



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, LETRAS E ARTES
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA**

JHONATHAN LIMA DE SOUZA

**A AVALIAÇÃO DA PERCEPÇÃO DA POPULAÇÃO FACE AO RISCO DE
DESASTRE TECNOLÓGICO NA BARRAGEM GARGALHEIRAS, ACARI/RN –
BRASIL.**



Natal/RN

2018

Jhonathan Lima de Souza

**A AVALIAÇÃO DA PERCEPÇÃO DA POPULAÇÃO FACE AO RISCO DE
DESASTRE TECNOLÓGICO NA BARRAGEM GARGALHEIRAS, ACARI/RN –
BRASIL.**

Trabalho de monografia apresentado ao Departamento de Geografia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Geografia.

Orientador: Prof^o Dr. Lutiane Queiroz de Almeida

Natal/RN

2018

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN
Sistema de Bibliotecas - SISBI
Catalogação de Publicação na Fonte. UFRN - Biblioteca Setorial do Centro de
Ciências Humanas, Letras e Artes - CCHLA

Souza, Jhonathan Lima de.

A avaliação da percepção da população face ao risco de desastre tecnológico na Barragem Gargalheiras, Acari/RN - Brasil / Jhonathan Lima de Souza. - 2018.

204f.: il.

Monografia (graduação) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes. Departamento de Geografia. Natal, RN, 2018.

Orientador: Prof. Dr. Lutiane Queiroz de Almeida.

1. Risco Tecnológico. 2. População nas Áreas de Risco (percepção).
3. Segurança de Barragem. I. Almeida, Lutiane Queiroz de. II. Título.

RN/UF/BS-CCHLA

CDU 911.2:556(813.2)

Jhonathan Lima de Souza

**A AVALIAÇÃO DA PERCEPÇÃO DA POPULAÇÃO FACE AO RISCO DE
DESASTRE TECNOLÓGICO NA BARRAGEM GARGALHEIRAS, ACARI/RN –
BRASIL.**

Trabalho de monografia apresentado ao Departamento de Geografia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, com banca de avaliação composta pelos seguintes membros:

Aprovada em: 20 de junho de 2018.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Lutiane Queiroz de Almeida
Orientador

Prof. Dr. Ricardo Jose Matos de Carvalho
Membro

Prof^a. Dra. Francisca Leiliane Sousa de Oliveira
Membro

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, Fora Temer! Gostaria de agradecer a minha família por todo apoio, força e compreensão nesta jornada acadêmica. Em especial, agradeço a minha mãe e minha avó que tanto amo. Aos meus irmãos e a minha família adotiva, Matheus, Edjane, Jurandir e Lucas por todo apoio e incentivo durante esses anos, a quem eu deixo meu agradecimento e carinho.

Agradeço aos governos Lula e Dilma por criarem a política de acesso as universidades para todos, a qual deu a oportunidade ao filho da dona de casa e do mecânico a fazer um curso superior.

Agradeço a UFRN por todas as oportunidades que me deram, de ser bolsista junto a assistência estudantil. Aos meus estimados amigos da COMUNICA: Neto, Maurity, Prof. Zilmar, Prof. Duarte e Thaisa por todo incentivo aos meus estudos, esses que agradeço de coração. Aos amigos da Agecom e TVU, Evelin, Sandrinha, Mika, Melqui, Vilma, Wallacy, Amanda, Adéle, Bruno, Renato e Iano os quais sempre me deu força na divulgação da comunicação de riscos no RN.

Ao meu mestre Josemar e minha Akelá Jaércia por toda a acolhida quando eu sempre precisei. A Ana e Carlos por todo apoio e incentivo a minha formação no projeto escoteiro. Aos meus afilhados Ramon e Kelly por todo apoio.

Agradeço o apoio dos amigos de curso. Ao grupo “Orlando que Pediu”: Paulinha, Orlando, Elen, Anderson e Vinnícius, esses últimos me obrigado em especial por terem se prontificado a ajudar na aplicação dos questionários, juntamente com Carol Souza, meu muito obrigado.

Agradeço a ANA, IGARN, SEMARH e CBHPPA pela disponibilização das informações e ao DENOCS por nos permitir visitar a barragem.

Meu obrigado a Prefeitura de Acari e a Secretaria de Educação pelo apoio logístico no campo desta pesquisa. A professora Alaní de Acarí, a Yasmin por nos ter ajudado com os preparativos da pesquisa.

Aos professores Fernando e Edna, que me abriram as primeiras portas na Universidade. Ao professor Yuri e Leila por ter ajudado na iniciação científica.

A Bruno Lopes, por todos os encaminhamentos e orientações que tivemos ao longo dessa pesquisa, esta fundamental para o desfecho do trabalho.

A todos os colegas de laboratório, em especial Thereza e Diogo que tanto nos ajudou.

A todo meu Grupo de pesquisa Georisco, em especial Marisol, Edimara, Andreza e Dyego que tanto ajudaram ao longo da construção desse trabalho. E por fim, mas não menos importante, ao meu orientador Lutiane Almeida que me deu a oportunidade de participar do Georisco e encantar com essa temática importantíssima.

Obrigados a todos que eu não citei, no mais, Lula livre!

*“Quando eu vim do sertão,
Seu môço, do meu Bodocó
A malota era um saco
e o cadeado era um nó
Só trazia a coragem e a cara
Viajando num pau-de-arara
Eu penei, mas aqui cheguei”
(Luiz Gonzaga)*

Dedico esse trabalho a minha mãe, minha avó e ao meu pai (*in memoriam*).

RESUMO

O presente trabalho buscou compilar informações técnicas a respeito da segurança da barragem Gargalheiras, com a percepção da população nas áreas de risco a jusante da parede da barragem em Acari. Para isso foram utilizados relatórios do órgão nacional gestor das águas, pesquisa em campo para aplicação dos questionários com a população nas áreas de risco de inundação e inspeção nas estruturas da barragem. Os produtos deste trabalho são apresentados em matrizes de referência cruzadas e em índices de comportamento, estado real da barragem e seu perigo potencial. Ao final, recomenda-se a implantação de uma comissão de gestão de barragens no estado e a fundação da coordenação de defesa civil municipal em Acari.

Palavras-chave: Segurança de barragens, Anomalias estruturais, Percepção aos riscos de ruptura, Barragem Gargalheiras, Acari/RN.

ABSTRACT

The following work aimed to gather technical information among the safety of the dam of Gargalheiras, with the perception of the population in areas of risk in the downstream of the dam's wall. For this, it was used reports of the water national body, research in the field for application of queries with the population in the areas with risk of flood and inspections in the structure of the dam. The results of this work are showed in cross references matrices and in indices of behaviour, real shape of the dam and it potential dangerous. In the end, it is proposed the implantation of a commission to gesture dams in the state and the foundation of the municipal civil defense coordination in Acari.

Keywords: safety of dams, structural defects, perception of rupture risks, Gargalheiras dam, Acari/RN.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 – Climograma de Acari..... | 24 |
| Figura 2 – Mapa de caracterização do município de Acari | 26 |
| Figura 3 – Caracterização e tipos de risco | 29 |
| Figura 4 – Canalizações usadas para transportar água para ricas vilas romanas. | 32 |
| Figura 5 – Ilustração do afundamento do Titanic por Willy Stöwer, 1912 | 33 |
| Figura 6 – Encadeamento dos fatos ocorridos na barragem Orós/CE, 1960 | 34 |
| Figura 7 – Formação de brecha de ruptura por galgamento | 38 |
| Figura 8 – Processo de formação do piping | 39 |
| Figura 9 – Organograma esquemático da Política nacional de Segurança de Barragens | 55 |
| Figura 10 – Seção transversal da barragem de Sadd-El-Karafa | 64 |
| Figura 11 – Barragem de Sadd-El-Karafa, no Egito | 64 |
| Figura 12 – Perfis de tipos de barragens construídas no Império Romano | 70 |
| Figura 13 – Crescimento das construções de barragens de grande porte, a partir de 1950 | 74 |
| Figura 14 – Modelos de barragens mais altas do mundo por categorias. | 75 |
| Figura 15 – Número de barragens construídas por década | 76 |
| Figura 16 – Distribuição mundial do volume dos reservatórios em milhões de m ³ . | 77 |
| Figura 17 – Distribuição dos espelhos d'água de reservatórios artificiais com área superior a 20 há | 79 |
| Figura 18 – Delimitação dos cursos de água que banham o município de Acari/RN feita pelo engenheiro Bernardo Piquet Carneiro | 82 |
| Figura 19 – Primeira planta do projeto do maciço da barragem Gargalheiras em 1908 | 83 |
| Figura 20 – Perfil do projeto do Gargalheiras em comparação a outras barragens | 84 |
| Figura 21 – Projeto da barragem do Gargalheiras no Rio Acauã | 85 |
| Figura 22 – Vista de cima do projeto da barragem Gargalheiras | 86 |
| Figura 23 – Dimensões da barragem | 86 |
| Figura 24 – Estudos topográficos no canteiro de obras | 87 |
| Figura 25 – Máquinas de transporte de cargas | 88 |
| Figura 26 – Guindastes e perfuratrizes usados durante as obras | 88 |

| | |
|--|-----|
| Figura 27 – Visão panorâmica do canteiro de obras | 89 |
| Figura 28 – Inauguração da barragem de Gargalheiras em 1959 | 92 |
| Figura 29 – Fluxograma com os procedimentos metodológicos | 93 |
| Figura 30 – Equipe em campo | 103 |
| Figura 31 – Equipe na área externa da barragem | 104 |
| Figura 32 – Equipe dentro da galeria acessando a tomada d'água | 105 |
| Figura 33 – Tabulação de dados | 110 |
| Figura 34 – Programa usado para o tratamento dos dados | 110 |
| Figura 35 – Comandos para a distribuição das frequências | 111 |
| Figura 36 – Resultado do processamento | 112 |
| Figura 37 – Passo a passo do processo de cruzamento de variáveis | 113 |
| Figura 38 – Barragem do tipo rígida (concreto) – Barragem Gargalheiras, Acari/RN | 116 |
| Figura 39 – Barragem do tipo não rígida – Barragem Itans, Caicó/RN | 116 |
| Figura 40 – Classificação dos modelos de barragens de concreto | 117 |
| Figura 41 – Barragem do tipo gravidade com compactação de concreto a rolo – Barragem Passagem das Traíras, Jardim do Seridó/RN | 118 |
| Figura 42 – Perfil de barragem de gravidade com paramento de montante | 119 |
| Figura 43 – Barragem do tipo arco-gravidade – Barragem Gargalheiras, Acari/RN | 120 |
| Figura 44 – Croqui com os elementos estruturais de uma barragem de concreto | 122 |
| Figura 45 – Croqui com os principais elementos hidráulicos de uma barragem ... | 122 |
| Figura 46 – Ombreira esquerda da barragem | 127 |
| Figura 47 – Processo de desencapamento de revestimento de parede da galeria | 128 |
| Figura 48 – Rachadura entre o teto da galeria e a parede do paramento de jusante | 128 |
| Figura 49 – Processo de lixiviação no teto da galeria | 129 |
| Figura 50 – Processos de lixiviação no teto e na parede da galeria | 129 |
| Figura 51 – Formação de estalagmites na escadaria da galeria | 130 |
| Figura 52 – Patologias estruturais nos drenos da galeria | 130 |
| Figura 53 – Fissuras horizontais nos paramentos | 131 |
| Figura 54 – Fissura no vertedouro | 132 |

| | |
|--|-----|
| Figura 55 – Fuga de água no paramento de jusante | 132 |
| Figura 56 – Desagregação do concreto | 133 |
| Figura 57 – Equipamentos hidromecânicos | 133 |
| Figura 58 – Correções no maciço do Gargalheiras | 135 |
| Figura 59 – Reparos hidromecânicos no maciço | 136 |
| Figura 60 – Dispositivos de monitoramento de volume | 136 |
| Figura 61 – Anomalias nos equipamentos hidromecânicos | 137 |
| Figura 62 – Anomalias nos paramentos | 138 |
| Figura 63 – Patologias nos paramentos do maciço | 139 |
| Figura 64 – Patologias na galeria e acesso a tomada d'água | 140 |
| Figura 65 – Carbonatação no teto da galeria | 141 |
| Figura 66 – Trincas e estalactites na galeria | 142 |
| Figura 67 – Esquema do cenário de ruptura de barragem | 157 |
| Figura 68 – Perfil topográfico | 158 |
| Figura 69 – Mapa de cenário de inundação na área global do estudo | 159 |
| Figura 70 – Mapa de setores censitários de estudo | 160 |
| Figura 71 – Mapa de inundação nos setores de estudo | 161 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|--|-----|
| Quadro 1 – Lista histórica de rupturas em barragens ao redor do mundo | 41 |
| Quadro 2 – Lista histórica de rupturas em barragens no Brasil | 44 |
| Quadro 3 – Informações feitas a partir do levantamento do CIGB | 46 |
| Quadro 4 – Barragens construídas A.C.. Algumas características fundamentais ... | 67 |
| Quadro 5 – Características de algumas barragens medievais e pós-medievais anteriores à Revolução Industrial | 71 |
| Quadro 6 – Despesas por período empregadas na construção da barragem de Gargalheiras | 89 |
| Figura 7 – Quantidade de materiais usados ou realocados na obra | 90 |
| Quadro 8 – Informações técnicas de barragem | 91 |
| Quadro 9 – Perigo Potencial | 95 |
| Quadro 10 – Estado Real da Barragem | 96 |
| Quadro 11 – Índice de comportamento | 96 |
| Quadro 12 – Categorias do Índice | 96 |
| Quadro 13 – Identificação dos setores censitários | 98 |
| Quadro 14 – Informações de projeção populacional e número de amostras por cada setor | 100 |
| Quadro 15 – Questionário categorizado | 102 |
| Quadro 16 – Dicionário das variáveis | 106 |
| Quadro 17 – Variáveis cruzadas | 113 |
| Quadro 18 – Tabela de referências cruzadas com as classes | 114 |
| Quadro 19 – Resumo de classificação de barragens | 115 |
| Quadro 20 – Características estruturais de uma barragem de concreto | 121 |
| Quadro 21 – Características hidráulicas de barragens | 121 |
| Quadro 22 – Vistorias no barramento e nível de perigo | 123 |
| Quadro 23 – Patologias levantadas pelos engenheiros da ANA | 124 |
| Quadro 24 – Grau de importância para órgão gestor | 142 |
| Quadro 25 – Dimensões da barragem | 143 |
| Quadro 26 – Volume de água armazenada | 143 |
| Quadro 27 – Impacto a jusante | 144 |
| Quadro 28 – Tipo de barragem | 145 |
| Quadro 29 – Dispositivos descarregadores | 145 |

| | |
|--|-----|
| Quadro 30 – Vazão do projeto | 146 |
| Quadro 31 – Perigo potencial na barragem Gargalheiras | 146 |
| Quadro 32 – Classificação PP | 147 |
| Quadro 33 – Informações do projeto | 148 |
| Quadro 34 – Referência na avaliação do comportamento da barragem | 148 |
| Quadro 35 – Percolação na barragem | 149 |
| Quadro 36 – Deformações | 149 |
| Quadro 37 – Deterioração dos paramentos | 150 |
| Quadro 38 – Erosão a jusante | 150 |
| Quadro 39 – Estado dos equipamentos dos descarregadores | 151 |
| Quadro 40 – Matriz do Estado Real da Barragem (ERB) Gargalheiras | 151 |
| Quadro 41 – Classificação do ERB Gargalheiras | 152 |
| Quadro 42 – Índice de comportamento | 153 |
| Quadro 43 – Classificação do IC | 153 |
| Quadro 44 – Descrição do perfil sociodemográfico por setor censitário | 161 |
| Quadro 45 – Variáveis V7 x V31 (Setor 1) | 164 |
| Quadro 46 – Variáveis V7 x V31 (Setor 2) | 165 |
| Quadro 47 – Variáveis V7 x V31 (Setor 3) | 166 |
| Quadro 48 – Variáveis V7 x V31 (Setor 4) | 166 |
| Quadro 49 – Variáveis V7 x V31 (Setor 5) | 167 |
| Quadro 50 – Variáveis V7 x V31 (Setor 6) | 168 |
| Quadro 51 – Variáveis V9 x V14 (Setor 1) | 168 |
| Quadro 52 – Variáveis V9 x V14 (Setor 2) | 169 |
| Quadro 53 – Variáveis V9 x V14 (Setor 3) | 169 |
| Quadro 54 – Variáveis V9 x V14 (Setor 4)..... | 170 |
| Quadro 55 – Variáveis V9 x V14 (Setor 5) | 170 |
| Quadro 56 – Variáveis V9 x V14 (Setor 6) | 171 |
| Quadro 57 – Variáveis V15 x V16 (Setor 1) | 171 |
| Quadro 58 – Variáveis V15 x V16 (Setor 2) | 172 |
| Quadro 59 – Variáveis V15 x V16 (Setor 3) | 172 |
| Quadro 60 – Variáveis V15 x V16 (Setor 4) | 173 |
| Quadro 61 – Variáveis V15 x V16 (Setor 5) | 173 |
| Quadro 62 – Variáveis V15 x V16 (Setor 6) | 174 |
| Quadro 63 – Variáveis V17 x V19 (Setor 1) | 175 |

| | |
|--|-----|
| Quadro 64 – Variáveis V17 x V19 (Setor 2) | 175 |
| Quadro 65 – Variáveis V17 x V19 (Setor 3) | 176 |
| Quadro 66 – Variáveis V17 x V19 (Setor 4) | 176 |
| Quadro 67 – Variáveis V17 x V19 (Setor 5) | 177 |
| Quadro 68 – Variáveis V17 x V19 (Setor 6) | 177 |
| Quadro 69 – Variáveis V18 x V20 (Setor 1) | 178 |
| Quadro 70 – Variáveis V18 x V20 (Setor 2) | 178 |
| Quadro 71 – Variáveis V18 x V20 (Setor 3) | 179 |
| Quadro 72 – Variáveis V18 x V20 (Setor 4)..... | 179 |
| Quadro 73 – Variáveis V18 x V20 (Setor 5) | 180 |
| Quadro 74 – Variáveis V18 x V20 (Setor 6) | 180 |
| Quadro 75 – Variáveis V22 x V23 (Setor 1) | 181 |
| Quadro 76 – Variáveis V22 x V23 (Setor 2) | 181 |
| Quadro 77 – Variáveis V22 x V23 (Setor 3) | 182 |
| Quadro 78 – Variáveis V22 x V23 (Setor 4) | 182 |
| Quadro 79 – Variáveis V22 x V23 (Setor 5) | 183 |
| Quadro 80 – Variáveis V22 x V23 (Setor 6) | 183 |
| Quadro 81 – Variáveis V7 x V33 (Setor 1) | 184 |
| Quadro 82 – Variáveis V7 x V33 (Setor 2) | 184 |
| Quadro 83 – Variáveis V7 x V33 (Setor 3) | 185 |
| Quadro 84 – Variáveis V7 x V33 (Setor 4)..... | 185 |
| Quadro 85 – Variáveis V7 x V33 (Setor 5) | 186 |
| Quadro 86 – Variáveis V7 x V33 (Setor 6) | 186 |
| Quadro 87 – Variáveis V21 x V34 (Setor 1) | 187 |
| Quadro 88 – Variáveis V21 x V34 (Setor 2) | 188 |
| Quadro 89 – Variáveis V21 x V34 (Setor 3) | 188 |
| Quadro 90 – Variáveis V21 x V34 (Setor 4) | 189 |
| Quadro 91 – Variáveis V21 x V34 (Setor 5) | 189 |
| Quadro 92 – Variáveis V21 x V34 (Setor 6) | 190 |

LISTA DE SIGLAS

ANA – Agência Nacional das Águas
ANCOLD – Australian National Committee on Large Dams
ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica
ASCE – American Society on Civil Engineeres
CBDB – Comitê Brasileiro de Barragens
CBM – Corpo de Bombeiros Militar
CBHPPA – Comitê da Bacia hidrográfica do Piancó-Piranhas-Açu
CE – Ceará
CEA – Canadian Electricity Assossiation
CIGB – Commission International des Grands Barrages
CODEC – Comissão de Defesa Civil
DNOCS – Departamento Nacional de Obras Contra a Seca
DNPM – Departamento Nacional de Prospecção Mineral
E0² – Erro considerável
ERB – Estado Real da Barragem
EUA – Estados Unidos da América
FEMA – Federal Emergency Management Agency
FMECA – Failure Modeand Effects Analysis
FUNERH – Fundo Estadual de Recursos Hídricos
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IC – Índice de Comportamento da Barragem
ICOLD – International Commission On Large Dams
ICOLD – International Commission On Large Dams Safety
IDEMA – Instituto de Desenvolvimento e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte
IFOCS – Inspeoria Federal de Obras Contra a Seca
IGARN – Instituto de Gestão das Águas do Rio Grande do Norte
IOCS – Inspeoria de Obras Contra a Seca
ISDR – International Decade for Natural Disaster Reduction
LTDA – Limitada
n – Ano final
N – Número já projetado para o cálculo do setor
NVE – Norwegian Water Resoucesand Energy Directorate

OERN – Órgãos Nacional de Recursos Hídricos
ONU – Organização das Nações Unidas
P0 – Ano inicial
PAE – Plano de Ações Emergenciais
Pb – Chumbo
Pn – Ano final
PNPDC – Política Nacional de Proteção e Defesa Civil
PNSB – Política Nacional de Segurança de Barragens
PP – Perigo Potencial
r – Taxa de crescimento
RN – Rio Grande do Norte
SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SAMU – Serviço de Atendimento Móvel de Urgência
SEMARH – Secretária Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos
SINPDEC – Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil
UFRN – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
USACE – United States Army Corps of Engineers
USBR - United States Bureau of Reclamation
USCOLDS – United States Committee on Large Dams

SUMÁRIO

| | |
|---|-----|
| 1 INTRODUÇÃO | 21 |
| 1.2 OBJETIVOS | 22 |
| 1.2.1 Geral | 22 |
| 1.2.2 Específicos | 22 |
| 1.3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO | 23 |
| 1.3.1 Histórico | 23 |
| 1.3.2 Caracterização do município de Acari | 23 |
| 1.3.2.1 Clima | 23 |
| 1.3.2.2 Recursos Hídricos | 24 |
| 1.3.2.3 Hidrologia | 25 |
| 2 REFERENCIAL TEÓRICO | 27 |
| 2.1 Conceitualizando risco tecnológico, perigo, desastres e vulnerabilidade | 27 |
| 2.2 Barragens, um mecanismo de adaptação humana | 35 |
| 2.2.1 Tipos de rupturas em barragens: o histórico das barragens que romperam no mundo e no Brasil | 36 |
| 2.2.2 Políticas de segurança de barragens no Mundo | 46 |
| 2.2.3 Políticas de segurança de barragens no Brasil | 53 |
| 2.2.4 Ordenamento do território na gestão dos riscos | 61 |
| 3 A SECA ENQUANTO FENÔMENO DE PROMOÇÃO À CONSTRUÇÃO DE GRANDES OBRAS HÍDRICAS NO MUNDO E NO BRASIL | 63 |
| 3.1 Surgimento das barragens | 63 |
| 3.2. Política de açudagem no Nordeste | 77 |
| 3.3 Barragem Gargalheiras (Marechal Dutra) | 80 |
| 4 METODOLOGIA | 93 |
| 4.1 Procedimentos teóricos | 94 |
| 4.2 Procedimentos Empíricos | 97 |
| 4.3 Tratamento dos dados | 106 |
| 5 ANORMALIDADES ESTRUTURAIS NA BARRAGEM GARGALHEIRAS | 115 |
| 5.1. Componentes de uma barragem de concreto | 115 |
| 5.2 Anomalias estruturais no Gargalheiras | 123 |

| | |
|--|------------|
| 5.3 Classificação segundo o Perigo Potencial..... | 141 |
| 5.4 Classificação quanto ao Estado Real da Barragem (ERB)..... | 147 |
| 5.5 Índice de Comportamento da Barragem | 153 |
| 6 ANÁLISE DE RISCOS E PERCEPÇÃO DA POPULAÇÃO | 154 |
| 6.1 Cenário hipotético de risco de rompimento da barragem | 154 |
| 6.2 Perfil descritivo da população da área de estudo..... | 160 |
| 6.3 Percepção ao risco de rompimento da barragem..... | 162 |
| 6.4 Análise integrada da percepção da população exposta ao risco de ruptura da barragem..... | 163 |
| 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES..... | 191 |
| 8. REFERÊNCIAS..... | 194 |

1 INTRODUÇÃO

Desde os primórdios da civilização humana, o homem sempre construiu suas habitações próximas a corpos de água, com a finalidade de sempre ter água a sua disposição. Em regiões áridas e semiáridas as condicionantes do clima determinam a abundância e/ou a falta de água. Para suprir a falta de água nos períodos secos, bem como para regular as inundações, o homem criou a técnica de barrar cursos de água. Com o passar do tempo essa técnica foi ficando cada vez mais rebuscada.

Evidentemente, todas as criações humanas são plausíveis de falhas, assim também é o caso das barragens. Desde a era antiga há registros de rupturas em barragens. Para o Painel Internacional de Barragens, existem 39.188 barragens catalogadas no mundo. Destas, 1.431 estão localizadas no Brasil.

