Cadastrar gestor de barragem : Função executada com sucesso.
- Gerir clientes: Função executada com sucesso.

- Manutenção: Função executada com sucesso.
- Morador/usuário: Função executada com sucesso.
- Autenticação de usuário: Função executada com sucesso.
- Cadastrar alerta: Função executada com sucesso.
- Ser alertado simulação: Função executada com sucesso.
- Ser alertado emergência: Função executada com sucesso.
- Visualizar o mapa de ponto de encontro: Função executada com sucesso.
- Visualizar melhor rota: Função não implementada no sistema.
- Visualizar se é simulação ou emergência: Função executada com sucesso.
- Atualizar em tempo real: Função executada com sucesso.
- Envio de dados: Função executada com sucesso.
- Recebimento de relatório Gestor de Barragem: Função executada com sucesso.
- Autenticação de usuário: Função executada com sucesso.
- Administrar sistema: Função executada com sucesso.
- Módulo relatórios: Função executada com sucesso.
- Gerar relatório gráficos: Função executada com sucesso.
- Gerar mapa geral: Função executada com sucesso.
- Gerar ponto georreferenciado usuário: Função executada com sucesso.
- Módulo usuários: Função executada com sucesso.
- Módulo Grupo de usuários: Função executada com sucesso.
- Módulo Ponto de Encontro: Função executada com sucesso.
- Módulo Rota de fuga: Função não implementada no sistema
- Apoio Chave/Defesa civil: Função executada com sucesso.
- Autenticação de usuário: Função executada com sucesso.
- Cadastrar alerta: Função executada com sucesso.
- Ser alertado simulação: Função executada com sucesso.
- Ser alertado emergência: Função executada com sucesso.
- Visualizar o mapa de ponto de encontro: Função não implementada no sistema.
- Visualizar se é simulação ou emergência: Função executada com sucesso.
- Atualizar em tempo real: Função executada com sucesso.

- Envio de dados: Função executada com sucesso.
- Recebimento de relatório: Função executada com sucesso.
- Acessar ponto georreferenciado usuário: Função não implementada no sistema.

As funções que derivam de licença Google estão implementadas dentro da programação da Plataforma, entretanto não estão habilitadas neste protótipo.