Com essa grande rede de barragens, no mundo, foram registrados 89 casos de ruptura de barragens, destes 14 foram no Brasil. O Brasil possui uma grande quantidade de barragens antigas em operação, grande parte delas sem manutenção. No Rio Grande do Norte a Agência Nacional de Águas em 2015 emitiu um relatório que eleva o grau de risco de inundação da Barragem Gargalheiras de Atenção para Alerta. Com a falta de água na barragem o grau de risco caiu para Atenção.

Foram registradas anomalias na barragem, o que motivou a realização desse estudo. Com a finalidade de saber o que a população acha sobre a temática e também avaliar as patologias na estrutura da barragem.

Foram aplicados questionários em 126 casas das adjacências do Rio Acauã, para saber a percepção da população face à falta de manutenção na barragem. Bem como foram realizados campos de vistoria na barragem. Foi calculado o Índice de Comportamento da barragem, com base no Perigo Potencial e o Estado Real da Barragem. Os resultados estão apresentados nos capítulos 3 e 4 desse trabalho.

Por fim, foram colocadas algumas recomendações no sentido de melhorar a gestão de barragens no estado, tal como a ressalva da importância da implantação de uma coordenadoria de defesa civil em Acari. O conjunto desses fatores poderá colaborar na redução de riscos de desastres em barragem no em Acari e em todo o Rio Grande do Norte.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Geral

Analisar os riscos de ruptura da barragem Gargalheiras, bem como a percepção da população face a esse evento.

1.2.2 Específicos

- Discutir a temática de desastres tecnológicos associados à segurança de barragens;
- Analisar as anomalias estruturais do barramento Gargalheiras;
- Avaliar a percepção da população face a falta de monitoramento e manutenção da barragem;
- Avaliar a percepção da população ao risco de ruptura da barragem.

1.3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Com base no Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte (IDEMA) no seu relatório Perfil dos Municípios, Acari/RN, destaca-se a seguir as características do município de Acari.

1.3.1 Histórico

Habitado primitivamente pelos índios Cariris o município de Acari foi fundado, na condição de povoamento pelo Sargento-Mor Manuel Esteves de Andrade, vindo da Serra do Saco. Em 1737, Manuel Esteves requereu permissão ao Bispo de Olinda para construir uma capela no povoado, consagrada a Nossa Senhora da Guia. A capela que se tornou matriz em 13 de março de 1835, permaneceu até 1863 quando foi inaugurada a nova e definitiva igreja matriz, em outro lugar. Acari é nome de um peixe de escamas ásperas e carne branca e saborosa, abundante nas águas tranquilas do rio Acauã. O nome do lugar nasceu do pescado fácil e constante dos acaris. Em 11 de abril de 1833, foi criado o município de Acari por resolução do Conselho do Governo, desmembrado de Caicó (IDEMA,2008).

1.3.2 Caracterização do município de Acari

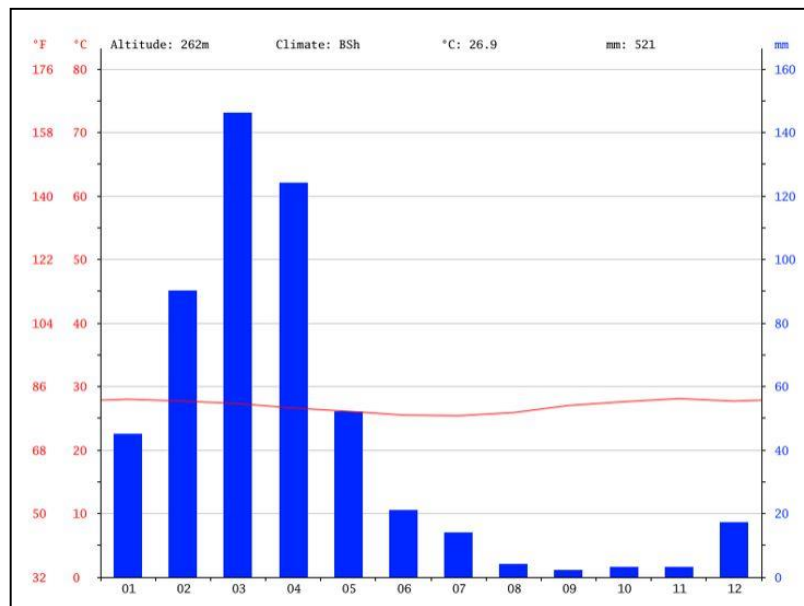
O município de Acari possui uma área de 608,57 km², equivalente a 1,15% da superfície territorial estadual, com uma distância de 201 km em relação à Natal, capital do Rio Grande do Norte, Acari está localizado no Seridó Ocidental, fazendo fronteira com os municípios potiguares de São Vicente e Currais Novos ao norte, com Jardim do Seridó ao sul, com Cruzeta a oeste, e com o município de Frei Martinho no Estado da Paraíba a leste (IDEMA, 2008).

1.3.2.1 Clima

O clima presente no município caracteriza-se como semiárido, do tipo Bh's, com precipitação pluviométrica anual conforme IDEMA (2007) com 497.7 mm de

chuva. A precipitação tem ocorrência entre os meses de janeiro e julho, caracterizando o período chuvoso (CLIMADATE, 2017). O período seco ocorre entre meados de julho a dezembro, com a diminuição de precipitação. As temperaturas médias anuais ficam em torno de 18°C e 33°C, e a média de temperatura é 27,5 °C (CLIMADATE, 2017).

Figura 1 - Climograma de Acari.



Fonte: CLIMADATE, 2017. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/location/42621/>>. Acesso: 10 de jun.2018.

1.3.2.2 Recursos Hídricos

A hidrogeologia apresenta-se com Aquífero Cristalino englobando todas as rochas cristalinas, onde o armazenamento de águas subterrâneas somente se torna possível quando a geologia local apresenta fraturas associadas e uma cobertura de solos residuais significativas. Os poços perfurados apresentam uma vazão média baixa de 3,05 m³ / h e uma profundidade de até 60 m, com águas comumente apresentando alto teor salino de 480 a 1.400 mg/l com restrições para consumo humano e uso agrícola.

Também é encontrado o Aquífero de Aluvião, o qual apresenta-se disperso, sendo constituído pelos sedimentos depositados nos leitos e terraços dos rios e riachos de maior porte. Estes depósitos caracterizam-se pela alta permeabilidade,

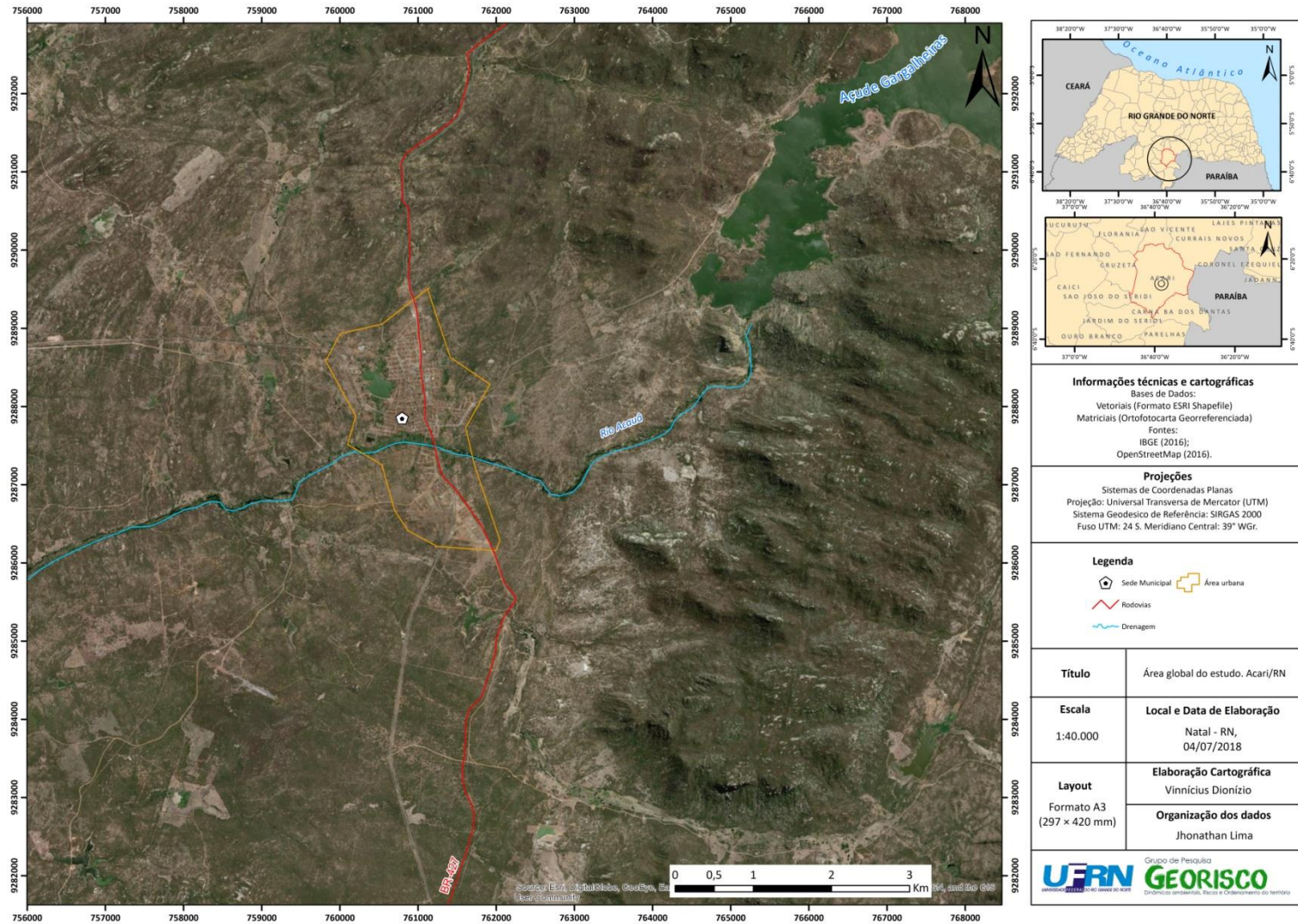
boas condições de realimentação e uma profundidade média em torno de 7 metros. A qualidade da água geralmente é boa e pouco explorada.

1.3.2.3 Hidrologia

A Bacia Hidrográfica Piranhas-Açu, encontra-se no município, com a presença de rios e riachos principais como o Rio Acauã, Rio do Saco, Rio Carnaúba e o Riacho das Barrentas. Os açudes têm a capacidade de acumulação superior a 100.000 m³, sendo o açude Acari com 285.000 m³, destacando o Açude Gargalheiras ou Marechal Dutra com 44.000.000 m³.

Para a caracterização do município que representa a área global do estudo, com a área urbana e a hidrografia (Figura 2).

Figura 2: Mapa de caracterização do município de Acari.



Fonte: IBGE (2016); Open Street Map (2016). Elaboração: Dionízio e Lima (2018).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Conceitualizando risco tecnológico, perigo, desastres e vulnerabilidade

Na Pré-História, o surgimento dos primeiros ancestrais do homem na terra ocorreu no período Paleolítico. O risco se coloca como um elemento que surge em meio às condicionantes da época, as quais o homem estava exposto. Simples atividades do cotidiano como sair da caverna para caçar, pescar ou buscar água em um córrego tornava-se um grande desafio tendo em vista as ameaças de animais carnívoros e peçonhentos, bem como determinados alimentos tóxicos e águas impróprias para consumo. Em meio a isso, o risco surge como uma consequência das atividades humanas, que foram evoluindo ao longo do tempo e ganhando novos arranjos, agregando novos elementos ameaçadores à estabilidade física, psíquica e biológica do homem.

O significado da palavra risco é destacado como “Perigo; probabilidade ou possibilidade de perigo: estar em risco”, de acordo com o Dicionário Aurélio Buarque de Holanda Ferreira. Mas para alguns autores como Veyret (2007), o risco é categorizado, e conforme sua vertente ele ganha um significado específico. Trazendo o risco para a ciência geográfica, poderíamos aplicar o conceito empregado pelo autor supracitado quando afirma que “risco é a percepção de um indivíduo da probabilidade de ocorrência de um evento potencialmente perigoso e causador de danos, cujas consequências são em função da vulnerabilidade intrínseca desse grupo ou indivíduo” (VEYRET, 2007, p. 24).

Dado isso, a compilação desse conceito é apresentada pela equação:

$$\mathbf{R = P \times V}$$

Logo:

R = risco

P = perigo

V = vulnerabilidade

A equação global é posta por $R(f) = P(\text{perigo}) * V(\text{vulnerabilidade})$. O Risco sendo o produto dos Perigos, normalmente agentes que ameaçam de forma potencial pessoas ou estruturas, já a Vulnerabilidade é a capacidade de resposta, adaptação de pessoas ou estruturas.

De forma genérica, risco “refere-se à probabilidade de ocorrência de processos no tempo e no espaço, não constantes e não determinados, e à maneira como estes processos afetam (direta ou indiretamente) a vida humana” (CASTRO et al., 2005, p. 12). O autor ainda destaca que as categorias de riscos têm como proposta detalhar os estudos em áreas específicas. A palavra risco vem sempre ligada a um adjetivo, que o qualifica e que o associa ao dia a dia de uma sociedade: risco ambiental, risco tecnológico, risco natural, risco social, risco biológico, risco econômico, entre outros (CASTRO *et al.*, 2005).

De acordo com a Agência das Nações Unidas (2009), risco qualifica-se em duas vertentes: a primeira tem como cerne os conceitos de aleatoriedade e viabilidade, como por exemplo, o risco de um acidente. A segunda remete ao meio técnico e tem como ênfase os efeitos e perdas em um período de tempo e em uma determinada área.

Esse conceito se torna complexo visto que as características das sociedades ao longo de seu processo evolutivo ganharam novas ameaças. E, conforme afirma Almeida (2010), esse movimento possibilitou ao homem uma vida marcada de incerteza, medo e insegurança. A Figura 3, a seguir, mostra uma síntese classificatória de riscos, desenvolvida por Almeida (2010), tomando-se como base a categorização dada por Veyret (2007).

Figura 3 – Caracterização e tipos de risco.

| Tipos de riscos | | Definições, características, exemplos |
|---|--------------------------------------|--|
| Riscos Ambientais | Riscos Naturais | Riscos pressentidos, percebidos e suportados por um grupo social ou um indivíduo sujeito à ação possível de um processo físico natural; podem ser de origem litosférica (terremotos, desmoronamentos de solo, erupções vulcânicas), e hidroclimática (ciclones, tempestades, chuvas fortes, inundações, nevascas, chuvas de granizo, secas); apresentam causas físicas que escapam largamente à intervenção humana e são de difícil previsão. |
| | Riscos Naturais agravados pelo Homem | Resultado de um perigo natural cujo impacto é ampliado pelas atividades humanas e pela ocupação do território; erosão, desertificação, incêndios, poluição, inundações etc. |
| Riscos Tecnológicos | | Distinguem-se em poluição crônica (fenômeno perigoso que ocorre de forma recorrente, às vezes lenta e difusa) e poluição acidental (explosões, vazamento de produtos tóxicos, incêndios). |
| Riscos Econômicos, geopolíticos e sociais | | Riscos atrelados à divisão e ao acesso a determinados recursos (renováveis ou não), que podem se traduzir em conflitos latentes ou abertos (caso das reservas de petróleo e água); podem ser ainda de origem nas relações econômicas na agricultura (insegurança alimentar), causas da globalização (crises econômicas), insegurança e violência em virtude da segregação socioespacial urbana, riscos a saúde (epidemias, fome, poluição, consumo de drogas etc.). |
| Outros tipos de riscos | Ex.: Riscos maiores | A compreensão do risco também depende da escala de análise; o risco maior é assim considerado quando o custo de recuperação e o número de perdas humanas são relevantemente elevados para os poderes públicos e seguradores; os riscos maiores correspondem a eventos de baixa frequência e grande magnitude e consequências (ex.: Chernobyl, Seveso, Bhopal, Katrina, etc.); há ainda exemplos de “territorialização” dos riscos, como é o caso específico dos riscos urbanos, em razão da complexidade e da multidimensionalidade de atores e variáveis das cidades. |
| | Ex.: Riscos urbanos | |

Fonte: elaboração Almeida (2010) com base em Veyret (2007).

Esta pesquisa tratará de risco tecnológico. Conforme Veyret (2007) *apud* Almeida (2010), os riscos tecnológicos “distinguem-se em poluição crônica (fenômeno perigoso que ocorre de forma recorrente, às vezes lenta e difusa) e poluição acidental (explosões, vazamentos de produtos tóxicos, incêndios)”.

O conceito de perigo está ligado ao conceito de risco (em inglês *Hazards*), desenvolvido pelo geógrafo White *et al.* (2001). O perigo remete ao agente causador dos danos materiais ou imateriais. Veyret (2007) refere-se ao perigo da seguinte forma: “esse termo é, às vezes, empregado também para definir as consequências objetivas de uma área sobre um indivíduo, um grupo de indivíduos, sobre a organização do território ou sobre o meio ambiente. Fato potencial e objetivo” (VEYRET, 2007, p.24).

Os estudos geográficos vêm abordando a temática do risco pioneiramente, atrelando os fatores ambientais, humanos e econômicos, como narram White *et al.* (2001). Dentro desse contexto surge a ciência da vulnerabilidade, e a ela foi atribuída a função de ajudar na compreensão das condicionantes que colocavam as pessoas expostas aos riscos (CUTTER, 2003). A partir daí a vulnerabilidade passa a ter destaque na pauta da formulação de políticas públicas, no sentido de reduzir os riscos de desastres, e resultando na criação do IDNDR – *International Decade for Natural Disaster Reduction*, uma importante ferramenta de redução de danos ambientais, constituído em 1989 pela Assembleia Geral das Nações Unidas. (MUNASINGHE e CLARK, 1995; SMITH, 2001).

Para conceituar vulnerabilidade, aderimos à definição proposta pela *International Strategy for Disaster Reduction* (ISDR), que apresenta vulnerabilidade como “um conjunto de condições e processos resultantes de fatores físicos, sociais, econômicos e ambientais, que aumentam a susceptibilidade de uma comunidade ao impacto de perigos” (ISDR, 2002 apud BOGARDI, 2004, p. 362).

A vulnerabilidade tratada por Pelling (2003) é fracionada em três componentes: exposição, resistência e resiliência. Blaikie *et al.* (1994) conceitua que a resiliência aos perigos naturais é uma ferramenta de adaptação e resposta a um determinado evento.

Conforme trata Veyret (2007), existem inúmeros tipos de riscos, todavia nem todos são tratados pela ciência geográfica. Neste caso, há uma operacionalização direcionada ao objetivo de cada pesquisador, referente a utilização do conceito específico que se adequa ao objeto de estudo.

Idealizado como um elemento exclusivamente social, Almeida (2011) relata que o risco está ligado a percepção de um indivíduo ou grupo de perceber ou prever pelo menos de forma empírica, a possível ocorrência de um evento que lhe trará prejuízos. Nesse sentido, esse evento pode ser conceituado como desastre, também muito confundido com catástrofe. Quarantelli (1998) afirma que o desastre é um evento concentrado no espaço-tempo, ou seja, que acontece em pontos isolados e em uma fração de tempo abrupta. Para uma determinada localidade, o desastre pode representar severa destruição dos serviços básicos das pessoas. Normalmente esse tipo de evento tem como característica a perda de vidas humanas, tendo em vista sua atuação de forma inesperada. Já as catástrofes diferenciam-se dos desastres no quesito da escala espacial e da magnitude. Assim, estes possuem

grandes dimensões, podendo ser avaliados em perdas humanas, ambientais e econômicas.

Lieber e Lieber (2005) vêm tratar o desastre tecnológico como aquele presente em decorrência do uso equivocado ou negligente do conhecimento científico. Segundo os autores, para entender esse tipo de desastre comentado pelo risco tecnológico, é preciso buscar a etimologia dos conceitos base. Ou seja, a palavra “técnico” vem da origem grega ‘*tekhnikós*’, tendo a equivalência latinoamericana “*ars*”. Visto isso, percebe-se epistemologicamente que a técnica adicionada a *ars* gera o produto de criar ou construir algo por um sujeito. As habilidades desses sujeitos podem edificar grandes obras como pontes, barragens e edifícios de grande magnitude. Se um gasoduto explodir, se uma ponte ruir são considerados desastres tecnológicos visto que faltou o emprego da técnica correta na construção desses equipamentos.

Como já é sabido popularmente, toda atividade empregada pelo homem está sujeita a falhas, e essas falhas provenientes da falta do emprego da técnica é o que pode tornar as estruturas inseguras e fazê-las ruir. É nesse sentido que caracterizam-se os cenários de riscos tecnológicos. É evidente que há uma variação da magnitude dos desastres tecnológicos. A exemplo, diferencia-se um vazamento de um reator nuclear de uma ruptura de uma barragem ou de uma queda de uma ponte. Contudo, os danos sempre serão superados pelo mal emprego da técnica posta no projeto inicial da obra. Ou seja, as falhas poderão sempre resultar em perdas humanas, econômicas e ambientais.

Muito embora a temática de desastres tecnológicos esteja em pauta recentemente, já havia casos desse tipo de desastre na Antiguidade. Roma, com todo seu aparato hidráulico de grandes aquedutos, também possuía grande rede de tubulações de água feitas com o elemento químico chumbo (Pb), o qual é um metal pesado nocivo ao organismo humano. A água que era transposta nessas tubulações entrava em contato com o chumbo, que a contaminava, e depois era ingerida pela população romana. Assim como nas tubulações, os romanos maturavam seus vinhos em barris de chumbo, provocando o envenenamento de inúmeros romanos, fato que, para alguns historiadores, contribuiu para a queda do Império Romano (CUTTER, 1993).

Figura 4: Canalizações usadas para transportar água para ricas vilas romanas.



Fonte: Conhecimento hoje (2014).

Na Idade Moderna há inúmeros casos de desastres tecnológicos. Um deles, popularmente conhecido e retratado como obra cinematográfica pelos estúdios de *Hollywood*, é o do *RMS Titanic* (Figura 5). A embarcação tida como de última geração para a época, colidiu com um *iceberg* no Oceano Atlântico. O navio era uma estrutura impossível de afundar, segundo seu comandante. Talvez isso tenha contribuído para o ‘desleixo’ de preparação da tripulação para um plano eficaz de evacuação. Além disso, os problemas de drenagem nas casas de bombas do navio, a quantidade insuficiente de coletes e botes salva-vidas para toda a tripulação e os passageiros, bem como a ausência de uma equipe de salvaguarda da Marinha britânica no Atlântico, contribuíram para o acontecimento desse desastre (Figura 5), que dizimou 1.495 pessoas, de um total de 2.220 a bordo.

Figura 5: Ilustração do afundamento do Titanic por Willy Stöwer, 1912.

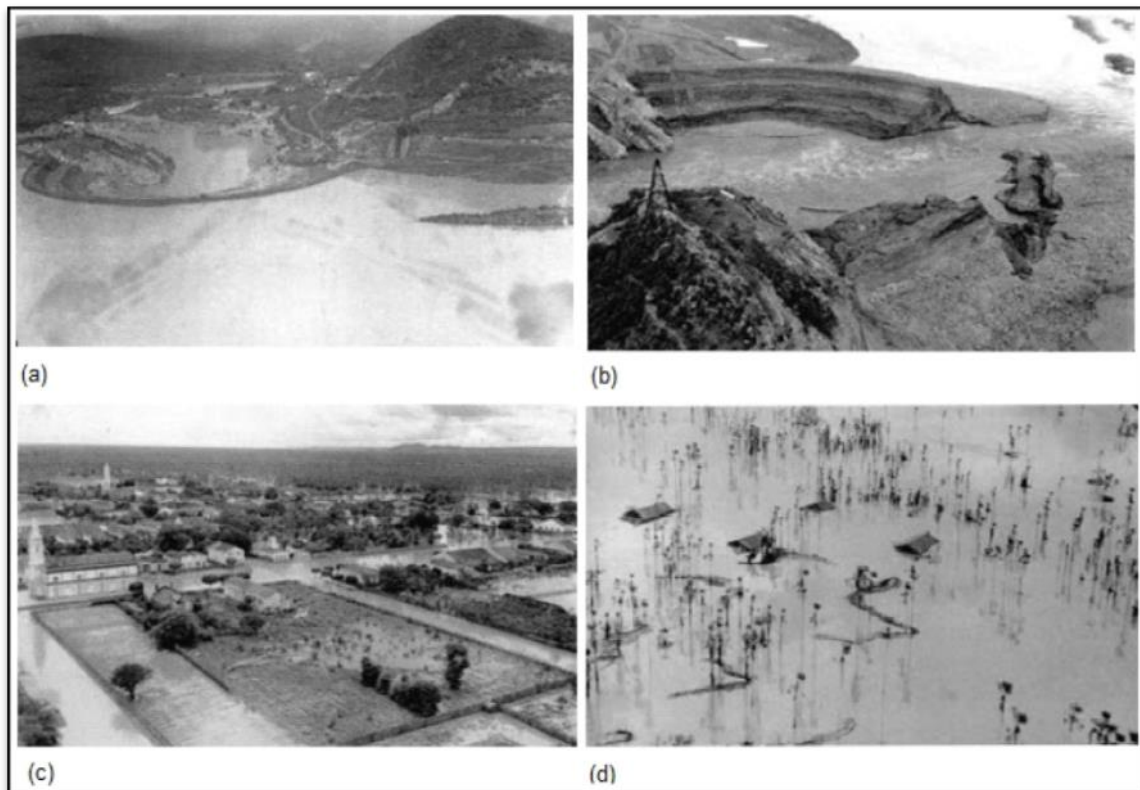


Fonte: Duluth News Tribune (2016).

Na contemporaneidade podemos evidenciar inúmeros tipos de desastres tecnológicos. Aqui abordaremos um evento ligado à temática desse estudo. Segundo Veról (2010), no ano de 1960, no município de Orós, no Ceará, houve uma anomalia climática, que apresentou precipitações pluviométricas superiores a 635 milímetros no intervalo de uma semana. Isto contribuiu para a abertura de uma fenda de 201 metros na barragem de Orós/CE, provocando galgamento na estrutura no maciço. A barragem, ainda em construção, não possuía as estruturas de proteção e os diques de emergência. Com a vazão de 9.600 m³/s, a onda de cheia esvaziou 90% do volume total de 1.9 bilhões m³ da barragem (LAURIANO, 2009). A onda de cheia percorreu 338 km ao longo do vale do Rio Jaguaribe e desembocou no Oceano Atlântico (MASCARENHAS, 1990). Ao longo do caminho, cerca de 1.000 pessoas perderam a vida em função desse desastre, sem contar com os prejuízos ambientais e econômicos.

A Figura 6 representa as etapas de pré-impacto e impacto do desastre na barragem de Orós/CE: (a) representa a barragem não finalizada, mas com o volume de água quase vertendo; (b) após o galgamento o houve a ruptura do maciço; (c) centro da cidade de Limoeiro do Norte/CE, no Vale do Jaguaribe, inundada em decorrência da onda de cheia; (d) zona rural do município de Limoeiro do Norte/CE.

Figura 6: Encadeamento dos fatos ocorridos na barragem Orós/CE 1960.



Fonte: Elaborado pelo autor com base nas informações do Blog de Altaneira (2010).

Em sua obra, Lieber e Lieber (2005) apontam que o aprimoramento do conhecimento científico torna-se uma ferramenta de promoção da segurança. A dicotomia entre a inovação técnico-científica e os efeitos rebotes da natureza, permite que a sociedade avance no sentido de sempre tentar descobrir o que vai acontecer. É nesse caminho que surge o Princípio da Precaução (PP), uma corrente da ciência que lida com os riscos ao invés das causas do desastre, sempre no sentido de se precaver de alguma forma antes do evento (LIEBER & ROMANO-LIEBER, 2003). O Princípio da Precaução está relacionado com o modo de agir na forma antecipada ou proativa, concomitantemente com as inseguranças em detrimento da limitação da ciência em buscar meios de eliminar os riscos.

Ainda para os autores, os desastres tecnológicos estão relacionados com a ignorância do emprego da técnica sobre a natureza, a qual atua diretamente no espaço geográfico. Para a ciência esse é o grande desafio, diagnosticar as falhas e buscar inovações tecnológicas mais seguras, assim podendo trazer mais tranquilidade para a sociedade. Além disso, os desastres tecnológicos expõem as

fragilidades dos responsáveis pela estrutura edificada, negligenciada e deixada exposta às condicionantes naturais.

2.2 Barragens, um mecanismo de adaptação humana

Como é sabido, a água é um elemento essencial para a manutenção da vida. Desde os primórdios da origem humana, nossos ancestrais no Neolítico criaram aldeias e desenvolveram a agricultura em um lugar fixo. Este lugar sempre estava próximo a corpos de água, os quais abasteciam a aldeia.

As barragens exercem um importante papel social e econômico. Em primeiro plano, na Pré-História e na Idade Antiga elas tinham o papel de controle de falta de água para uso das cidades e irrigação. Com o advento da Revolução Industrial, passaram a ser usadas como um recurso no combate a enchentes, na geração de energia elétrica e para prover recreação. (SCHNITTER, 1994).

Lugares com regimes de precipitações irregulares ou acima da média tendem a sofrer com escassez de água ou cheias inundando os vales. É nesse sentido que as barragens surgem como uma estrutura fundamental na contenção de cheias, inundações, controle de secas, piscicultura e irrigação. Assim, essa infraestrutura é um fator preponderante para a fixação de pessoas em um determinado lugar. Como evidência histórica, há escrituras em livros sagrados, como a Bíblia, ou lendas que relatam o papel dessas barragens na China, na Mesopotâmia, na Pérsia, no Egito e na Índia (ICOLD, 2008). Pimenta (2009) afirma que, além desses usos, as barragens ainda têm o papel de promover a geração de energia elétrica, função recreativa e abastecimento industrial. As necessidades básicas do homem quanto ao uso dos reservatórios permanecem, porém também são ampliadas.

Como foi dito, as barragens são mecanismos de convivência humana com a água desde a Antiguidade. Muito embora essas estruturas já venham sendo usadas em várias partes do mundo, há uma tendência natural de aumento na quantidade desses barramentos, graças ao aumento da população mundial, que demandará sempre a necessidade por água e energia.

Dados da ONU (2014) ressaltam que, atualmente, 768 milhões de pessoas não têm acesso à água tratada, muito embora, o número de pessoas que possuem o direito a água não é proporcional ao ofertado, da ordem de 3,5 bilhões. Destes, 2,5

bilhões não possuem condições sanitárias adequadas e 1,3 bilhão não têm acesso à eletricidade. De acordo com algumas previsões para 2030, a população mundial irá requerer 35% de mais alimentos, 40% mais água e 50% mais energia. Considerando também os efeitos de mudanças no clima, com irregularidades nos regimes pluviométricos, isso será mais um obstáculo à produção de alimentos, à geração de energia e ao abastecimento das cidades. Pensando nisso, é importante, como forma de precaução, a construção de grandes reservatórios de água.

Com o desenvolvimento industrial a partir do início do Século XX, houve o aumento da demanda por água para o seguimento fabril, o que resultou no aumento expressivo do número de construções e inaugurações de barragens (VERÓL, 2010). Entre os anos de 1950 e o início da década de 1980, existiu um pico de construções de barramentos em todo o mundo. Segundo dados do ICOLD (2014), durante os anos de 1970 e 1979 havia pelo menos 7.511 barragens no mundo. Atualmente, segundo o levantamento mais recente da Comissão Internacional de Grandes Barragens, existem 39.188 grandes barragens registradas. Destas, 1.431 estão localizadas no Brasil (ICOLD, 2014). Essas informações mostram a importância das barragens como mecanismo de contenção de águas, rejeitos e resíduos, sendo, portanto, uma infraestrutura essencial à população, sobretudo no Nordeste Semiárido.

2.2.1 Tipos de rupturas em barragens: o histórico das barragens que romperam no mundo e no Brasil

Rupturas em barragens acontecem desde a Antiguidade, e esses eventos vêm se repetindo ao longo da história evolutiva das construções de reservatórios (ver Quadros 1 e 2). Aqui podemos atribuir alguns fatores que corroboram para a promoção desses rompimentos em barragens: a atuação de agentes naturais internos e externos, que promovem fragilidades nas estruturas, fazendo-as romper; ou as causas de estouros de barragens podem associar-se à falha da técnica empregada no projeto de construção da represa, bem como, a falta de monitoramento e manutenção dessas estruturais. As somas desses fatores podem acarretar em rompimento de barragens. De acordo com Mascarenhas (1990), para que uma barragem rompa, é preciso a atuação de agentes, sejam eles naturais ou

de origem antrópica, e a ruptura pode ser ocasionada por causas isoladas ou pelo conjunto delas.

De acordo com Collischonn (1997), o tipo de ruptura será determinado pelo tipo da barragem. As rupturas das barragens de concreto são diferentes das barragens de terra. Geralmente, quando há colapso em barragens de concreto, ele está ligado a problemas na fundação ou na estrutura dos paramentos, e a ruptura acontece de forma instantânea. Já nas barragens de terra as rupturas são ocasionadas por falhas no projeto, muitas vezes nos sistemas hidromecânicos e nos vertedouros que não suportam uma descarga de água excedente, assim provocando o galgamento, quando o nível da água passa a crista do maciço e provoca erosões nos taludes, ocasionando a formação de brechas contínuas. As rupturas podem ainda ser ocasionadas por falhas nos sistemas de drenagem no interior do barramento, com a sobrecarga de filtros, gerando brechas a partir de pontos de vazamento de água.

É importante frisar que as barragens de gravidade de concreto tendem a criar brechas, mas em seguimentos ou blocos, que podem ser substituídos (LAURIANO, 2009). O mesmo autor destaca que as rupturas podem ser por Galgamento (*overtopping*), Erosão interna (*piping*), Falhas nas fundações, Efeitos sísmicos e terremotos, Falhas no projeto, na construção ou na operação e/ou Ações de guerra.

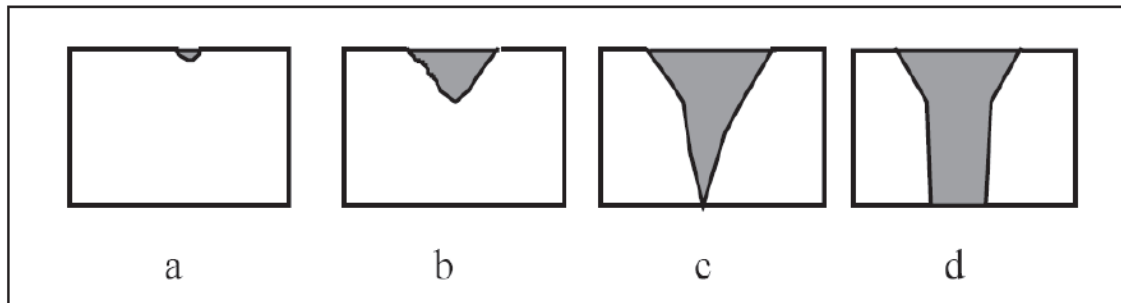
Ruptura por galgamento é dada pela insuficiência do vertedouro da barragem em escoar por total a cheia no reservatório. Esse comportamento resulta na passagem de água em partes não projetadas para verter toda a vazão afluente, resultando em uma ruptura do maciço. Geralmente ocorrem em barragem de terra devido ao material solto usado na construção do aterro. De acordo com Collischonn (1997), o processo de galgamento tem as seguintes classificações:

- Operação inadequada durante os períodos de cheia do reservatório;
- Cheias provocadas por precipitações anormais, extravasando a capacidade do vertedouro;
- Formação de ondas dentro do reservatório devido a eventos sísmicos ou queda de encostas.

Collischonn (1997) afirma também que o galgamento pode se dar de forma gradativa, quando a pressão de empuxo da água começa a abrir brechas em partes mais friáveis do aterro. Dessa forma, a brecha vai aumentando por solapamento de

materiais e por fim provocando o galgamento por completo, como mostra o processo na figura 7.

Figura 7: Formação de brecha de ruptura por galgamento.



Fonte: JOHNSON e ILLES, 1976 *apud* COLLISCHONN, 1997.

O seguimento (a) representa o começo do galgamento em um ponto mais fraco do maciço; (b) mostra a formação de uma brecha em formato V; (c) apresenta o aprofundamento da brecha; e em (d) temos o aumento provocado por processos erosivos.

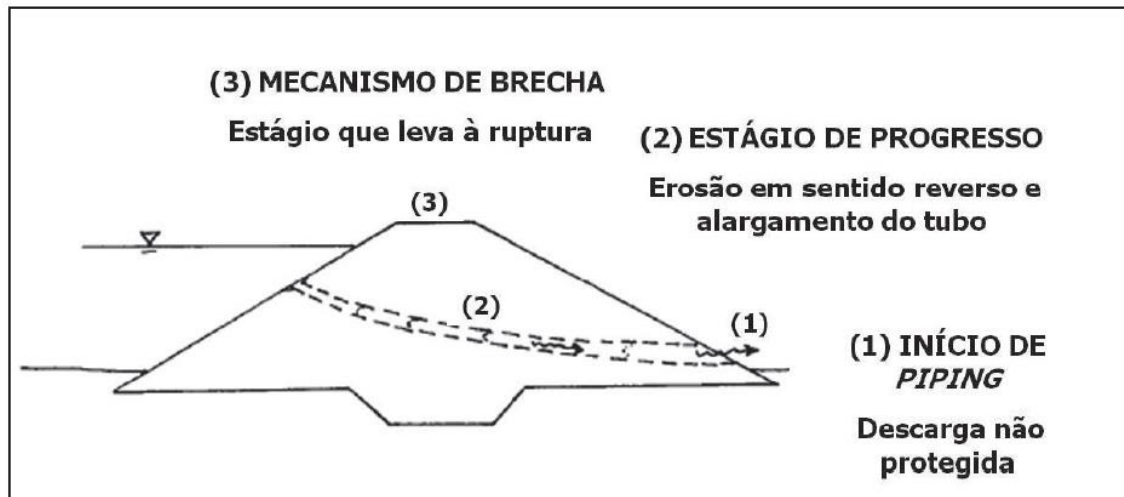
As barragens de concreto armado suportam por certo tempo e limite após o início do processo de galgamento. Reservatórios feitos em arco podem apresentar processos erosivos associados ao galgamento nas fundações. Neste caso, as estruturas da fundação têm papel maior na resistência ao impacto do galgamento do que as estruturas dos paramentos (JANSEN, 1980 *apud* MASCARENHAS, 1990).

De acordo com Ladeira (2007), o entubamento (*piping*) é provocado por uma erosão interna, e é resultado da formação de um tubo de escoamento direcionado sob o maciço de aterro. O *piping* é decorrente de uma erosão regressiva, originado do carregamento de materiais do aterro de jusante para montante no maciço compactado. O tubo é passível de aumentar na medida em que tem contato com água proveniente de percolação pelo material solto, provocando o estouro da estrutura.

Ainda segundo o autor, esse processo é provocado por compactação realizada de maneira inadequada, dimensionamento dos sistemas de escoamentos internos, falta de monitoramentos geotécnicos, importantes para prevenir o fenômeno *piping* em reservatórios.

A Figura 8 denota o processo progressivo da formação do *piping* desde a sua origem, na formação do tubo no maciço, até o alargamento e formação da brecha na parede da barragem, o que ocasiona na sequência a ruptura do maciço.

Figura 8: Processo de formação do *piping*.



Fonte: FOSTER *et al.*, 1998 *apud* LADEIRA, 2007.

As falhas nas fundações podem ocorrer devido às condições geotécnicas do terreno em que a barragem está fundada: as acomodações geológicas e até mesmo o peso da lâmina d'água sobre o solo podem gerar sismos que podem comprometer as estruturas de fundação da barragem (COLLISCHONN, 1997).

Deformações nos materiais que compõem a fundação da barragem são difíceis de serem previstos. O uso de materiais de "segunda categoria" torna incerta a segurança da estrutura e o deslizamento das fundações, bem como na impermeabilização do concreto podem ocorrer fugas de água ou infiltrações nas fundações, provocando oxidação das ferragens (MASCARENHAS, 1990). As rupturas ainda podem ser causadas por eventos de origem sísmica. Sabendo-se disso, é importante o fomento de pesquisas sobre a temática, visto a frequência desses eventos (MASCARENHAS, 1990).

Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA, 2011), as rupturas em barragens ocorrem geralmente entre os primeiros anos de operação e o primeiro enchimento, devido ao empuxo e à acomodação das estruturas. O primeiro enchimento de uma barragem pode ocasionar eventos sísmicos provenientes do peso da água. JANSEN (1980) *apud* MASCARENHAS (1990) relatam que alguns

fatores como a redução na resistência e tensões no maciço cristalino podem ocasionar fraturas nas fundações das ombreiras.

Segundo BRANCO e ROCHA (1977), em cidades onde foram construídas grandes barragens houve tensões no solo que provocaram pequenos sismos. E esses fatores podem induzir o comprometimento da segurança do barramento.

Ainda têm-se as falhas no projeto, na construção ou na operação como fatores de ruptura. Uma grande obra de construção de uma barragem exige um padrão aceitável de segurança, com critérios técnicos nas fases de projeto, construção e operação, em decorrência da segmentação da estrutura. Dentre as falhas que podem ocasionar a ruptura do maciço Andriolo (2008) destaca:

- Projetos de vertedouros com capacidade inferior às cheias;
- Falhas de procedimentos de sondagens;
- Utilização de materiais de má qualidade e/ou durabilidade na obra;
- Inadequação de execução de drenagens, ancoragens, compactação, limpezas e tratamento de fundação, desobediência às regras de manutenção ou sua interpretação errônea;
- Planejadas descontinuidades e/ou a não manutenção;
- Mau uso e/ou falta de manutenção do vertedouro;
- Falhas na instalação e registro da instrumentação.

Ações de guerras ou terrorismo também podem ser fatores da ruptura de barragens. No curso dos combates na guerra, as barragens são alvos estratégicos, visto serem um equipamento de abastecimento e desenvolvimento econômico do território. Além disso, induzir o rompimento de uma barragem em uma guerra pode provocar inundações e destruição em um vasto território (WILHIAM, 2009).

De acordo com Collischonn (1997), durante a II Guerra Mundial os aliados implodiam barragens em áreas inimigas. As barragens de Moehne e de Eder, na Alemanha, são exemplos das implosões realizadas no embate.

A seguir, apresentaremos os rompimentos de barragens no mundo e no Brasil, decorrentes de naturais internos e externos, ou tecnológicos, quando há falhas causadas por negligência humana.

No mundo são recorrentes as rupturas de barragens com finalidades de abastecimento humano. Já no Brasil, a maioria das rupturas ocorre em barragens de rejeitos minerais.

São muitas as variáveis que podem implicar no aumento da vulnerabilidade dessas represas. Dentre elas destacam-se: fragilidade na legislação, na fiscalização e no monitoramento; corrupção de técnicos que não fazem o projeto da barragem com materiais adequados, suprimindo os recursos; falta de estudos geotécnicos, de planejamento; bem como os fatores naturais do lugar onde está localizada a represa.

Trazemos então, um destaque para o Brasil. Dos 14 desastres envolvendo barragens, seis aconteceram no estado de Minas Gerais (MG). Essas barragens eram de contenção de rejeitos. A reincidência de casos em MG mostra a fragilidade do sistema de monitoramento do estado (Quadro 1)

Quadro 1: Lista histórica de rupturas em barragens ao redor do mundo

| LOCAL | DATA | NOME | DANOS |
|-------------------------------|------------|---------------------------|----------------|
| Helwan Governorate – Egito | 2650 a. C | Sadd-El-Kafara | Desconhecido |
| Grã Bretanha | 1855 | Torside | Desconhecido |
| Inglaterra | 1864 | DaleDyke (Bradfield) | 250 óbitos |
| Japão | 1868 | Iruhaike | > 1.000 óbitos |
| EUA | 1874 | Mill River | 143 óbitos |
| Argélia | 1881 | El Habra | 209 óbitos |
| Chile | 1888 | Valparaíso | > 100 óbitos |
| EUA | 1889 | South Fork (Johnstown) | 2.209 óbitos |
| EUA | 1890 | Walnut Grove | 129 óbitos |
| França | 1895 | Bouzey | 150 óbitos |
| EUA | 1911 | Austin | 100 óbitos |
| Checoslováquia | 1916 | Bila Desna | 65 óbitos |
| EUA | 1916 | Sweetwater | Desconhecido |
| EUA | 1916 | LowerOtay | Desconhecido |
| Itália | 1923 | Gleno | 300 óbitos |
| Índia | 1917 | Tigra | > 1.000 óbitos |
| EUA | 1923 | Graham Lake | Desconhecido |
| País de Gales | 1925 | EigiausCoedty | 16 óbitos |
| Los Angeles EUA | 12/03/1928 | Saint. Francis | 450 óbitos |
| Espanha | 1934 | Granadillar | 9 óbitos |
| Itália | 1935 | Alla SellaZerbino | 111 óbitos |
| Espanha | 10/01/1959 | Vega de Tera | 144 óbitos |

| | | | |
|----------------------------|------------|--------------------------------|---|
| Riviera Francesa – EUA | 02/12/1959 | Malpasset | > 420 óbitos |
| Índia | 1959 | Kaddam | Desconhecido |
| Paraguay | 1959 | Rincon (X) | Desconhecido |
| França | 1959 | Malpasset (Fréjus) | 421 óbitos |
| URSS | 1961 | BabuYar | 145 óbitos |
| Coreia do Sul | 1961 | Hyokiri | 250 óbitos |
| Kuala Lumpur | 1961 | Malásia | 600 óbitos |
| Índia | 1961 | PanshetKhadakwasla | > 1.000 óbitos |
| Correia do Sul | 1961 | Hyokiri | 250 óbitos |
| Malásia | 1961 | Kuala Lumpur | 600 óbitos |
| Quebrada La Chapa | 1963 | Colômbia | 250 óbitos |
| Los Angeles - EUA | 4/12/1963 | Baldwin Hills | 5 óbitos, 41 casas destruídas e 986 danificadas |
| Itália | 1963 | Vaiont | 2.600 óbitos |
| Colômbia | 1963 | Quebrada la Chapa | 250 óbitos |
| EUA | 1964 | Swift | 19 óbitos |
| Torrejon Tajo | 1965 | Torrejon Tajo | 30 óbitos |
| Bulgária | 1966 | Vratsa | 600 óbitos |
| Índia | 1967 | Nanaksagar | 100 óbitos |
| Indonésia | 1967 | Sempor | 200 óbitos |
| Pardo | 1970 | Pardo | 25 óbitos |
| Argentina | 1970 | Frías | > 42 óbitos |
| Canyon Lake | 1972 | Canyon Lake | 300 óbitos |
| Virgínia – EUA | 26/02/1972 | Buffalo Mining Company | 500 casas destruídas, 120 mortos, prejuízo de 50 milhões de dólares |
| Índia | 1973 | Dantiwada | Desconhecido |
| Província de Henan - China | 08/08/1975 | Banqiao, Shimantan e outras 60 | 230.000 óbitos pela enchente e 135 por consequências posteriores. |
| Idaho - EUA | 05/06/1976 | Teton | 11 óbitos |
| EUA | 1976 | Bear Wallow | 5 óbitos |
| Colômbia | 1976 | Del Monte | 80 óbitos |
| México | 1976 | La Paz | 430 óbitos |
| Filipinas | 1976 | Santo Thomas | 80 óbitos |
| Paquistão | 1976 | Bolan | 20 óbitos |

| | | | |
|------------------------|------------|---|---|
| EUA | 1977 | Kelly Barnes | 37 óbitos |
| EUA | 1977 | Laurel Run | 39 óbitos |
| Índia | 1979 | Machhu II | >2000 óbitos |
| Índia | 1980 | Hirakud | 118 óbitos |
| Irão | 1980 | Gotwan | 200 óbitos |
| Índia | 1980 | Gopinatham | |
| Índia | 1981 | Karnataka | 47 óbitos |
| Valência - Espanha | 20/10/1982 | Tous | > 30 óbitos |
| Roménia | 1982 | Belci | 20 óbitos |
| Itália | 1985 | Stava | 269 óbitos |
| Kantalai | 1986 | Kantalai | 127 óbitos |
| Sargazon | 1987 | Tadjikistão | 19 óbitos |
| Utah – EUA | 31/12/1988 | QuailCreek | 50 casas, 100 apartamentos, diversas pontes. |
| Roménia | 1991 | Belci | 20 óbitos |
| China | 1993 | Gouhou | 342 óbitos |
| Rússia | 1994 | Tirlyan | 75 óbitos |
| África do Sul | 1994 | Virginia no 15 | 39 óbitos |
| EUA | 1994 | Lake Blackshear Project Flint River Dam | 15 óbitos |
| Filipinas | 1995 | Desconhecido | 30 óbitos |
| Canadá | 1996 | Kénogami | 5 óbitos |
| Marinduque - Filipinas | 24/03/1996 | Mogpog | Pessoas vieram a óbito devido a intoxicação |
| Quebec – Canadá | 19/07/1996 | Há!Há! | Entre 7 e 10 óbitos. 16 mil pessoas foram evacuadas, 488 casas destruídas |
| Andaluzia –Espanha | 25/09/1998 | Barragem da Boliden. | Danos ambientais de longo prazo. Mortadade de peixes e poluição do rio Guadiamar. |

Fonte: adaptado pelo autor com base em Vianna (2015), Lauriano (2009), Brown (2012), Portal Estado de Minas (2015), Portal R7 (2015), UOL Notícias (2015), Mccully (2001) e Veiga Pinto e Faria (2001).

Quadro 2: Lista histórica de rupturas em barragens no Brasil.

| LOCAL | DATA | NOME DA BARRAGEM | TIPO DE BARRAGEM | DANOS CAUSADOS |
|--------------------------------|------------|----------------------------------|--|--|
| Belo Horizonte | 20/05/1959 | Pampulha | Abastecimento de água | Inundação, falta de abastecimento de água. |
| Orós | 25/03/1960 | Orós | Abastecimento e irrigação. | 1000 mortos e 100 mil evacuados. |
| Itabirito | 1986 | Barragem de Fernandinho | Rejeitos minerais | 7 óbitos |
| Nova Lima | 2001 | Barragem de Macaco | Rejeitos Minerais | 5 óbitos |
| São Sebastião das Águas Claras | 22/06/2001 | Barragem de rejeito da Rio Verde | Rejeitos minerais | Vegetação a jusante foi coberta por vários metros de lama. Postes da rede elétrica foram atingidos e uma adutora de água da COPASA rompeu. |
| Cataguases | 2003 | Barragem de Cataguases | Barragem de rejeitos industriais | Contaminação do rio Paraíba do Sul, e Interrupção do abastecimento de água de 600.000 pessoas. |
| Alagoa Nova | 2004 | Camará | Abastecimento e irrigação | 5 óbitos e aproximadamente 3.000 pessoas desabrigadas. |
| Miraí | 2007 | Rio Pomba/Cataguases | Rejeitos Minerais | Mais de 4.000 pessoas desabrigadas |
| Vilhena | 2008 | Apertadinho | Barragem de água para Geração de Energia | Danos ambientais variados |
| Cocal e Buriti dos Lopes | 2009 | Algodões | Barragem de água | > 15 mortos e aproximadamente 2.000 pessoas desabrigadas |
| Itabirito | 2014 | Barragem da Herculano | Rejeitos Minerais | 3 óbitos |
| Laranjal do Jari | 2014 | Santo Antônio | Barragem de água para geração de energia | 4 óbitos |
| Mariana | 2015 | Fundão | Rejeitos minerais | 19 óbitos, 8 desaparecidos e 600 desabrigados. |
| Mariana | 2015 | Santarém | Contenção de rejeitos minerais | Interrupção do abastecimento, poluição do rio e do mar no estado do Espírito Santo, interrupção da atividade pesqueira |

Fonte: adaptado pelo autor com base em Vianna (2015), Lauriano (2009), Brown (2012), Portal Estado de Minas (2015), Portal R7 (2015), UOL Notícias (2015), Mccully (2001) e Veiga Pinto e Faria (2001).

O Quadro 1 denota a grande quantidade de barragens que já romperam ao redor do mundo, cerca de 75 casos, assim como aborda os locais, os danos e os tipos de barragens. Esse grande número de rupturas normalmente é atribuído a variações de volume de precipitações, o que faz com que os sistemas hidromecânicos não suportem, ou a falhas no projeto de construção, provocando erosões *piping* ou galgamentos nos maciços.

O Quadro 2 remete às rupturas de barragens ocorridas no Brasil. Dos 14 casos, oito estão atribuídos a atividade mineradora e seis são atribuídos a rupturas em barragem de abastecimento e segurança hídrica. Essa é a grande responsável pelo maior número de casos. Atribuímos isso ao descaso nos projetos de construção com materiais de qualidade, além de falhas de monitoramento e na realização de reparos, quando necessário. O quadro mostra a grande quantidade de danos provocados pelos estouros, o ano e os locais do desastre, bem como os nomes das barragens que ruíram.

Devido à atividade mineradora requerer a construção de muitas barragens de rejeitos, o estado de Minas Gerais se torna mais exposto ao risco de novos casos de ruptura de barragens. Por isso, cabe um olhar mais técnico e fiscalizador do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) e da Agência Nacional de Águas (ANA) no controle de licenciamentos para a construção desses barramentos. Por mais que a grande preocupação da ANA seja nas regiões com maior intensidade mineradora, é extremamente importante dar atenção às barragens da região Nordeste, visto que são obras antigas, normalmente erguidas em ambientes secos e expostas aos agentes intempéricos do semiárido. Por essas características, as barragens do Nordeste merecem atenção. Até porque esses barramentos servem para abastecimento das cidades e irrigação, visto que a maioria das barragens do Nordeste é considerada de grande porte para o acúmulo de água durante anos.

Portanto, diante da ausência de estudos técnicos mais profundos nos projetos iniciais das obras, muitas vezes feitas por empresas construtoras terceirizadas que não usam os recursos de forma racional, as barragens ao longo de sua vida de operação apresentam patologias nas suas estruturas. Assim, cabe aos órgãos fiscalizadores a cobrança de estudos geotécnicos e de engenharia civil, bem como controle de riscos no vale a jusante, a fim de minimizar possíveis novos casos de

rupturas nas barragens do Brasil, levando em consideração o número elevado de rupturas que chegam a 11 casos nos últimos 20 anos.

2.2.2 Políticas de segurança de barragens no Mundo

Para controlar o risco é preciso ter alguns fatores que devem ser trabalhados de forma conjunta. O planejamento, a prevenção, a emergência, a decisão, a comunicação e a revisão são elementos que integram o gerenciamento do risco. É necessário, portanto, um conjunto de normas para balizar as tomadas de decisões, bem como controlar os riscos associados a segurança de barragens (PIMENTA, 2009). Hoje o Brasil conta com uma série de instrumentos normativos que orientam e regulamentam as aplicações técnicas para a operação segura das barragens.

Estudos de monitoramento, de manutenção e de prevenção de riscos associados a barragens ainda são pouco difundidos no mundo. Poucos países aderem essas precauções às suas políticas internas. Isso pode ser explicado por inúmeros motivos, dentre eles, a falta de visão de riscos, também a carência de corpo técnico e de técnicas para a implantação dessas diretrizes.

Dentro do contexto da formulação do boletim *Risk Assessment in Dam Safety Management* (CIGB, 2005), foi formado um Comitê de Segurança de Barragens, constituído por 28 países, que elaborou um inventário acerca das técnicas de avaliação de riscos em barragens. O inventário obteve pouca representatividade, visto que apenas 60% dos 82 países membros da Comissão Internacional de Grandes Barragens participaram do levantamento.

O quadro 3 remete às informações coletadas através de uma pesquisa feita pelo comitê do CIGB, acerca das técnicas que são empregadas por países no âmbito da segurança de barragens.

Quadro 3: Informações feitas a partir do levantamento do CIGB.

| | |
|--|-----------|
| Número de países membros da CIGB (à data da realização do inquérito) | 82 |
| Número de países membros do Comitê de Segurança de Barragens | 28 |
| Número de países aos quais foi enviado o inquérito relativo à prática das atividades de análise e apreciação de riscos no âmbito da segurança de barragens | 82 |
| Número de países que responderam ao inquérito | 24 |

| | |
|---|----|
| Número de países, dentre os que responderam ao inquérito, que não usa apenas abordagens tradicionais. | 12 |
|---|----|

Fonte: adaptado de CIGB (2005).

O desconhecimento das técnicas utilizadas na segurança das barragens, devido à falta de uma bibliografia de consulta, parece gerar dificuldades na implantação das diretrizes normativas da temática. Levando isso em consideração, as condutas de apreciação dos riscos não são periódicas, o que faz perdurarem os comportamentos tradicionais de emprego da segurança (PIMENTA, 2009).

As diretrizes normativas em países que adotaram abordagens tradicionais nas técnicas de segurança sinalizam que foram adotadas ações de promoção ao gerenciamento dos riscos. A exemplo, o acompanhamento das obras de construção e manutenção das barragens, implementação de sistemas de avisos com sirenes de alerta, estudos hipotéticos de rupturas, para estimar danos no vale a jusante, além de planos de contingenciamento. Nesse grupo de países estão Finlândia, França, Portugal e Suíça (PIMENTA, 2009).

Um grupo reduzido de países adotou o fomento de estudos de análise de riscos, dando aos estudos um caráter qualitativo referente aos perigos e aos danos. África do Sul, Austrália, Canadá e Estados Unidos da América fazem parte deste grupo. Já Noruega, Reino Unido e Suécia integram o grupo de países que consideram nos estudos os vieses qualitativos e semiquantitativos na análise dos riscos (PIMENTA, 2009).

Ainda para a autora, a Holanda é um país que se destaca na implantação de mecanismos de análises de riscos de barragens. Isso se deve ao fato da adoção de tratamentos usando probabilidade, bem como de parcerias com universidades na realização de estudos para aprimoramentos das técnicas.

Na África do Sul, a legislação de segurança de barragens é conhecida como *National Water Act* nº 38 – 1998. Esta é de jurisprudência do *Department of Water Affairs and Forestry* (DWAFF, 1998), que é o responsável pelas obras de mais de 300 barragens (CIGB, 2005). No país, as análises de riscos em barragens começaram em 1985 (OOSTHUIZEN e ELGES, 1998).

Análises qualitativas, semiquantitativas e quantitativas são utilizadas pelo país. Com base na legislação, foram feitos gráficos que balizam os limites de aceitação do risco. Os gráficos remetem à função da probabilidade anual de ruptura,

às perdas econômicas diretas e indiretas, às perdas de vidas humanas e às perdas ambientais (PIMENTA, 2009).

Levando em consideração as estatísticas de acidentes de trabalho e acidentes em meios de transportes, foram feitos os critérios de apreciação de riscos, e, posteriormente, foram feitas alterações com vistas a sua adaptação ao caso das barragens (PIMENTA, 2009). O cerne dessa política são as avaliações para a implementação de gerenciamento de riscos em barragens em funcionamento, tanto na parte do projeto como na operação.

Na Austrália, a legislação de segurança de barragem é gerida pelos entes federativos, os quais detém a responsabilidade, variando as ferramentas normativas conforme interesse de cada estado. Em New South Wales a legislação se difere dos outros estados, visto que suas normas legais são bem mais detalhadas (CIGB, 2005).

Uma publicação feita pela ANCOLD trás alguns documentos que tratam de avaliação de riscos, chamado de *Guidelines on Risk Assessment*, em 1994 (ANCOLD, 1994). Contendo critérios para averiguação dos riscos, esse documento foi modificado em 1998, por proposição do *Position Paper on Revised Criteria for Acceptable Risk to Life* (ANCOLD, 1998), e mais uma vez as normas foram reformuladas em 2003 (ANCOLD, 2003).

O país australiano utiliza análises de risco qualitativas, semiquantitativas e quantitativas. Essas normas de avaliação são implementadas pelos estados (WATSON e PERERA, 2000) e pelas construtoras (HOWLEY *et al.*, 2000).

Frequentemente, a Austrália vem analisando os riscos das barragens em operação (MacDONALD *et al.*, 2000). Para definição de prioridades de intervenções de reabilitação ou de implementação de estudos minuciosos, o país estava adotando esse sistema de análise (PIMENTA, 2009). O exemplo desse modelo analítico de riscos terá destaque no estado de Victoria, o qual foi financiado pelo governo, entre 1997 e 2000, e abrangeu mais de 145 grandes barragens (WATSON e PERERA, 2000). Para análises em barragens individuais são utilizados os métodos quantitativos, como na barragem Hume (MCDONALD *et al.*, 2000).

No Canadá, a legislação sobre segurança de barragens fica a cargo das dez províncias do país. As províncias de Alberta, British Columbia e Quebec possuem leis relacionadas à segurança de barragens, porém não há leis que contemplem a apreciação dos riscos (CIGB, 2005).

Cabe destacar que os projetos da *British Columbia Hydro and Power Authority* (BC Hydro), detêm tipos diferentes de análises de riscos em seu programa de segurança (McGRATH, 2000).

As 61 barragens canadenses pertencentes ao grupo BC *Hydro*, possuem uma metodologia própria de avaliação de gestão de riscos. O objetivo é hierarquizar as barragens, avaliar qual poderia ser o tipo de ruptura e elencar prioridades de intervenção e de estudos complementares (PIMENTA, 2009). De maneira geral, as análises de riscos são semiquantitativas, baseando-se na metodologia *Failure Mode and Effects Analysis* - FMEA (HARTFORD e STEWAR, 1999).

A Associação Canadense de Eletricidade (*Canadian Electricity Assossiation*, CEA) criou um manual sobre Gestão do Risco em Barragens (CEA, 2003).

Existem membros canadenses no Comité de Segurança de Barragens da CIGB, porém suas metodologias de avaliação recebem críticas. Eles atribuem as falhas a diferentes correntes de práticas de avaliação no país (PIMENTA, 2009).

Ainda de acordo com a autora, os Estados Unidos da América (EUA) possuem uma legislação sobre segurança de barragens (*National Dam Safety Act*), bem como existem as leis próprias estaduais e diretrizes de donos de barragens.

A *Federal Emergency Management Agency* (FEMA), criada em 1979, nos EUA, tem como objetivo coordenar a segurança das barragens. Esta instituição trabalha em parceria com os proprietários de barragens, a *Interagency Committee on Dam Safety* (ICODS), *United States Committee on Large Dams* (USCOLD) e a *American Society on Civil Engineers* (ASCE) (McCRAFTH, 2000).

Em 1990, o estado de Washington implementou normas a fim de gerir as abordagens de risco, e elas vêm sendo aplicadas desde então (JOHNSON, 2000). Essas normas visam à hierarquização de barragens e as atividades de recuperação (PIMENTA, 2009).

Em 1997, o *United States Bureau of Reclamation* (USBR) publicou uma série de diretrizes, com metodologia de análise de riscos em barragens. A publicação também tratou da definição de critérios para a aceitabilidade do risco (USBR, 1997). Em 2003 elas passaram por revisão (USBR, 2003). Ainda no mesmo ano, foram expedidas normas de segurança de barragens, tendo por base abordagens orientadas para o risco (USBR, 2003a).

Nos EUA as análises de apreciação ao risco possuem a integração de

análises qualitativas, semiquantitativas e quantitativas. A USBR é responsável por mais de 350 barragens e já utiliza há alguns anos as análises de riscos como parte integrante do seu programa de gestão da segurança de barragens (PIMENTA, 2009).

A cada seis anos o USBR realiza a revisão das análises técnico-econômicas de redução dos riscos nos casos, calculando e elencando como inaceitáveis (CYGANIEWICZ e SMART, 2000).

Foi publicado em 1990 pelo *U.S. Army Corps of Engineers (USACE)*, um conjunto de normas como ferramenta de análise de riscos em barragens. Responsável por 600 barragens nos EUA, o USACE possui um programa de pesquisa na área, com parceria de David Bowles e a *RAC Engineers & Economists* (PIMENTA, 2009).

É importante dizer que por mais que haja regulamentação sobre segurança de barragens nos estados, os usos de mecanismos tradicionais e a normatização do governo não refletem no incentivo das análises de riscos. Esses tipos de análises são feitas por meio de consultorias privadas, a exemplo da barragem de *Eastside*, na Califórnia, realizada em 1996, pela *Woodward-Clyde Consultants* (McCRATH, 2000).

A Holanda se caracteriza como um caso peculiar no quesito de construção de barragens. É sabido que o país não detém barragens de grande porte, porém possui grandes obras de contenção de inundações: são grandes diques que impedem que a água entre no país tanto pelo mar quanto pelos rios. No quesito de prevenção ao risco a Holanda se destaca pelo convívio com seus elementos geográficos, (PIMENTA, 2009).

Em 1953 o país foi palco de uma inundação que matou 1.800 pessoas. Após isso foi formado o Comitê do Delta, que formulou, em 1958, as diretrizes normativas para a segurança de diques de proteção contra inundações. Essa legislação deu origem à regulamentação publicada em 1996, *Food Protection Act* (PIMENTA, 2009).

Ainda para a autora, o dimensionamento dos diques está em análise por toda a Holanda. Os diques de proteção são dimensionados conforme as análises de riscos quantitativas. A Holanda adota práticas de abordagens tradicionais e conta, ainda, com um sistema de gestão e defesa contra inundações. As avaliações da

estrutura e o monitoramento são realizados pelos construtores a cada cinco anos, baseando-se nas normas de segurança vigentes (PIMENTA, 2009).

De acordo com a autora, ainda há na Holanda programas de avaliação de riscos dos sistemas de proteção contra inundações, a exemplo do trabalho do *Marsroute of the Technical Advisory Committee for Water Retaining Structures* (TAW), que tem se atentado para estudos de probabilidades de rupturas.

Na Noruega, a legislação sobre segurança de barragens em vigor é de responsabilidade do *Norwegian Water Resources and Energy Directorate* (NVE), de 2001, que substituiu as normas anteriores de 1981 e de 1992 (CIGB, 2005).

O NVE tem incentivado, há vários anos, a implementação de análises de riscos. Desde 1992 a legislação permite esse tipo de análise e planos de emergência (LJ; GODT, 1998).

Quatro empreiteiras norueguesas elaboraram a um arcabouço de propostas de alteração das normas (RUUD e MIDTTMME, 1998).

Desde 1997, as barragens de enrocamento tem sido objeto de estudos, isso deve-se ao galgamentos e erosões internas nesse tipo de barragens (RUUD; MIDTTMME, 1998).

As normas aplicam-se ao projeto na fase de pesquisa da iniciação do projeto, propondo a hierarquização das barragens para a aplicação de medidas de reparos na estrutura (ÅMDAL, 1998). Em 2001 a *Norwegian Electricity Industry Association* publicou uma série de normas para riscos em barragens e estruturas hidráulicas (CIGB, 2005).

Os estudos do país norueguês são baseados na metodologia de árvore de eventos, as probabilidades das diferentes correntes atribuídas são com base em estatísticas de desempenho históricos (PIMENTA, 2009).

No Reino Unido, a legislação sobre barragens é da responsabilidade do *UK Government's Department of the Environment, Transport and Regions*, que é assessorado, no monitoramento da legislação, pelas secretarias de cada estado – Inglaterra, Escócia e País de Gales (HUGHES e KITE, 1998).

A primeira legislação sobre a temática de segurança de barragens remete a 1930. Foi elaborada após vários acontecimentos de rupturas desde a segunda metade do século XIX e no princípio do século XX (PIMENTA, 2009).

A legislação entrou em vigor em 1975, e em 2000 foram ratificadas as diretrizes para a aplicação dessa legislação (*Institution of Civil Engineers*, 2000). Já

em 1991 e em 1999 foram feitas normas relativas a segurança estrutural e hidromecânica (SANDILANDS e FINDLAY, 2000).

Por mais que haja normas no Reino Unido, não se tem a data referente ao início das análises de riscos em barragens. Segundo a bibliografia, as análises de riscos são essencialmente qualitativas e semiquantitativas (PIMENTA, 2009).

A *Scottishand Southern Energy's* é dona de 84 barragens no Reino Unido, e, desse total, 56 são de grande porte. No ano de 1996 a empresa iniciou um estudo para análise de riscos em uma das suas grandes barragens. O estudo foi baseado no método FMEA, e teve como apoio o *Babtie Group Consultants*. Posteriormente, o estudo foi expandido a outros barramentos da empresa (SANDILANDS e FINDLAY, 2000).

A *Arup Water, Ove Arup & Partners* começou as análises de riscos semiquantitativos, e como objetos de estudos foram escolhidas barragens de uma construtora (HUGHES, 2001).

Foi realizado um trabalho para o governo entre os anos de 2001 e 2002, contratado pelo *Department of the Environment, Transport and Regions*. Esse tinha a finalidade de disponibilizar estudos de base fundamentais para a implementação de metodologias de avaliação de riscos, com ênfase nos estudos de relevo e geotecnia e suas implicações nas rupturas das barragens (BROWN & ROOT, 2002).

Foi publicado um estudo complementar em 2004, que se constituiu como uma ferramenta de apoio para o gerenciamento de análises de riscos. São metodologias semiquantitativas, que possuem avaliações periódicas (PIMENTA, 2009)

Atualmente, o *Health and Safety Executive* tem um vasto trabalho no âmbito da aceitabilidade e tolerabilidade dos riscos em barragens, porém, da Comissão Nacional de Grandes Barragens do Reino Unido poderá ganhar relevância num futuro muito próximo (CIGB, 2005).

Na Suíça, a legislação de segurança de barragens busca o fomento em estudos de análise de riscos em barragens com grande potencial de perdas e danos (CIGB, 2005).

Não existe legislação nos estados suecos, no âmbito de barragens. Assim, os donos dos barramentos são responsáveis pelos levantamentos, respondem pela segurança da estrutura, bem como pelos danos em caso de ruptura (PIMENTA, 2009).

No ano de 2000, a empresa *BC Hydro* fez um estudo que hierarquizou suas barragens. As análises se deram com base nos métodos de riscos qualitativos e semiquantitativos, recorrendo ao método de falhas e efeitos, para formular hipóteses de propagação de ondas de cheias no vale (PIMENTA, 2009).

Com base no método de árvore de efeitos, um grupo de pesquisadores se reuniu para desenvolver um plano piloto de avaliação das vantagens e limitações deste tipo de análises de riscos (BARTSCH e GUSTAFSSON, 2000).

É notório que grande parte dos países membros do CIGB detém uma política de segurança de barragens por mais que seja simples. Em alguns países, existe a preocupação com o aprimoramento de metodologias de análises de riscos nas estruturas e em danos nos vales em caso de ruptura.

Portanto, vários países membros do ICOLD tiveram casos de rupturas de barragens, e, nesse sentido, houve o estímulo para a formulação de leis, normas e regulamentações que gerissem a segurança das barragens e evitassem os danos ao vale (BALBI, 2008). Ainda para o autor, a legislação de segurança de barragem de países que se preocupam com o tema, possuem características que remetem às estruturas das barragens e a sua capacidade de provocar danos econômicos, ambientais ou à população, à jusante. Esses critérios balizam a elaboração de Planos de Ações Emergenciais (WILLIINGHOEFER, 2015).

2.2.3 Políticas de segurança de barragens no Brasil

Os acontecimentos de rupturas de barragens nas últimas décadas no Brasil, geraram a preocupação em achar meios de minimizar (vide Quadro 2) o número de casos de rupturas. Assim, buscou-se a criação de diretrizes normativas para gerir a segurança de barragens do país.

O Quadro 2 trás o histórico das rupturas de barragens no Brasil. Ao longo dos acontecimentos houve mobilizações das organizações profissionais que tratam da temática de segurança de barragens, e isso gerou a proposta da criação da Lei de Segurança de Barragem. No ano de 2003 foi protocolado um Projeto de Lei na Câmara Federal, e os estudos da elaboração do documento foram respaldados em perícias técnicas de especialistas que atuam na engenharia de barragens. Na

sequência, a proposta passou pelas comissões da Câmara Federal e do Senado, sendo sancionada em 2010, pelo presidente Luiz Inácio Lula da Silva (MELO, 2014).

A Lei nº 12.334 estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) e cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB) (BRASIL, 2010).

A PNSB objetiva cumprir os padrões de segurança, regulamentar, promover o monitoramento e acompanhar as ações de segurança dos responsáveis pelo barramento, visando minimizar possíveis novos eventos de rupturas de barragens e suas consequências junto à população (ANA, 2013).

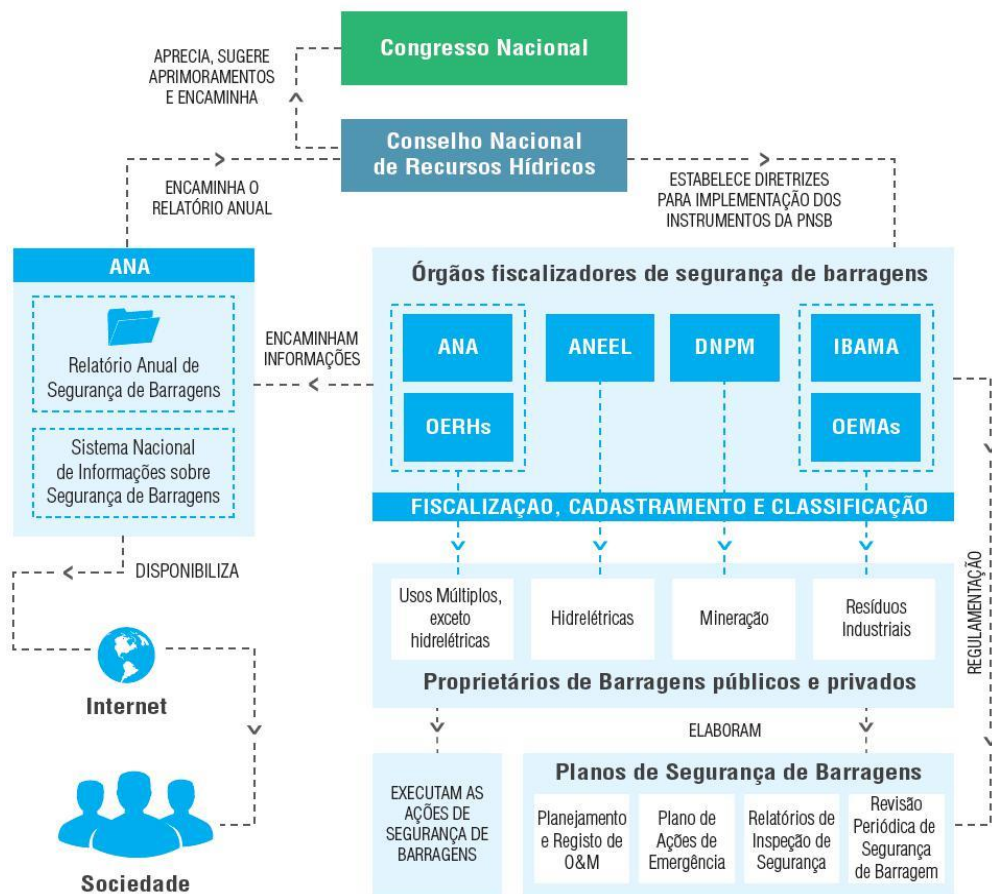
Em seu Art. 1º, a Lei aplica-se a barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais. A Lei abarca critérios de porte e de eventuais danos provenientes das rupturas, assim caracterizados:

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

A Lei 12.334 regulamenta os agentes que irão fiscalizar e outorgar os direitos dos recursos hídricos, tanto para acumulação de água, geração hidrelétrica, disposição de rejeitos ou disposição de resíduos industriais.

Os órgãos responsáveis por determinado tipo de barragem tem a responsabilidade de regulamentar as diretrizes que complementam a Lei. As barragens hidrelétricas são de competência da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), as barragens de segurança hídrica são geridas pela Agência Nacional de Águas (ANA), as barragens de rejeitos minerais são de jurisdição do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) e os reservatórios de efluentes industriais são de responsabilidade dos Órgãos Estaduais de Recursos Hídricos (OERH). As instituições que fazem parte da Política Nacional de Segurança de Barragem estão dispostas no organograma representado pela Figura 9.

Figura 9: Organograma esquemático da Política Nacional de Segurança de Barragens



Fonte: ANA (2013).

Por mais que o sistema seja robusto, existe a dificuldade da operacionalização do organograma da Política Nacional de Segurança de Barragens, como mostrado na Figura 9, tendo em vista as dimensões continentais do Brasil e o grande número de barragens cadastradas e não cadastradas (ANA, 2013). Existem 13.529 barragens cadastradas no Brasil, sendo divididas em 11.748 barragens de usos múltiplos, 1.261 para geração de energia hidrelétrica, 264 de rejeitos de mineração e 256 de resíduos industriais. Devido ao número de reservatórios, é quase impossível o acompanhamento com precisão mais de perto de todos eles, graças à falta de estruturas técnica e operacional adequadas para implementação dos instrumentos previstos na PNSB. Este fato resulta, muitas vezes, no não acompanhamento e na ruptura nas barragens por falta de vistoria.

De acordo com a PNSB, é de responsabilidade do empreendedor e do proprietário da barragem, mantê-la em condições adequadas de segurança. A Política ainda estabelece algumas obrigações aos proprietários dos barramentos, como a

obrigatoriedade da implantação de um efetivo sistema de gestão de segurança de barragens. Dentre os principais pontos, destacamos:

- Elaboração do Plano de Segurança da Barragem;
- Elaboração do Plano de Ação de Emergência;
- Realização das Inspeções de Segurança Regular e Especial nas barragens;
- Realização da Revisão Periódica de Segurança de Barragem.

Cabe destacar que um dos instrumentos da Lei é a classificação de barragens por categoria de risco e por dano potencial associado, assim constituindo a base de aporte para as análises, e isso estabelece níveis de prioridade de monitoramento, inspeção e planos de segurança.

Vale salientar ainda que a dita Lei é um marco na gestão da segurança de barragens no país, fomentando a cultura de prevenção ao risco de rupturas. Esta é uma importante conquista para a população, dada a necessidade de reduzir os riscos. As diretrizes normativas da Lei de Segurança de Barragens do Brasil têm semelhança com as normas internacionais do ICOLD (2005), que ressalta a importância dos órgãos fiscalizadores na garantia da segurança dos barramentos. A Lei 12.334 também baseia-se na metodologia de Menescal (2009), que coloca os mecanismos de sustentabilidade, descentralização, transparência e participação pública.

Para Melo (2014), a Lei obriga a implementação de “boas ações” no seguimento de segurança de barragens, equiparando-as ao nível internacional. É fato que a transparência das informações sobre segurança de barragens é um benefício de controle e cobrança da sociedade junto ao Estado. É nesse sentido que, gradativamente, será estabelecida de forma contínua a cultura em proprietários de barragens, tal como a gerência do risco por meio da legislação em vigor.

Com relação a instrumentos normativos, o Brasil possui uma Lei robusta com especificidades e modernismos. Entretanto, a falta de um corpo técnico presente em todo território nacional, deixa brechas para que não ocorram as visitas de campo para averiguar os barramentos, monitorando-os periodicamente. A falta de interesse institucional em fazer reparos, bem como a burocracia para aquisição de projetos de

reparos fazem com que a cada ano que passe o barramento vá se desgastando e expondo as comunidades no vale a jusante ao risco de ruptura.

Em tempos de paz, no território nacional, os direcionamentos das ações de proteção e Defesa Civil voltam-se para o atendimento à população, em face de eventos calamitosos naturais ou humanos. Cabe, portanto, ressaltar o papel da Lei 12.608, de 2012, que institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC). A referida Lei estabelece a criação do Sistema de Informações e Monitoramento de Desastre. Esse sistema auxilia na aquisição de dados para uma melhor gerência da tomada de decisão. A Lei também dispõe do Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (Brasil, 2012).

Dos objetivos da PNPDEC cabe ressaltar que a operacionalização das ações é voltada ao atendimento de muitos tipos de desastres, entre eles a gestão de recursos hídricos e inundações. As principais diretrizes norteadoras são:

- A atuação deve ser feita em conjunto entre a União, os estados e os municípios na redução de desastres em áreas atingidas;
- Mitigação, preparação, resposta e recuperação de áreas atingidas;
- Adoção da bacia hidrográfica como unidade de análise das ações de prevenção de desastres em corpos d'água;
- Participação da sociedade civil e organizada;
- Identificar e avaliar riscos;
- Estimular a cultura de prevenção aos riscos;

Cabe relatar que ao Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil estão subordinados os organismos estaduais e municipais, sendo Coordenadoria Estadual de Proteção e Defesa Civil e Coordenadoria Municipal de Proteção e Defesa Civil, respectivamente.

É de competência da União:

- Instituir declarações de reconhecimento de situação de emergência;
- Identificação de áreas de riscos nos estados e nos municípios;
- Coordenar o SINPDEC;
- Promover estudos sobre causas de ocorrência de desastres;

É de competência dos Entes Federados:

- Executar a PNPDEC no seu território;
- Coordenar a articulação com a União e os Municípios;
- Instituir o Plano Estadual de Proteção e Defesa Civil;
- Identificar e mapear as áreas de risco;
- Realizar monitoramento meteorológico e geológico;
- Identificar as bacias hidrográficas com riscos de desastres;

É de competência dos Municípios:

- Executar a PNPDEC a nível local;
- Incorporar ações de proteção de defesa civil no planejamento territorial do município;
- Vistoriar edificações em áreas de risco, bem como intervir se necessário com a desocupação;
- Organizar e administrar abrigos provisórios para assistência da população em um desastre, com condições de segurança e higiene;
- Realizar exercícios simulados;
- Promover a coleta, a distribuição e o controle de suprimentos;
- Prover moradias temporárias às famílias desabrigadas por desastres.

A Lei ainda determina a destinação de recursos por meio de um fundo emergencial, tanto para os estados como para os municípios, mesmo sem licitações públicas, visto ser um recurso de pronta resposta as áreas atingidas por desastres (BRASIL, 2012).

O Estado dispõe de outras instituições que auxiliam na salvaguarda de populações em risco. O Corpo de Bombeiros Militar do Estado destina-se também à execução das atividades de defesa civil e na defesa do meio ambiente. As funções institucionais do CBM são:

- Atuar na execução das atividades de defesa civil;
- Prevenção e combate aos incêndios;
- Realizar atividades de resgate, busca e salvamento;
- Realizar atividades auxiliares de socorros de urgência e atendimento de emergência pré-hospitalar;
- Notificar, isolar e interditar, no âmbito de sua competência, as obras,

habitações, serviços, locais de uso público e privado que não ofereçam condições de segurança;

- Desenvolver pesquisa científica em seu campo de atuação funcional;

Dentro da estrutura organizacional do CBM existe uma divisão de órgãos. São eles: Serviço de Operações, no qual se encontra a Comissão de Defesa Civil (CODEC) e o Grupamento de Busca e Salvamento (GBS). Ainda dentro do setor de Serviço Operacional de Saúde, existe Pronto Atendimento de Saúde e Serviço de Atendimento Pré-Hospitalar de Urgência, atual SAMU.

A CODEC

tem por competência a coordenação de ações preventivas e de socorro emergencial, com vistas a evitar ou minimizar os efeitos desastrosos de situações adversas que possam causar danos à sociedade, promovendo estudo em áreas de risco, organizando banco de dados e mapeamento de áreas críticas relacionadas com as ameaças e vulnerabilidade aos riscos naturais de maior prevalência no Estado (RIO GRANDE DO NORTE, 2002, p.5).

O GBS tem como objetivo:

a operacionalização das atividades de busca e resgate de pessoas e bens, compreendendo as atividades de salvamento terrestre, em altura e aquático, a prevenção contra afogamentos e a normalização e fiscalização de atividades esportivas e recreativas em áreas de risco em seu campo de atuação. (RIO GRANDE DO NORTE, 2002, p.6).

Conforme o regimento, “o Serviço Operacional de Saúde é o órgão do sistema responsável pelas operações de resgate de vítimas, nas atividades de socorros de urgência, no atendimento pré-hospitalar e no imediato emprego em situações de catástrofes em todo o Estado” (RIO GRANDE DO NORTE, 2002). Já o Serviço de Atendimento Pré-Hospitalar de Urgência, “compreende as ações de manutenção do suporte básico e avançado da vida, prestadas nos acidentes em via pública e rodovias, capaz de reduzir os casos de morbimortalidade por afecções causadas pelo trauma” (RIO GRANDE DO NORTE, 2002).

O Serviço de Atendimento Móvel de Urgência (SAMU) atua na promoção da prestação de socorro a vítimas de todos os tipos de desastres. O serviço é composto

por ambulâncias de suporte básico e avançado, com UTI móvel, bem como o uso de motocicletas para agilizar o socorro às vítimas.

A Lei 6.908, de 1996, institui a Política Estadual de Recursos Hídricos. Um dos instrumentos dessa Lei é a criação do Fundo Estadual de Recursos Hídricos (FUNERH), cujo objetivo é aplicação de recursos no custeio de (RIO GRANDE DO NORTE (1996):

- Realização de planos, programas, projetos e pesquisas com vistas ao desenvolvimento e controle dos recursos hídricos;
- Execução de obras e serviços com objetivo de desenvolver e controlar os recursos hídricos;
- Programas de estudos com objetivo à capacitação de recursos humanos, pesquisas e desenvolvimento de inovação tecnológica de interesse a gestão dos recursos hídricos.

O Fundo é constituído por recursos do tesouro estadual, cobrança pelo uso da água, transferência da União destinado a projetos, compensação financeira com relação ao aproveitamento de energia eólica, impostos das atividades mineradora e petroleira, doações e de recebimento de pagamento de multas (RIO GRANDE DO NORTE, 1996).

Aqui colocamos o chamamento ao CBM e SAMU por que a cidade de Acari não possui esses órgãos, tão pouco uma Coordenadoria Municipal de Proteção e Defesa Civil, o que eleva ainda mais a vulnerabilidade da população aos riscos provenientes da ruptura da barragem Gargalheiras.

O FUNERH é uma das alternativas para a busca de recursos para o financiamento de um monitoramento constante da barragem Passagem das Traíras (barragem de propriedade da Secretaria Estadual do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos (SEMARH), bem como reparos quando necessários, além de estudos mais aprofundados.

Dentre todo o arcabouço normativo que existe no Brasil, temos subsídios legais para atuar tanto na prevenção, no desastre e no pós-desastre. Com estudos de monitoramentos, reparos estruturais e auxílio às vítimas do desastre. Entretanto, a falta de interesse político, de um corpo técnico para monitorar uma grande quantidade de barragens, a falta de recursos, a falta de serviços de Defesa Civil, CBM, SAMU agravam ainda mais a exposição da população aos desastres associados a segurança de barragens e, nesse sentido, atribuímos o risco

tecnológico associado a rupturas em barragens como um produto da negligência do Estado.

2.2.4 Ordenamento do território na gestão dos riscos

O ordenamento territorial enquanto tema de estudo ainda é pouco utilizado na geografia dos riscos. Embora as ocupações irregulares sejam um dos grandes fatores para a promoção de desastres envolvendo pessoas. O ordenamento tem a proposta de pôr ordem na desordem. Essa normatização é imposta pelas forças legais no território, com um conjunto de diretrizes no sentido de configurar como os equipamentos fixos serão dispersos na região. Além do ordenamento, há a discussão de território dentro do tema ordenamento territorial, esse está pautado em um conjunto de relações entre os atores sociais que exercem poder nesse espaço socialmente construído.

Um dos primeiros idealizadores da ideia de território foi Friedrich Ratzel. Ele entendia que o território era uma fragmentação do espaço da terra em que alguém tinha a influência ou posse sobre ele, esse conceito estava ligado a ideia de dominação, com limites de áreas bem demarcadas.

Com a ideia de que as pessoas viveriam a dispor de meios que viriam suprir suas carências, Ratzel formulou a ideia de espaço vital (MORAES, 1987). Andrade (1982) relata que Ratzel entende que, para uma sociedade ter progresso, ela deve ser expandida. Nesse contexto, percebemos que o município de Acari foi crescendo nos arredores da Igreja do Rosário, expandindo-se nas adjacências do rio Acauã, e esse crescimento da cidade em direção ao rio não levou em consideração os fatores ambientais futuros.

Trazendo a discussão para a contemporaneidade, Santos e Silveira (2001) constroem e reinventam o conceito de território como uma categoria da Geografia. As territorialidades empregadas pelo homem estão em consonância com o seu futuro, com a sua manutenção da segurança no futuro. É nesse sentido que a materialidade construída pelo homem e pela natureza exercem o papel de influenciar nas ações e vivências do homem no espaço enquanto totalidade.

O professor Milton Santos, em sua obra, relata que “o território usado é o chão mais a identidade” (SANTOS, 2007, p. 14). Desse modo percebe-se que há uma relação entre o conceito teórico com a vivência no território. Parte das pessoas que moram no entorno do rio tem sua identidade como carentes, que encontram áreas de margens de rio como local de posse e terrenos mais baratos para residir, sem se importar com o que poderia acontecer.

Aqui trazendo a ideia de território como um espaço normatizado, aplicamos para Acari, o município em sua Lei Orgânica Municipal em seu Capítulo III – Da Competência do Município, no Art. 14 coloca:

XVI – planejar e controlar o uso, o parcelamento e a ocupação do solo em seu território, especialmente os de sua zona urbana;
XVII – estabelecer normas de edificações, de loteamento, de arruamento e de zoneamento urbano e rural, bem como as limitações urbanísticas convenientes à ordenação do seu território, observando as diretrizes da Lei Federal.

Por mais que exista a lei de ordenamento do território na cidade, existem residências em áreas próximas ao rio.

Para Moraes (2005) o ordenamento perpassa a geografia desde 1960, quando a regionalização francesa buscava novos meios para analisar o território de forma integrada.

Na perspectiva dos riscos, é preciso que haja o ordenamento do território no sentido de prevenir, mitigar e atenuar os possíveis desastres. Assim, o ordenamento do território torna-se uma ferramenta de gestão integrada, que é capaz de relacionar a dimensão socioambiental, a fim de atender as demandas da sociedade (MELO, 2009).

3 A SECA ENQUANTO FENÔMENO DE PROMOÇÃO À CONSTRUÇÃO DE GRANDES OBRAS HÍDRICAS NO MUNDO E NO BRASIL

3.1 Surgimento das barragens

Para o Comitê Brasileiro de Barragens (CBDB), o conceito de barragem diz respeito a uma barreira feita de maneira artificial que tem a finalidade de represar água ou qualquer outro líquido, rejeitos, detritos. Isso para fins de armazenamento ou controle. Etimologicamente, a nomenclatura barragem advém da língua francesa, que remete a *barrage*, no século XII. A palavra deriva das palavras *barre*, do francês, e *barra*, do latim, a qual significa “travessar, trancar de fechar porta” (CBDB, 2014).

O vocábulo barragem é definido como uma estrutura construída de um lado a outro da margem de um rio ou talvegue, cujo objetivo é alcançar elevação no seu nível de água e/ou criar um reservatório de retenção de água, seja de regulação das vazões do rio, ou de outro fluido (BRASIL, 2002). Hulsing (1968), completa que barragens são estruturas que formam um mecanismo de controle no qual a descarga está ligada ao nível de água superficial a montante.

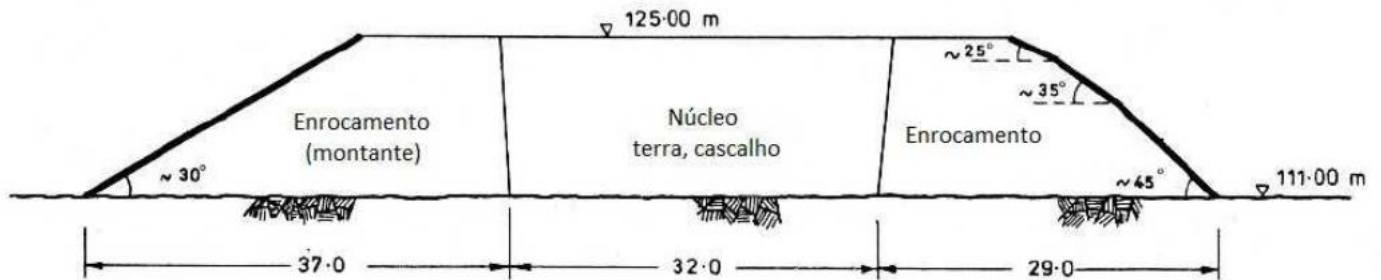
Essas grandes estruturas têm dado suporte hídrico às sociedades nos últimos 5.000 anos. Na Jordânia localiza-se a barragem mais antiga do mundo, a barragem de Jawa. Esta é um barramento de aterro de solo compactado com muros de alvenaria, com cinco metros de altura e 80 metros de comprimento, a obra é datada de 3.000 anos a.C. (MELO, 2014).

No vale do Rio Nilo, no Egito, ao rei Menés foi atribuída a responsabilidade da construção de uma das mais antigas barragens, em algum período entre 5.700 e 2.700 a.C. A barragem de alvenaria, localizada em Kosheish, cerca de 20 quilômetros a montante do sítio destinado a construção de Memphis (JANSEN, 1983).

Outra estrutura que remete à mesma época é a barragem de Sadd-El-Karafa, localizada no Egito, de aproximadamente 2.650 a.C. (MELO, 2014). O período de construção desta barragem foi de 8 a 10 anos, e como não tinha vertedouro, a barragem com capacidade de 570.000m³ galgou, formando uma grande lacuna na parte central do maciço, afirma Pimenta (2009). Ainda hoje existem as ruínas das laterais da parede da barragem (GARBRECH, 1985). Após 1.000 anos os egípcios

tornaram as técnicas de construção de barragens eficazes, construíram a barragem de Homs e mantiveram a manutenção desta ainda em operação (VEESAERT, 1996).

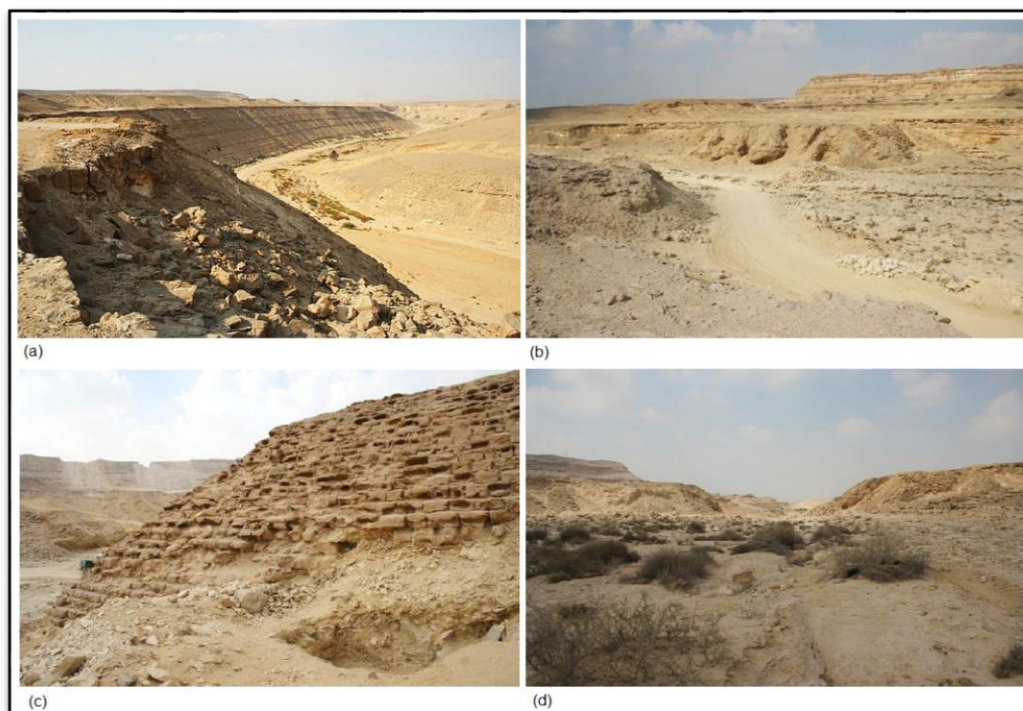
Figura 10: Seção transversal da barragem de Sadd-El-Karafa.



Fonte: Melo (2014).

A Figura 10 apresenta as dimensões da barragem Sadd-El-Kafara, no Egito, barragem considerada de grande porte, um marco para a engenharia de barragem da época. Há uma aparente semelhança com as barragens modernas de enrocamento com núcleo central de argila. Suas dimensões são 14 metros de altura e 108 metros de extensão.

Figura 11: Barragem Sadd-El-Karafa, no Egito.



Fonte: Elaborada pelo autor, com base em Structurae (2008).

A Figura 11 retrata o dimensionamento da barragem Sadd-El-Karafa: a imagem (a) denota a extensão do maciço de 108 metros; a imagem (b) mostra a altura do barramento de 14 metros; a imagem (c) mostra bem o tipo de material feito no enrocamento de aterro; e a imagem (d) mostra o tamanho da fenda aberta após galgamento na barragem.

Aqui destacamos a barragem de Sadd-El-Karafa, visto que foi a primeira barragem da história a ruir. Porém também ressaltaremos algumas barragens que foram importantes para as sociedades antigas, bem como o aprimoramento das técnicas de engenharia na construção desses barramentos.

Situada na bacia do rio Danah, no Líbano, a barragem de Marib é uma das mais antigas barragens construídas com dispositivos de descarregadores (comportas), em 1.500 a.C. A barragem do tipo de terra passou por diversas ampliações, chegando a altura de 20 metros e 700 metros de coroamento. No talude de jusante o enrocamento era constituído por blocos de rochas (SCHNITTER, 1994).

A barragem de Marib é uma referência por ter possuído um sistema hidráulico avançado para a época. A tomada de água era de alvenaria com pedras, suas soleiras tinham 13 metros acima da cota do rio, e o descarregador com 50 metros, localizado 4 metros abaixo da cota do coroamento. Por mais avançado que fosse o sistema hidráulico da barragem de Marib, na evacuação emergencial de cheias, ela ainda foi galgada diversas vezes, até ser destruída 2.100 anos pós-construção (PIMENTA, 2009).

Referente ao desempenho operacional, a barragem de Purron, no México, apresentou sua primeira alteração ao longo dos seus cem anos de construção. Atribuem seu assoreamento no albufeiro da barragem, o que ocasiona a diminuição do armazenamento.

A barragem de Purron tinha sua produção de água de maneira sazonal, nos tempos de inverno captava água para ser utilizada nos períodos secos. A barragem foi construída no ano 700 a.C. com altura de 3 metros, sendo alterada cem em anos após a construção, quando passou a ter a altura de 7 metros de altura. A barragem ainda recebeu alterações posteriores, sendo a última em 1.100 a.C. (PIMENTA, 2009).

No Sri-Lanka, existe uma sazonalidade no regime pluviométrico. As chuvas são concentradas no trimestre de dezembro, janeiro e fevereiro. Por esta razão, o

país adotou a construção de inúmeras barragens para a regularização do abastecimento das cidades e para viabilizar a agricultura (SCHNITTER, 1994).

Das inúmeras barragens documentadas, destacamos a barragem de *Paskanda Ulpotha*, por sua magnitude de engenharia no maciço, e a barragem de *Pavat*, pelas suas estruturas hidráulicas. A barragem de *Paskanda Ulpotha* foi construída no ano 300 a. C. Ela detém a altura de 17 metros, sendo alterado o barramento por duas vezes, sendo o último em 460 d.C., e assim a altura do maciço passou para 34 metros (PIMENTA, 2009).

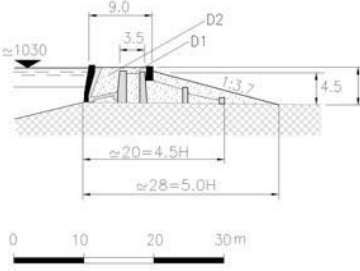
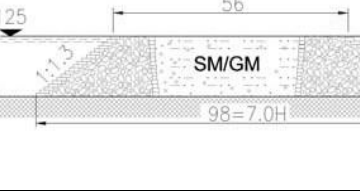
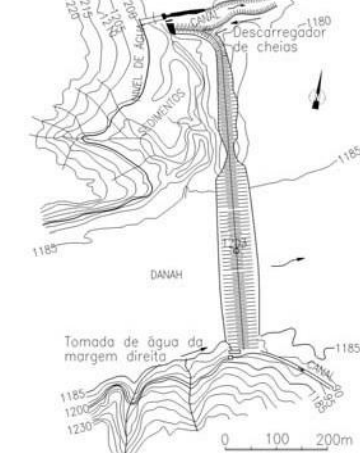
No ano de 1675, a barragem de *Saint Ferréol des Côtes*, na França, ultrapassou as dimensões estruturais dos barramentos de sua época. Ela possuía o maciço de aterro com largura de 3 metros no coroamento. Após a última reforma na estrutura, a largura do coroamento passou para 12 metros. A barragem possuiu um descarregador feito por escavação, e que estava separado do corpo do barramento (PIMENTA, 2009).

Construída em 250 a. C. a barragem de *Pavat*, detinha seu sistema hidráulico concentrado em uma estrutura bastante sofisticada. A estrutura possuía uma comporta de regularização de cheias, constituída por um poço vertical que descarregava a jusante. A estrutura do maciço era de terra, com altura de 8 metros e 3 metros de largura do coroamento (PIMENTA, 2009).

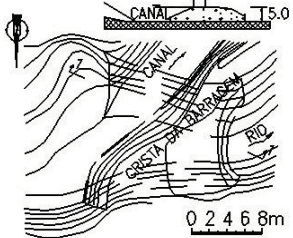
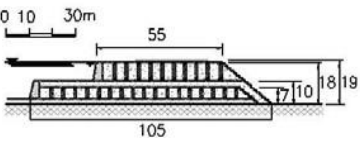
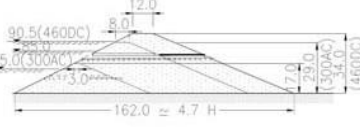
No apogeu do Império Romano, criaram-se as barragens do tipo gravidade e com contrafortes. Os romanos sempre são colocados como referência na construção de obras hidráulicas desde o quinto século a. C. E eles haviam construído suas primeiras represas apenas no fim do primeiro século d.C. havendo ainda hoje ruínas de barragens em todos os territórios conquistados pelo império (SCHNITTER, 1979).

Foram identificadas 80 barragens romanas na península Ibérica: metade é do tipo gravidade, um terço é de gravidade com contrafortes, e as restantes são de gravidade com aterros estabilizadores a jusante ou são barragens de terra. Registros mostram que 120 barragens romanas foram construídas no norte da África. Muito embora haja um número considerável de barramentos, grande parte são de pequeno porte (SCHNITTER, 1994).

Quadro 4: Barragens construídas A.C.. Algumas características fundamentais

| Nome | Ano de construção/alteamento | Localização | Tipo | Altura máxima (m) | Volume armazenado (m ³) | Finalidade | Perfil tipo e/ou implantação | Estrutura hidráulica | Observações |
|----------------------|------------------------------|--|------------------------------------|-------------------|-------------------------------------|---------------------------------|--|--|--|
| Jawa (barragem nº 4) | 3.000 a.C | Jordânia (cerca de 100 km a Nordeste de Ammam) | Mista (terra e muros de alvenaria) | 4,5 | 23.000 | Abastecimento da cidade de Jawa |  | Inexistentes | A barragem não tem aflúncias próprias. |
| Sadd-El-Kafara | 2.600 a.C. | Egito (próximo da cidade de Memphis) | Mista (terra e enrocamento) | 14 | 500.000 | Controlo de cheias |  | Inexistentes | Terá sido galgada e destruída durante o período de construção que durou 8 a 10 anos. |
| Marib | 1.500 a.C. | Yemen (rio Danah) | Terra | 20 | 30.000.000 | Irrigação |  | Descarregador de cheias com soleira não controlada de 50m de largura e cota 4m abaixo do coroamento. A barragem dispunha, também, de duas estruturas de tomada de água, uma em cada margem, com soleiras de cerca de 13m acima do leito do rio. | A barragem foi galgada diversas vezes, acabando por ser destruída cerca de 2.100 anos após a sua construção. |

Fonte: PIMENTA (2009) apud. SCHNITZER (1994).

| Nome | Ano de construção/alteamento | Localização | Tipo | Altura máxima (m) | Volume armazenado (m ³) | Finalidade | Perfil tipo e/ou implantação | Estruturas hidráulicas | Observações |
|-------------------|--|--|-------|--------------------------|---------------------------------------|------------------------|---|--|--|
| Kofini | 1.260 a.C. | Grécia (rio Lakissa) | Terra | 10 | - | Desvio do curso do rio |  | Inexistentes | Trata-se, na realidade, de um dique de proteção contra cheias e desvio do curso inicial do rio. Em 1994 ainda existia. |
| Purron | 700 a.C. 600 a.C. 1 d.C. 200 d.C. 1.100 d.C. | México (cerca de 260km a SE da cidade do México) | Terra | 3 7 10 18 19 | ? 1.400.000 ? 5.100.000 ? | Irrigação |  | Dois canais descarregadores na margem direita, com funções de tomada de água e de evacuação de cheias | A albufeira terá sido assoreada, o que levou ao seu primeiro alteamento, cerca de 100 anos após a sua construção. |
| Paschanda Ulpotha | 300 a.C. ? 460 d.C. | Sri Lanka | Terra | 17 29 34 | ? ? ? | Irrigação |  | Uma ou mais estruturas descarregadoras, separadas do corpo da barragem, materializadas por escavação no terreno natural. | O alteamento realizado no ano 460 d.C. elevou a altura máxima para 34m, o que viria a constituir recorde até 1.675. |

(Cont.) Quadro 5: Barragens construídas a.C.. Algumas características fundamentais.

Fonte: PIMENTA (2009) apud. SCHNITTER (1994).

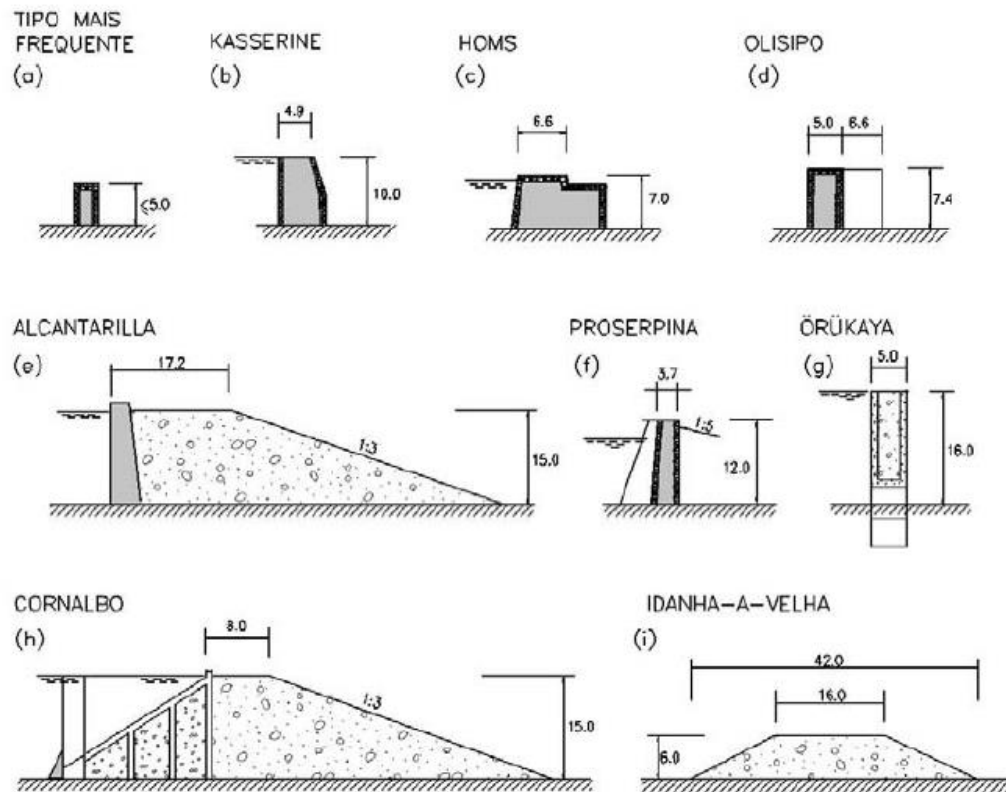
| | | | | | | | | | |
|-------|----------|-----------|-------|-----|---|-----------|---|--|---|
| Pavat | 250 A.C. | Sri Lanka | Terra | 7,9 | ? | Irrigação |  | Uma estrutura compacta com funções de descarregador de cheias, de tomada de água e de descarga de fundo. | O descarregador de cheias era em poço e ligava, na base, à galeria de tomada de água e descarga de fundo, sob o aterro da barragem. |
|-------|----------|-----------|-------|-----|---|-----------|---|--|---|

(Cont.) Quadro 5: Barragens construídas a.C.. Algumas características fundamentais.

Fonte: PIMENTA (2009) apud. SCHNITTER (1994).

O Quadro 5 remete a lista das barragens mais antigas já construídas da história. Algumas delas sofreram alterações em seus projetos ao longo do seu período de operação. Vale salientar que a maioria dos barramentos é do tipo terra, tendo algumas mistas de alvenaria com enrocamentos. O quadro mostra vários aspectos, desde o ano de fundação, tipo, usos múltiplos e a planta do projeto.

Figura 12: Perfis tipo de barragens construídas no Império Romano



Fonte: QUINTELA *et al.* (1987).

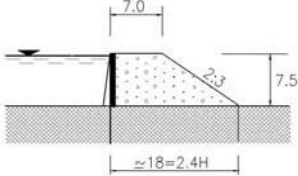
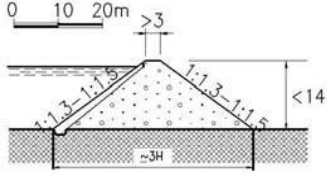
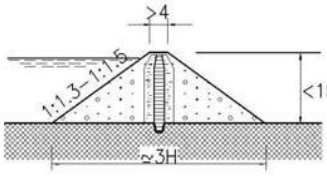
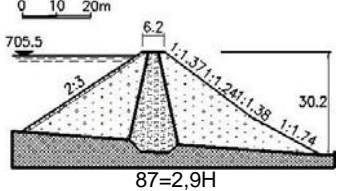
A Figura 12 ilustra os nove tipos de barragens arquitetadas pelos romanos no apogeu do império. As barragens romanas eram estabilizadas pelo próprio peso do maciço, ou em um conjunto de reforços do tipo contrafortes, ou arqueadas.

No Império Romano, houve o aprimoramento dos cimentos que eram utilizados nas alvenarias das barragens. Os cimentos eram usados como ligas na impermeabilização dos maciços. Isso explica a proliferação do número de barragens nos territórios romanos. Contudo, existiram três barragens de suma importância para o império. O barramento Alcantarilha possuía 18 metros de altura e o volume de $3,5 \text{ hm}^3$, já a barragem de Proserpina tinha 17 metros de altura e o volume de armazenamento de $3,5 \text{ hm}^3$, e a barragem de Cornalbo sua altura de 15 metros e a capacidade de armazenamento de 10 hm^3 (QUINTELA *et al.*, 1987).

Quadro 5: Características de algumas barragens medievais e pós-medievais anteriores à Revolução Industrial.

| Nome | Ano de construção | Localização | Tipo | Altura (m) | Volume armazenado (m ³) | Finalidade | Perfil tipo | Estruturas hidráulicas | Observações |
|------------|-------------------|------------------------|--|------------|-------------------------------------|------------|-------------|--|--|
| Qusaybah | VII século D.C. | Arábia Saudita (Mecca) | Gravidade (dois muros exteriores com um núcleo de terra) | 11,5 | ? | ? | | Inexistência de órgãos de tomada de água e de descarga de fundo. Descarregador de cheias sobre o corpo da barragem numa das suas margens. | - |
| Sheshtaraz | X século D.C. | Irão (Mashhad) | Gravidade | 25 | ? | ? | | Estruturas hidráulicas de tomada de água (a diferentes níveis) e descarga de fundo bastante elaboradas. Descarregador de cheias sobre o coroamento e paramento de jusante. | - |
| Pakhal | 1.213 D.C. | Índia (Sul) | Terra homogénea | 19,2 | ? | ? | | ? | O corpo da barragem, em terra homogénea, tem um perfil tipo bastante actual. |

Fonte: PIMENTA (2009) apud. SCHNITTER (1994).

| Nome | Ano de construção | Localização | Tipo | Altura (m) | Volume armazenado (m ³) | Finalidade | Perfil tipo | Estruturas hidráulicas | Observações |
|------------|------------------------|-------------------------------|----------------------------------|------------|-------------------------------------|---------------------|---|------------------------|---|
| Ternavasso | 1.600 D.C. | Itália | Mista | 7,5 | ? | Irrigação |  | ? | Muro a montante, em alvenaria de pedra com contrafortes. A barragem tem um perfil tipo de barragem romana. |
| Harz(*) | Anterior a 1.715 D.C. | Alemanha | Terra | < 14 | ? | Produção de energia |  | ? | Zona impermeabilizante a montante, em turfa (colocada em camadas horizontais com largura de 0,9 a 1,2 m no coroamento e 1,9 a 2,4 m na base). |
| Harz(*) | Posterior a 1.715 D.C. | Alemanha | Terra zonada | < 15 | ? | Produção de energia |  | ? | O núcleo central, com funções impermeabilizantes, era de turfa e as zonas de transição de argila arenosa. |
| Rozgrund | 1.744 D.C. | Eslováquia (Banská-Stiavnica) | Terra zonada com núcleo argiloso | 30,2 | ? | Produção de energia |  | ? | A barragem ainda hoje está operacional, fornecendo água para abastecimento público. |

Fonte: PIMENTA (2009) apud. SCHNITTER (1994).

O Quadro 6 coloca alguns modelos de barragens construídas na idade medieval e pré-revolução industrial. Elas estão situadas na Europa, no Oriente Médio e na Índia. São do tipo terra, misto e gravidade. No quadro ainda coloca os períodos de fundação e as plantas do projeto.

No território espanhol, a barragem de Alcantarilha é a mais antiga. Ela abastece a cidade de Toledo, essa rompeu em virtude do decaimento do paramento de montante, também, um vazamento na albufeira devido à pressão da água nas estruturas (PENMAN et al., 1999).

A barragem de Proserpina tem uma semelhança com a barragem de Alcantarilha: ela localizava-se ao norte de Mérida. Com a ruptura da barragem de Alcantarilha, houve um aprendizado na região e para evitar a ruptura de Proserpina, foram construídos nove contrafortes que estabilizaram o paramento de montante. Ao longo do seu tempo de operação, Proserpina foi palco de inúmeras reformas estruturantes, continuando ainda em operação (PENMAN et al., 1999). Há de ser considerado que ambos os barramentos detinham comportas de descarregamento do tipo poço.

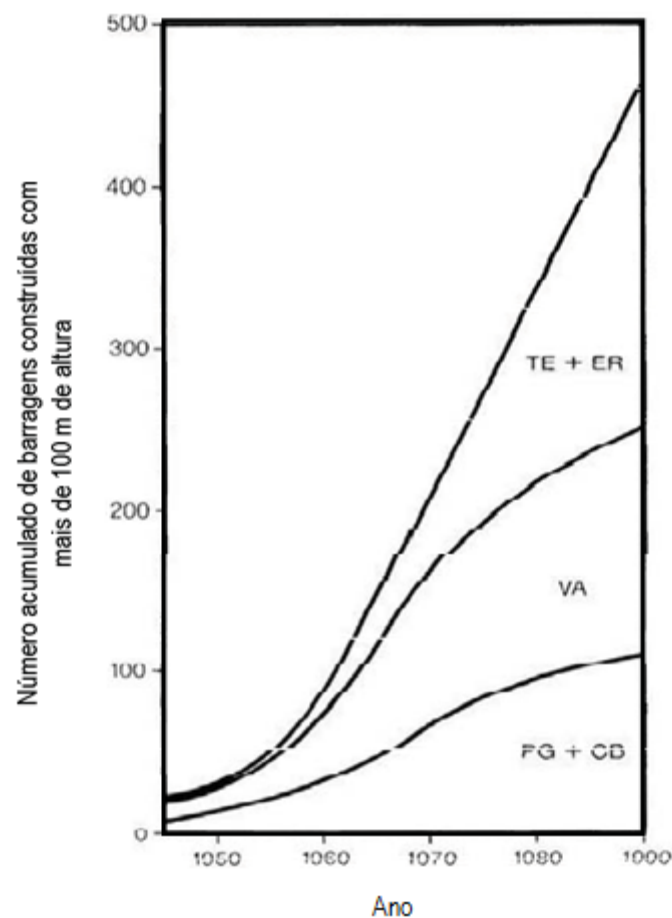
A barragem de Cornalbo é uma referência em termos de inovação na engenharia romana. Este barramento possuía uma torre de tomada de água no meio do espelho d'água. A torre tem diferentes níveis e é interligada a uma ponte feita em arco de alvenaria. O excedimento do volume da barragem foi em 1971 na Espanha. Após isso, a barragem recebeu uma reforma em 1936, continuando em operação (PENMAN et al., 1999).

Em território português, Quintela et al. (1987), catalogou as barragens romanas. Dezoito barragens foram catalogadas a sul do rio Tejo. Essas estruturas tinham como média de altura 5,2 metros, com maciço rolado e paramentos de alvenaria, com e sem contrafortes. No Monte Novo do Castelinho existem barragem de terra, com paramentos de aterro a jusante e em Santa Rita existem barragens de duplo paramento, com aterro e contrafortes a jusante (PIMENTA, 2009).

A autora ressalta ainda que, com o advento da revolução industrial, deu-se início as escolas de engenharia, e, de fato, isso refletiu no aprimoramento dos projetos de construções de barragens no mundo. Das 260 barragens construídas pelos britânicos na Grã-Bretanha e nas colônias, apenas quatro sofreram colapso. Estas possuíam uma altura elevada do maciço para a época: 15 metros de altura (PIMENTA, 2009).

Já em meados de 1950, é possível perceber o *boom* nas construções das barragens. Isso é atribuído ao grande desenvolvimento tecnológico de equipamentos. Assim foi realizável a expansão das dimensões e capacidades volumétricas dos barramentos, além da sistematização de sistemas hidráulicos de vertedores, tomadas de águas e descarregadores mais eficientes (PIMENTA, 2009).

Figura 13: Crescimento das construções de barragens de grande porte, a partir de 1950.



Fonte: SCHNITTER (1994).

LEGENDA

TE+ER – terra e enrocamento

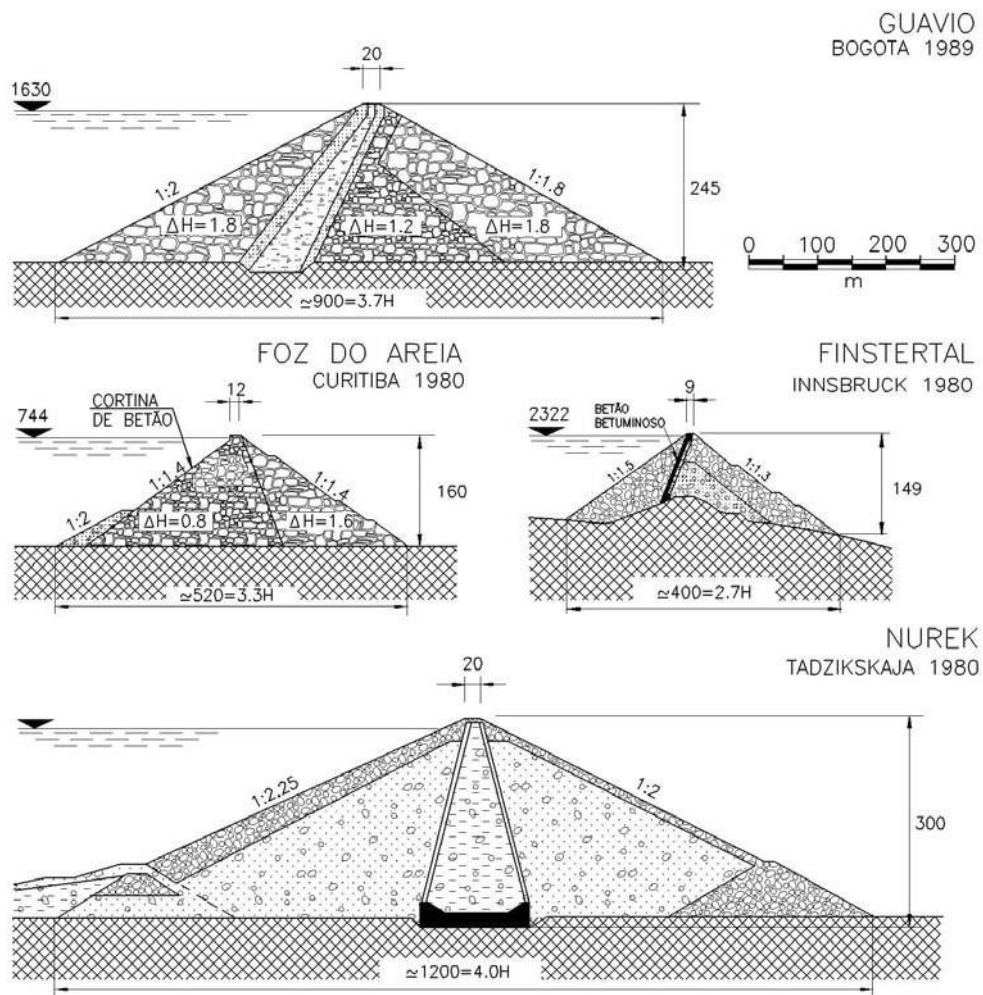
VA – Abóbada ou arqueada

PG + CB – gravidade e contrafortes

A Figura 13 apresenta a evolução do número de barramentos construídos

pelo período de tempo. Percebemos que grande parte das construções é de terra e enrocamento, mas há um número bastante elevado das edificações de barramentos de concretos, do tipo abóbada ou arqueada, há de ser considerados que estas são barragens de grande porte, com maciços chegando a 100 metros de altura.

Figura 14: Modelos de barragens mais altas do mundo por categorias.

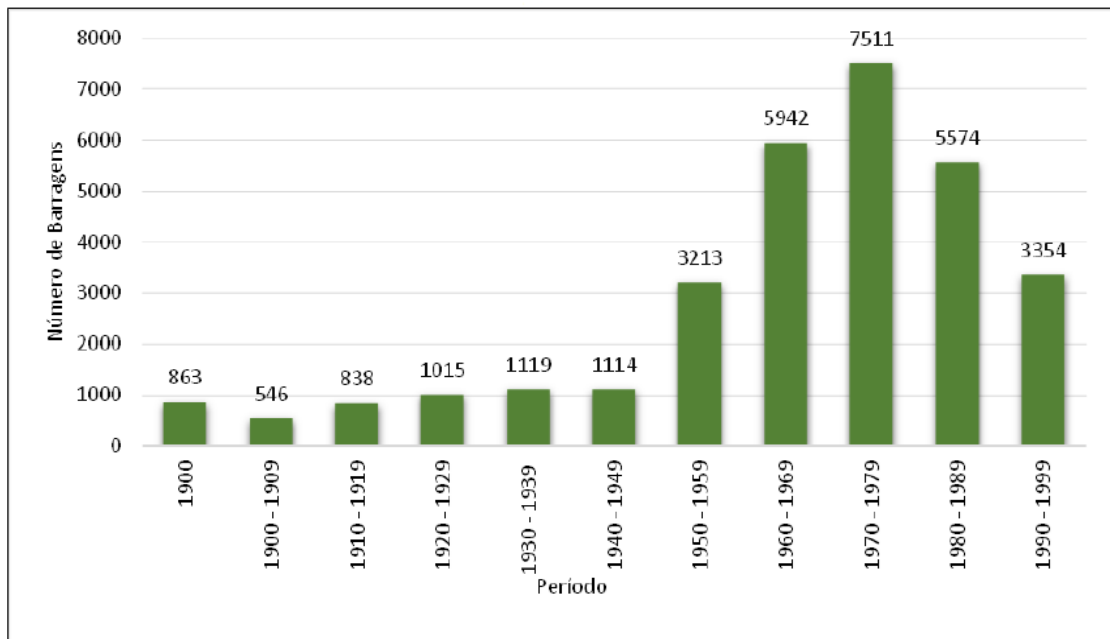


Fonte: SCHNITTER (1994)

O aumento populacional e as alterações graduais nos regimes pluviométricos fizeram com que o homem construísse barragens cada vez mais dimensionadas, com sua capacidade volumétrica maior, com a finalidade de dar uma melhor segurança hídrica a sociedade, a qual demanda por água. Nesse sentido, houve uma expansão na construção de grandes reservatórios. Na Figura 14, é possível

perceber os perfis dos principais tipos de barramentos feitos a partir dos anos 1950. É considerável que, com o aumento dimensional dos barramentos, houve o aumento de resoluções normativas, a fim de evitar ruptura e desastres no vale a jusante (PIMENTA, 2009).

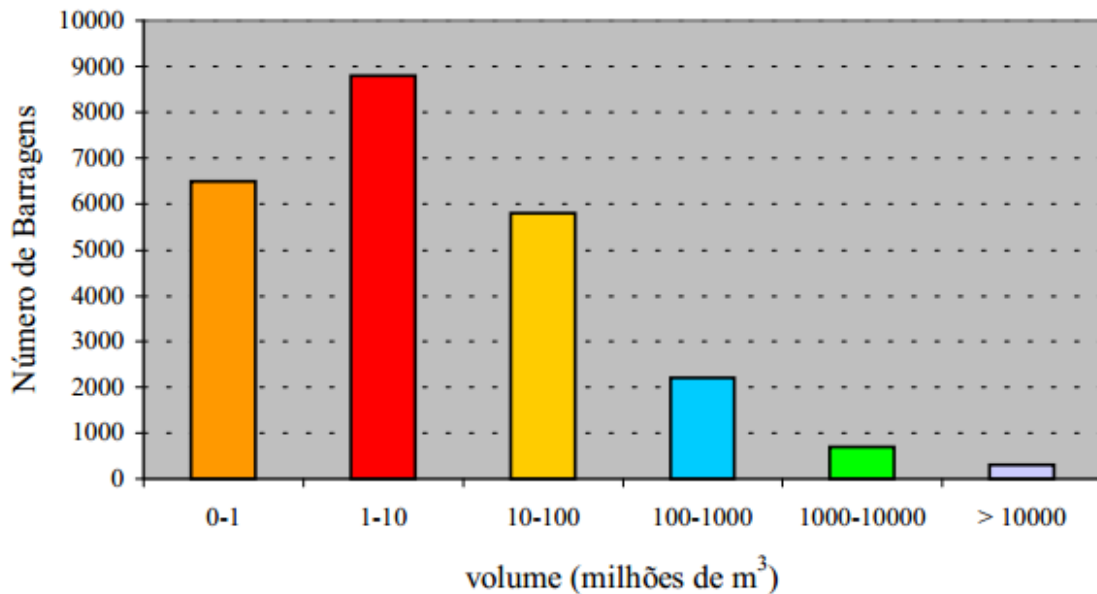
Figura 15: Número de barragens construídas por década.



Fonte: WILLIINGHOEFER (2015) *apud* SÓRIA (2008).

Na Figura 15 é possível perceber a evolução no número da construção de barragens ao longo das décadas no Século XX. Esse crescimento é atribuído ao uso de novas técnicas na construção, em virtude dos avanços tecnológicos da Engenharia. Foram catalogadas 31.089 barragens construídas no Século XX, com destaque para o pico entre o final da década de 1950 e o final dos anos 1970. O pico de três décadas gerou a construção de 16.666 barragens, com evidência para a década de 1970, com a edificação de 7.511 represas. Neste século, da década de 1980 a 1990 houve o decréscimo na construção, mas ainda assim nesse período foram erguidas 8.928 barragens. Neste sentido, é possível perceber o grande fomento na construção de barramentos no Século XX.

Figura 16: Distribuição mundial do volume dos reservatórios em milhões de m³.



Fonte: ZUFFO (2005).

Na Figura 16, Zuffo (2005) expõem o volume em milhões de m³ das barragens no nível mundial, e também coloca a quantidade de barramentos. Em destaque, a Figura 10 apresenta aproximadamente 9.000 barragens com a variação de 1 a 10 milhões de metros cúbicos e aproximadamente 1.000 barragens com capacidade entre 1.000 a 10.000 milhões de m³. Neste sentido, essas grandes barragens foram contempladas com a técnica de engenharia para grandes obras de represamento de água.

Diante disto, pode-se perceber que a construção de barragens em meio à evolução histórica das civilizações, contribuiu para o desenvolvimento das sociedades. Porém essas evoluções foram marcadas por sucessos e insucessos, assim contribuindo para o aprendizado, experiência e resiliência na temática de construção de barragens.

3.2. Política de açudagem no Nordeste

Segundo Campos (2014), é fato que a seca do Nordeste é um assunto muito debatido desde o Império. Neste período, houve a necessidade da aquisição de informações sobre o estado dos locais mais afetados pela estiagem. Assim, o Ceará

foi escolhido para ser sede das visitas de uma comissão formada por especialistas que iria avaliar a situação provocada pela seca.

Ao retornarem à sede do Império, a comissão de especialistas informou à administração central que era necessária a implementação de medidas de combate à seca, e uma delas era a construção de grandes infraestruturas hídricas.

Posteriormente, a Paraíba e o Rio Grande do Norte receberiam essas comissões, no final do Século XIX, para articularem a construção de açudes e barragens (SILVA, 2012). Conforme o autor, em 1879 a comissão de especialistas é desfeita. Com a instauração da República Velha, em 1889, a discussão da construção dos açudes é retomada.

Os administradores republicanos aderiram às análises feitas no período imperial. Porém, os republicanos não aderiram às comissões e sim à criação de instituições para estudar o Nordeste das secas e achar soluções. Desta maneira, em 1909, é criada a Inspetoria de Obras Contra as Secas (IOCS), instituição que representa o início institucionalizado da criação de políticas de enfrentamento à seca (CAMPOS, 2014).

Sendo a instituição pioneira nos estudos do Semiárido, o IOCS, no ano de 1919, através de decreto presidencial, passa a ser a Inspetoria Federal de Obras Contra as Secas (IFOCS) e em 1945 torna-se uma autarquia, Departamento Nacional de Obras Contra Secas (DNOCS).

Ao longo dos anos de atuação das instituições, mais estudos foram realizados nas principais áreas vulneráveis pela seca. Esses estudos seriam o norte para a reconfiguração do Nordeste no segmento da aquisição de obras estruturantes de reserva de água.

Com a criação da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), o discurso do planejamento nacional ganha robustez, e a política de materialização de obras hídricas de grande vulto ganham força, como solução para o problema da seca. A implantação de açudes seria a garantia da segurança hídrica por longos períodos de estiagem, sendo assim indispensáveis para o fomento social e econômico da região nordestina.

Destaca Campos (2014) que, para o desenvolvimento ser estabelecido é necessário o fornecimento ininterrupto de água, através de açudagem. Assim, esse

conjunto de obras é parte da criação de políticas estruturantes que visam o desenvolvimento social e econômico para as cidades e as zonas rurais.

Figura 17: Distribuição dos espelhos d'água de reservatórios artificiais com área superior a 20 ha.



Fonte: ANA (2011).

Na Figura 17 está o mapa das barragens no Brasil. É notório que, devido ao clima semiárido, a maior concentração desses equipamentos está no Nordeste brasileiro.

Em destaque aqui, exemplificamos a microrregião Seridó como palco das ações de construção de grandes barragens, como o Gargalheiras, em Acarí, e o Itans, em Caicó. Esses açudes receberam inovações técnicas da engenharia de barragens durante o período de 1909 e 1959 (SILVA, 2012).

Em suma, o problema da seca passa a ter meios inovadores no sentido de combatê-la, providos por meio da implementação de obras estruturantes que viabilizariam a segurança hídrica da população afetada pela estiagem.

3.3 Barragem Gargalheiras (Marechal Dutra)

Após a grande seca de 1877 a 1878, começaram as discussões de viabilização de obras estruturantes no semiárido, no sentido de mitigar os efeitos da estiagem. Neste sentido, no período de transição do regime imperial ao regime republicano no Brasil, instaurou-se uma Comissão de Açudagem e Irrigação. O intuito era realizar levantamentos e estudar as áreas mais afetadas pela seca, bem como fomentar a criação de mecanismos de “combate à seca” na época (SILVA, 2012).

Em 1907 a IOCS encaminha uma comissão de engenheiros ao Seridó para verificarem a possível potencialidade hídrica, que poderia ser aproveitada para a criação de barramentos. Em princípio, a água era aquilo que faltava para desenvolver a região seridoense, e evitar a migração para a capital do estado (SILVA, 2012).

Ao chegar ao município de Acari, grupo de engenheiros realizou levantamentos técnicos de aspectos humanos e ambientais, tais como avaliações da infraestrutura e socioeconômica da cidade, além de atividades desenvolvidas na cidade. Era preciso esse levantamento para saber qual era o perfil da população que iria trabalhar e auxiliar os engenheiros na construção da barragem Gargalheiras. Outros aspectos levantados foram acerca da geomorfologia, topografia, pedologia, hidrografia, hidrologia e geologia. Esses levantamentos foram extremamente importantes para saber qual o tipo de barragem e qual a dimensão da área que o espelho d'água iria ocupar. Pensando nisso também, a comissão foi avaliando as áreas que poderiam ser inundadas, para que o processo de desapropriação fosse implementado. Diante desses estudos, dava para ter uma ideia dos possíveis aproveitamentos da barragem, tanto do ponto de vista da perenização de culturas como a do algodão Mocó, fonte de renda da indústria local, como o abastecimento das cidades de Acari e Currais Novos (SILVA, 2012).

A alta necessidade de irrigação para culturas como a Maniçoba e o algodão Mocó, produtos primários que eram beneficiados na indústria local, fazendo girar a economia do município e do estado, deu início à intensificação do discurso da construção do Gargalheiras através das intervenções do Estado no semiárido, no intuito de combater as secas. Diante disso, destaca-se a importância da criação de

grandes obras hídricas, como reservatórios artificiais para suprir a falta de água e acabar com as consequências das longas estiagens (SILVA, 2012).

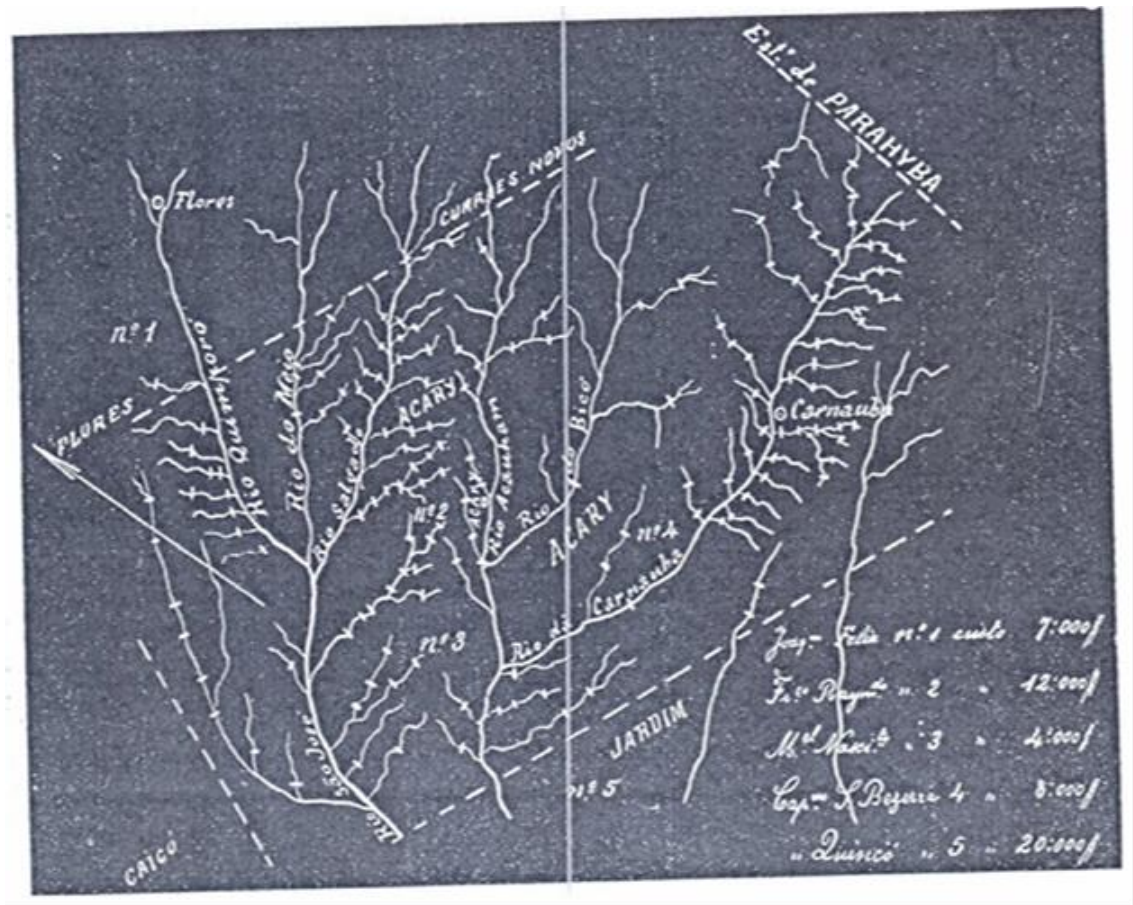
Com a institucionalização de fato da Comissão, em 1908, foi inicializada a era das grandes construções de barragens no Nordeste brasileiro. Em Acari toda tecnicidade e modernidade foram empregadas na construção da barragem Gargalheiras (SILVA, 2012).

Para reforçar ainda mais o pedido de construção da barragem, lideranças de Acari, influenciadas pelo clamor das pessoas pela falta de água, encaminharam uma carta ao governador do estado potiguar na época para interceder e mediar junto à administração central a vinda da obra do Gargalheiras (SILVA, 2012).

Em 1909 a Comissão retorna a Acari. Na comitiva iria o engenheiro Bernardo Piquet Carneiro, que apresentou novas justificativas técnicas e econômicas para a implantação da barragem no município. Devido à rica ramificação hidrográfica que circunda Acari, Bernardo Piquet Carneiro imaginava que, com a criação de um barramento, poderia ser formado um grande espelho d'água, que, atrelado às altas temperaturas locais, aumentaria a evaporação, podendo mudar a umidade local da cidade, bem como o clima do município (SILVA, 2012).

A Figura 18 denota a grandeza da rede hidrográfica que corta o município de Acari. A partir disso é notado o grande potencial para a criação de uma grande represa.

Figura 18: Delimitação dos cursos de água que banham o município de Acari/RN feita pelo engenheiro Bernardo Piquet Carneiro.



Fonte: Boletim do DNOCS (1959).

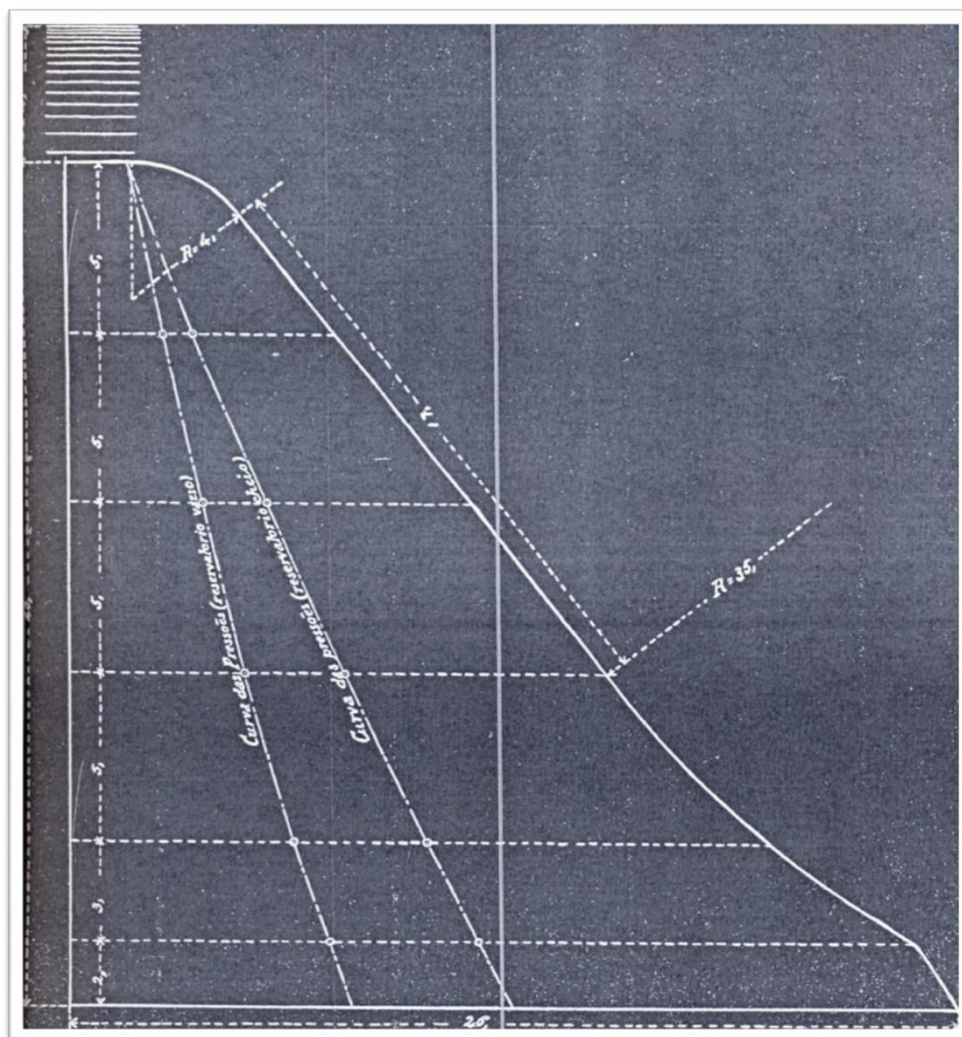
Diante desse alto potencial hídrico, devido às características da geomorfologia local, a comissão do IOCS definiu que em Acari seria construída uma grande barragem em decorrência das vantagens geográficas do território. Com sua nascente no Planalto da Borborema, na Paraíba, o Rio Acauã, com extensão de 121 km, percorre parte do município de Acari. A geomorfologia molda o curso do Rio Acauã: o rio passa entre as Serras do Cruzeiro e Cambucas, no formato de vale, sendo denominado de boqueirão, ou gargalo, e daí a origem do nome da barragem ser Gargalheiras. O gargalo entre as serras seria o lugar ideal para a edificação da parede do açude. As serras formadas por granitos, rocha maciça e resistente suportariam as fundações de concreto armado da estrutura (SILVA, 2012).

Entre várias tentativas de construção da barragem, foi construída uma menor, porém antes de sua conclusão uma cheia no Acauã carregou a parede de 10 metros de altura. Na tentativa de pleitear recursos para a criação do atual Gargalheiras, a barragem foi batizada com o nome do então presidente da República durante a

Ditadura Militar, o Marechal Eurico Gaspar Dutra. Daí a facilidade na vinda dos recursos para construção do açude Gargalheiras (SILVA, 2012).

A Figura 19 mostra a parte do projeto realizado pelo engenheiro José Ayres de Souza, com as dimensões do barramento de alvenaria e o vertedouro de soleira livre, que seria edificado no boqueirão do Gargalheiras.

Figura 19: Primeira planta do projeto do maciço da barragem Gargalheiras em 1908.



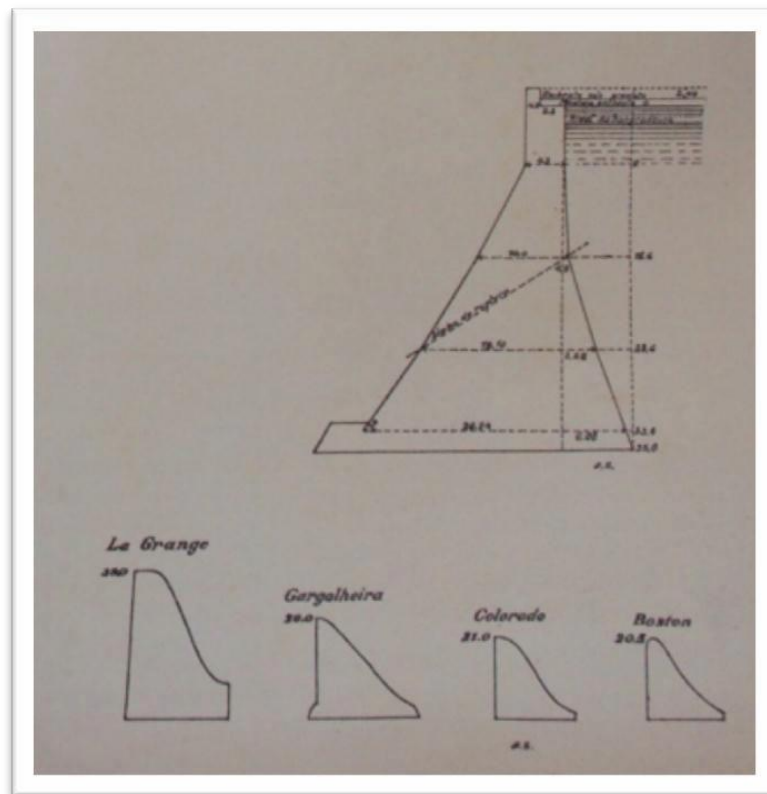
Fonte: Boletim DNOCS (1959).

A barragem foi projetada pela empreiteira inglesa Charles H. Walker & Co Ltda., que usou toda tecnologia da época na construção de grandes barragens. A barragem Gargalheiras seria projetada nos mesmos padrões de barragens feitas nos Estados Unidos e na Índia. Os materiais usados foram confeccionados no local, as

rochas de granitos do local serviram para construção da parede da barragem, bem como a areia advinda de um riacho próximo a obra. Como o Rio Grande do Norte não possuía fábricas de cimento, o cimento “Zebu” era trazido da Paraíba por meio de estradas de ferro até o canteiro da obra (SILVA, 2012).

O projeto feito pela empreiteira inglesa seguia o padrão internacional de construção de grandes reservatórios em vales da época. A Figura 20 mostra a comparação do projeto da barragem Gargalheiras com outras barragens, como a La Grange, na França, e outras em Boston e no Colorado, nos EUA (SILVA, 2012).

Figura 20: Perfil do projeto do Gargalheiras em comparação a outras barragens.

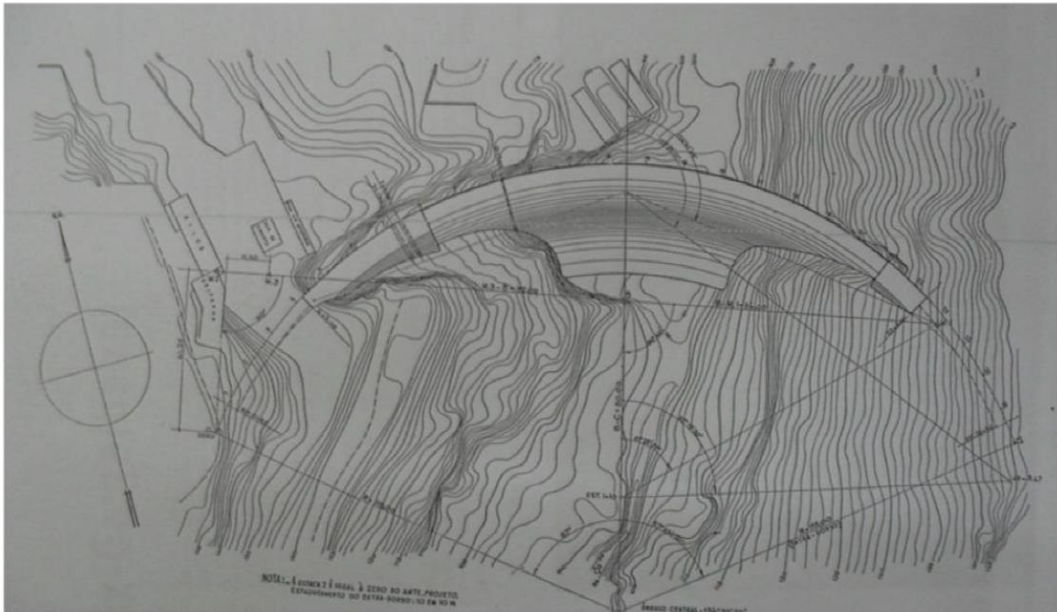


Fonte: SILVA (2012) apud. HCURb.

Com base nos modelos de barragens construídos, foram feitos cálculos para verificar a viabilidade da construção de uma barragem do tipo Arco-gravidade no vale, com grande vazão em épocas de cheias. O Rio Acauã foi motivo de estudos para a instalação de uma pequena central hidrelétrica.

A Figura 21 apresenta a magnitude das dimensões do barramento no vale do Rio Acauã, com destaque para as isolinas das cotas topográficas do terreno. É constatável pelas cotas que, de fato, o maciço seria edificado em um vale profundo, com desníveis abruptos da altimetria.

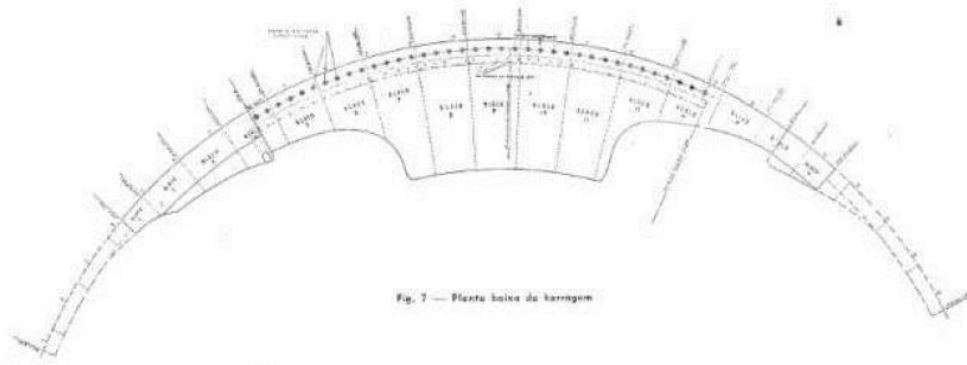
Figura 21: Projeto da barragem do Gargalheiras no rio Acauã



Fonte: Boletim DNOCS (1959).

Na Figura 22 é possível perceber o tipo de maciço que foi adotado como modelo para a construção do Gargalheiras. Devido às características geográficas foi optado o tipo arco-gravidade. Na imagem percebemos o formato arqueado com as ombreiras que seriam fundadas em rochas cristalinas dos batólitos graníticos de Acari.

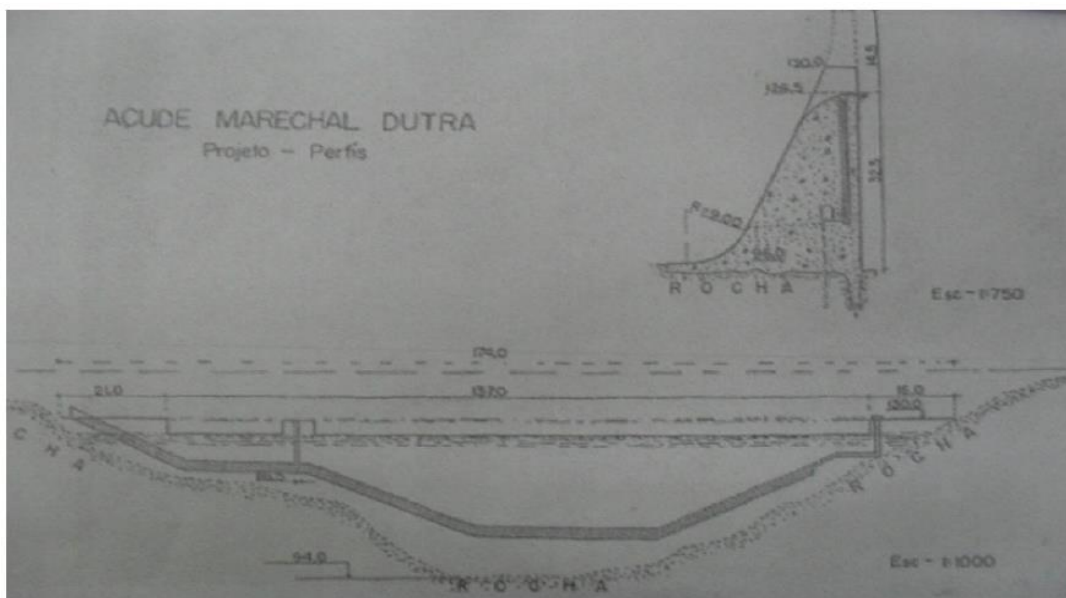
Figura 22: Vista de cima do projeto da barragem Gargalheiras.



Fonte: Boletim DNOCS (1959).

A Figura 23 apresenta o dimensionamento do projeto da barragem Gargalheiras, bem como o desnivelamento das ombreiras na rocha, como visto na parte superior direita da imagem o vertedouro sem controle, de soleira livre.

Figura 23: Dimensões da barragem



Fonte: Boletim DNOCS (1959)

Vale ressaltar que no ano de 1955 as obras são assumidas pelo 1º Batalhão de Engenharia Militar do Exército Brasileiro, e todas as especificações da obra estava pautadas nos parametros da Comissão Internacional de Segurança de Barragens (SILVA, 2012).

A união da técnica advinda das empresas americanas e inglesas que atuaram no projeto da barragem, com a logística operacional do Exército Brasileiro resultaram na contratação de 400 operários que trabalharam para o sucesso da obra durante os anos de 1955 a 1958 (SILVA, 2012).

Todo o aparato técnico foi empregado na obra: perfuratrizes, guindastes, betoneiras, dinamite, caminhões, tratores enchedeiras, caçambas, compressões, vagonetas, britador e peneiras rotativas. Além disso no canteiro de obra tinha um laboratório para ensaios do concreto (SILVA, 2012).

Abaixo, a Figura 24 mostra o aparato técnico empregado na obra, com a função de efetuar levantamentos na topografia na bacia do Rio Acauã e adjacências. Percebemos toda a métrica, precisão e modernidade posta na construção.

Figura 24: Estudos topográficos no canteiro de obras.



Fonte: Silva (2012).

A Figura 25 apresenta a robustez do maquinário usado no transporte de materiais e nas escavações. Caçambas e tratores de esteiras faziam parte da frota.

Figura 25: Máquinas de transporte de cargas.



Fonte: Silva (2012).

A Figura 26 mostra a grandiosidade dos equipamentos usados na obras, como grandes guindastes, cabos e roldanas que transportavam materiais por cima da parede do açude. Perfuratrizes inglesas foram usadas nas perfurações para dar lugar às fundações da base do maciço.

Figura 26: Guindastes e perfuratrizes usados durante as obras.



Fonte: Noelia (2018) e Silva (2012).

A figura 27 mostra a visão panorâmica do canteiro de obra. Nela percebe-se o andamento da construção do maciço; feito em etapas, as estruturas eram de concreto armado tendo os blocos encaixados.

Figura 27: Visão panorâmica do canteiro de obra.



Fonte: Silva (2012) e Noelia (2018).

No Quadro 6, abaixo, é possível perceber o montante de dinheiro que foi destinado nas fases de projeto e construção da barragem Gargalheiras, em dois períodos: sob administração do Departamento Nacional de Obras Contra Seca e, posteriormente, o 1º Grupamento de Engenharia de Construção assumiu e finalizou a obra.

Quadro 6: Despesas por período empregadas na construção da barragem de Gargalheiras.

| Órgão | Período | Valor (Cr\$) |
|--------------------------------------|---------------------|----------------------|
| DNOCS | 1913 - 1918 | 101.343,00 |
| DNOCS | 1952 - Abr 1955 | 16.145.443,40 |
| 1º GEC | Mai 1955 - Dez 1958 | 78.831.476,70 |
| Soma | | 95.078.263,10 |
| Patrimônio no canteiro de obras | | 19.896.122,77 |
| Custo real da obra | | 73.182.640,20 |
| Custo por m ³ da barragem | | 2.271,90 |

Fonte: Silva (2012).

O Quadro 7 apresenta as quantidades de materiais alocados por categorias no canteiro de obra. Podemos perceber as grandes quantias de insumos em diversas ordens de grandezas.

Quadro 7: Quantidade de materias usados ou realocados na obra.

| Trabalhos executados | Quantidade |
|--|-----------------------|
| Escavação e transporte de areia | 50.659 m ³ |
| Desmatamento na bacia hidráulica | 1.106 há |
| Injeções de cimento | 30.540 kg |
| Provas de ensaios de permeabilidade | 556 |
| Perfuração para drenos | 305 m |
| Perfuração para injeção de cimento | 1.048 m |
| Preparo de formas para concretagem | 10.775 m ² |
| Perfuração mecânica | 23.184 m ³ |
| Concretagem | 32.212 m ³ |
| Escavação de rocha compactada | 830 m ³ |
| Escavação de rocha decomposta | 1.434 m ² |
| Escavação de areia e demolição e blocos de pedra | 11.733 m ³ |

Fonte: Silva (2012).

O Quadro 8 apresenta as dimensões e informações técnicas da barragem Gargalheiras (Marechal Dutra), quanto às cotas, tipo de barragem, tipo de vertedouro, dentre outras informações, como proprietário e capacidade de armazenamento.

Quadro 8: Informações técnicas da barragem.

| COMPONENTES | CARACTERÍSTICAS |
|---|---|
| Nome da Barragem | Gargalheiras (Marechal Dutra) |
| Localização | 06° 21' 11" S; 36° 36' 16" E |
| Entidade Responsável pela Construção | DNOCS |
| Empresa Contratada para a Construção | 1º BEC |
| Proprietário | DNOCS |
| Outorga ANA | Res. nº 396/2014 |
| Código ANA | 55 |
| Início Construção | 1956 |
| Término da Construção | 1958 |
| Inauguração | 1959 |
| Bacia hidrográfica | Piancó-Piranhas-Açu |
| Curso barrado | Rio Acauã |
| Finalidade | Abastecimento / Irrigação / Piscicultura/ Perenização do rio |
| Capacidade do reservatório | 44.000.000 m³ |
| Área da Bacia Hidráulica | 780,0 ha |
| Área inundada | 1.200 ha |
| Cota da crista | 304 m |
| Tipo de barragem | Arco Gravidade Cilíndrico em Concreto |
| Altura da barragem | 26,5 m |
| Extensão do Coroamento | 174m (180m) |
| Largura do Coroamento | 1,50 m |
| Tipo do Vertedouro | Perfil Creager, com soleira livre, sobre o corpo do maciço |
| Extensão do Vertedouro | 150,0 m |
| Cota da Soleira Cota da Soleira Vertente | 298,77 m |
| Perfil de lâmina aderente sobre o vertedouro | 2,80 m |
| Profundidade máxima | 26,5 m |
| Altura acima das fundações | 32,5 m |

Fonte: Elaborado pelo autor com base em SILVA (2012) e ANA (2015).

Entre idas e vindas sobre o debate e a própria consolidação da construção, é possível notar, no decorrer do tempo, o quanto foi longo o processo de construção e finalização da barragem Gargalheiras. Com todas as dificuldades da severidade do canteiro de obras, do clima e das dificuldades de logística, em 1958 a obra estava pronta. Em 1959 a barragem finalmente foi inaugurada para a alegria da população acariense e dos operários da obra.

A Figura 28 apresenta a finalização e inauguração da barragem Gargalheiras, batizada no dia da inauguração de Eurico Gaspar Dutra (Marechal Dutra). Sua imponência faraônica em meio ao sertão acariense despertava a atenção de populares que foram assistir de perto a inauguração da obra.

Figura 28: Inauguração da barragem em 1959.



Fonte: Boletim DNOCS (1959) *apud* Silva (2012).

Em suma, a barragem passa por vários momentos em que diferentes instituições trabalham na sua construção. Portanto, em 1909 a planta do projeto é repassada do engenheiro Ayres de Souza para Piquet Carneiro; em 1913 a empresa Saboya de Albuquerque assume o andamento dos projetos; em 1922 a firma inglesa Walker toma os trabalhos; em 1950 o DNOCS assume a operação da obra; e em 1955 o 1º Grupamento de Engenharia de Construção torna-se responsável pela obra.

Durante o último período da construção da barragem, entre 1955 a 1958 a dinâmica espacial da comunidade Gargalheiras foi reconfigurada, com a presença da modernidade que chegava a Acari. A construção do Gargalheiras definitivamente mudaria e mudou todo o território acariense, bem como foi motivo de alegria para Currais Novos que seria abastecido pelas águas do novo açude.

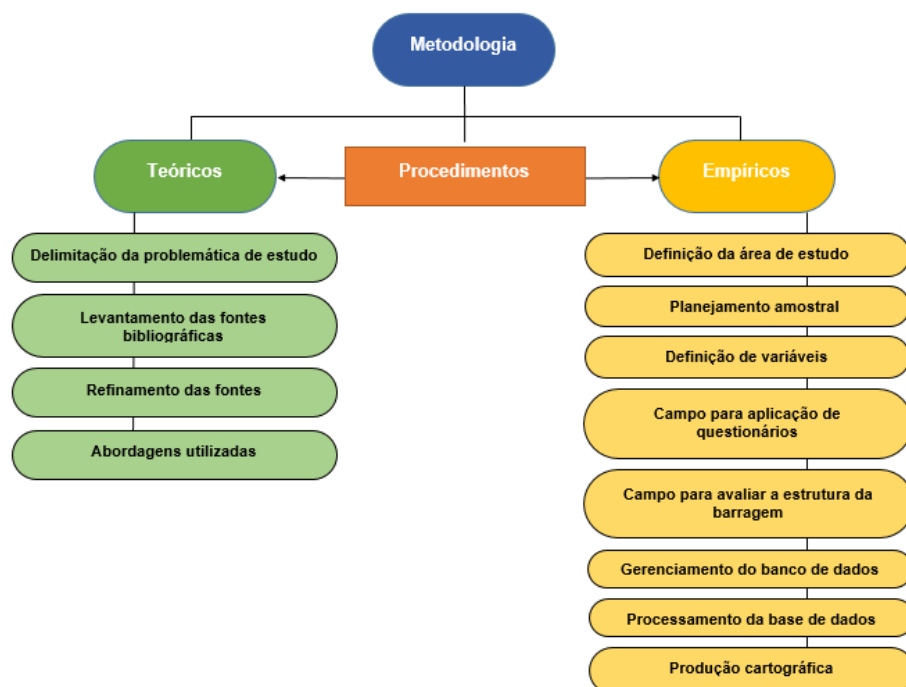
4 METODOLOGIA

No intuito de delimitar os mecanismos metodológicos da temática do risco, foi escolhido o Risco Tecnológico como balizador para a discussão do assunto segurança de barragem. Na perspectiva geográfica, foi escolhido em consórcio ao tema de segurança de barragem o objeto da percepção da população em face a essa problemática.

Para a confecção desse trabalho foi necessária a operacionalização dos trabalhos, na divisão da pesquisa em estudos teóricos e empíricos, os quais estão descritos no quadro a seguir.

A Figura 29 representa o fluxograma esquemático de todos os procedimentos realizados na pesquisa, considerando-os como grandes grupos, nestes contidos subtemas mais específicos de cada processo da metodologia.

Figura 29: Fluxograma com os procedimentos metodológicos.



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Os procedimentos deste trabalho foram divididos em procedimentos teóricos e empíricos, os quais, relacionados, deram base para fundamentar e operacionalizar todos os processos da pesquisa, da delimitação da problemática até os resultados finais.

4.1 Procedimentos teóricos

Em primeiro lugar, delimitamos a temática do estudo devido à falta de estudos no estado potiguar, à magnitude da rede de barragens espalhadas no estado potiguar. Com acesso a informações por meio de ofício protocolado junto a ANA, foi obtido acesso aos últimos relatórios de vistoria e segurança da barragem Gargalheiras (Marechal Dutra), o qual apresentou algumas anomalias estruturais no barramento.

Sabendo que as barragens de acumulação de água no Rio Grande do Norte, são estruturas antigas, sem manutenção, isso ligado à grande quantidade de rupturas de barragens no mundo e no Brasil, despertou-se o interesse pela elaboração da pesquisa, tendo em vista que o impacto da onda de cheia pode arrasar as comunidades a jusante das barragens, causando perdas materiais, humanas e ambientais. Assim, foram consultadas fontes em jornais, depoimentos e publicações sobre o tema em sítios de órgãos públicos e periódicos para subsidiar a pesquisa.

Após a delimitação da temática estudada, foi feito o recorte bibliográfico dos principais assuntos abordados. Foi empregada a teoria do Risco, em específico o Risco Tecnológico. Para isso, usou-se como referências os trabalhos de Almeida (2010), Veyret (2007), Lieber & Lieber (2005), Cutter (1993), Blaikie, et al. (1994), Quarantelli (1998), Macedo (2015) e Medeiros (2014), os quais nortearam também as discussões de vulnerabilidade, desastre e perigo.

Para amparar a argumentação relacionada à Segurança de Barragens, especificamente ao risco de ruptura em barragens de concreto, utilizou-se como base as pesquisas de Pimenta (2009), Zuffo (2005), Jansen (1983), Vianna (2015), Willinghamoefler (2015), Lauriano (2009). Diante da gama de trabalhos nessa temática

escolhemos a abordagem de Kuperman & Re (2003) para a formulação das análises da barragem em específico, tendo em vista que essa abordagem utiliza variáveis que podem ser abordadas pela Geografia, com base em relatórios técnicos e avaliações *in locu*. Assim descrito abaixo, o Índice Comportamental da Barragem como o produto do Estado Real da Barragem pelo Perigo Potencial, esses somados com valores pré-definidos pelos autores.

O Quadro 9 representa o Perigo Potencial empregado por uma ruptura hipotética de uma barragem. Enquadra-se nas classificações nove variáveis, as quais possuem pesos diferentes que foram atribuídos conforme a realidade da barragem estudada. Essas variáveis estão ligadas às possíveis consequências que uma onda de cheia poderia causar.

Quadro 9: Perigo Potencial.

| Importancia da Barragem para ANA | Dimensão da Barragem | Volume de Água Armazenada | Impacto A Jusante | | | Tipo de Barragem | Órgão Vertente | Vazão do Projeto |
|----------------------------------|----------------------|---------------------------|-------------------|-------------|-------------|------------------|---------------------------------|--|
| | | | Social | Ambiental | Econômico | | | |
| Pequena (10) | Pequena (10) | Baixo (5) | Baixo (10) | Baixo (10) | Baixo (5) | Concreto (12) | De superfície sem controle (15) | VP ou 1000 < TOc < 10000 (20) |
| Média (8) | | Pequeno (4) | Pequeno (8) | Pequeno (8) | Pequeno (4) | | | |
| Significativa (6) | Média (6) | Médio (3) | Médio (6) | Médio (3) | Médio (3) | Enrocamento (12) | De superfície com controle | 100 < TOc < 1000 (12) |
| Grande (4) | | Grande (4) | | | | | | |
| Elevada (2) | Grande (2) | Elevado (1) | Grande (0) | Grande (0) | Grande (0) | Terra (8) | De fundo (5) | TOc < 100 ou desconhecido ou calculado a mais de 20 anos (2) |

Fonte: Elaborado pelo autor com base em de Kuperman & Re (2003).

O Quadro 10 faz referência ao Estado Real da Barragem. Essas categorias de análise estão voltadas para a parte estrutural do barramento, dividida em 7 variáveis, também apresenta pesos conforme podem ser atribuídos diante da realidade do barramento.

Quadro 10: Estado Real da Barragem.

| Informações de Projeto | Frequência na Avaliação do Comportamento | Percolação | Deformações | Nível de Deteriorização de Paramentos ou Taludes | Erosão a Jusante | Condição dos Equipamentos dos Descarregadores |
|------------------------|--|--|--|--|----------------------------|---|
| Completas (5) | Adequada (10) | Conforme prevista em projeto ou inesistente (20) | Conforme prevista em projeto ou inesistente (20) | Mínimo ou inesistente (15) | Mínimo ou inesistente (15) | Boa (15) |
| Parciais (4) | Razoável (6) | Fora do previsto as não crítica (15) | Fora do previsto as não crítica (15) | Baixo (12) | Poucas (12) | Razoável (8) |
| | | | | Moderado (6) | Moderadas (6) | |
| Incompletas (2) | Inadequada (2) | Crítica (5) | Crítica (5) | Alto (4) | Elevadas (4) | Ruim (6) |
| Inexistentes (0) | Nenhuma (0) | Desconhecida (0) | Desconhecida (0) | Excessivo (3) | Significativas (3) | Inoperantes ou sem registros (3) |

Fonte: Elaborado pelo autor com base em de Kuperman & Re (2003).

Abaixo, o Quadro 11 denota o cálculo para achar o Índice de comportamento da barragem.

Quadro 11: Índice de comportamento.

| |
|--|
| Cálculo do Índice de comportamento da barragem |
| $IC = (0,4 * PP) + (0,6 * ERB)$ |

Fonte: Elaborado pelo autor com base em de Kuperman & Re (2003).

O Quadro 12 coloca as categorias do comportamento da barragem conforme os intervalos do Índice de comportamento da barragem.

Quadro 12: Categorias do Índice.

| ÍNDICE | COMPORTAMENTO |
|-------------------|---------------|
| $IC > 70$ | Normalidade |
| $70 \geq IC > 60$ | Atenção |
| $60 \geq IC > 50$ | Alerta |
| $IC \leq 50$ | Emergência |

Fonte: Elaborado pelo autor com base em de Kuperman & Re (2003).

Em face disso, utilizamos as concepções de Zanella (2009) para discutir a percepção da população exposta ao risco de ruptura da barragem, considerando a subjetividade das relações, ações e convivência das pessoas com o território.

Para tratar da temática de gerenciamento de riscos em barragens, a Lei nº 12.334 de 2010 que Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens, bem como as Leis nº 9.433 de 1997 a “Lei das águas”, a Lei nº 12.608 de 2012 institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil, Decreto nº 16.038 de 2002 institui o Regulamento Geral do Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio Grande do Norte, Portaria Estadual nº 10 de 2017 Estabelece o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento do Plano de Segurança da Barragem, das Inspeções de Segurança Regular e Especial, da Revisão Periódica de Segurança de Barragem, do Plano de Ação de Emergência e a qualificação dos responsáveis técnicos e a periodicidade de execução destas atividades.

4.2 Procedimentos Empíricos

Foi definida como área de estudo a barragem Gargalheiras, localizada no município de Acari/RN, bem como os setores censitários nas adjacências do Rio Acauã, no trecho urbano a jusante da barragem. Essa escolha tomou como base o relatório da ANA (2015), que relatava presença de patologias na estrutura do maciço Gargalheiras, a importância da barragem para o Seridó, e o risco empregado à população à jusante.

Ao consultar o IBGE – Sinopse Setores Censitários, localizamos na cartografia digital do sítio do órgão e definimos a quantidade de 6 setores (Quadro 13), que, possivelmente, poderiam ser afetados por uma onda de cheia em caso de ruptura do Gargalheiras.

Quadro 13: Identificação dos setores censitários.

| Cód. IBGE | Setores |
|------------------|----------------|
| 240010905000013 | 1 |
| 240010905000025 | 2 |
| 240010905000026 | 3 |
| 240010905000007 | 4 |
| 240010905000027 | 5 |
| 240010905000001 | 6 |

Fonte: Elaborado pelo autor com base no IBGE – Sinopse Setores Censitários (2017).

O Quadro 14 apresenta a conversão atribuída do código do setor censitário dado pelo IBGE, para a enumeração do autor deste trabalho, levando em conta o critério de ficar mais didática a leitura.

Para efetuar os procedimentos estatísticos foram extraídos dados secundários do banco de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, que serviram para fazer os cálculos para determinar a taxa de crescimento do Município de Acari/RN, e, após isso, foi feita uma projeção geométrica, e em seguida, a interpolação para cada setor da área de estudo. Na sequência aplicou-se o cálculo para saber o número de questionários que deveriam ser aplicados em cada setor censitário. Para esses procedimentos foram usados os trabalhos de Crespo (2002) e Barbetta (2002), que nortearam os processos.

Variáveis já obtidas no pré-cálculo:

Ano inicial = 2010 (censo)

Ano final = 2017 (ano completo anterior à data da pesquisa)

$E^2 = 0,04$ (o erro considerável pelo padrão internacional é de 4%)

$P_n 2017 = 11.333$ (população de Acari atual)

$P_0 2010 = 11.035$ (população de Acari no censo 2010)

$n = \text{ano final} - \text{ano inicial} \Rightarrow n = 2017 - 2010 = 7$

População do setor censitário 1 (240010905000013) em 2010 = 928

Após ter o conhecimento prévio das variáveis supracitadas, aplicou-se o passo a passo.

Primeiro, deve-se calcular o (r) que representa a taxa de crescimento do município de Acari. Para isso aplicou-se a fórmula:

$$r = \left[\frac{P_n}{P_0} \right]^{1/n} - 1$$

$$r = [(11.333)/(11.035)]^{(1/7)} - 1$$

$$r = [(11.333)^{(1/7)} / (11.035)^{(1/7)}] - 1$$

$$r = [(3,7948) / (3,7804)] - 1$$

$$r = [1,0038] - 1$$

$$r = 0,0038$$

Em porcentagem, a taxa pode ser multiplicada por 100:

$$\text{Taxa} = 0,0038 * 100$$

$$\text{Taxa} = 0,38 \% \text{ (taxa de crescimento do município de Acari)}$$

Na sequência, aplicaremos a fórmula da projeção geométrica para calcular a população atual do Setor 1, que é 240010905000013. O cálculo é dado pela seguinte fórmula:

$$P_n = P_0(1 + r)^n$$

$$P_n \text{ Setor 2017} = P_0 \text{ Setor 2010} * (1 + r)^n$$

$$P_n = 928 * (1 + 0,0038)^{(7)}$$

$$P_n = 928 * (1,0038)^{(7)}$$

$$P_n = 928 * 1,0269$$

$$P_n = 952,92$$

$$P_n = 953$$

Após esse procedimento, o erro aceitável deve ser calculado, com base em conversões internacionais. Atribuímos a taxa do erro tolerável de 4% (0,04). A equação é dada pela seguinte fórmula:

$$n^{\circ} = 1/(E0)^{(2)}$$

$$n^{\circ} = 1/0,04$$

$$n^{\circ} = 25$$

Depois, faremos o refinamento da amostra, com a seguinte fórmula:

$$n^{\circ} = \text{Erro aceitável}, 25.$$

N = número já projetado para o setor 1 (240010905000013), 953 pessoas.

$$n = (N * n^{\circ}) / (N + n^{\circ})$$

$$n = (953 * 25) / (953 + 25)$$

$$n = 23825 / 978$$

$$n = 24,36$$

$$n = 24 \text{ (número da amostra para o Setor 1)}$$

De maneira análoga obtivemos os resultados para os demais setores da área de estudo, assim representado pelo Quadro 14, a seguir.

Quadro 14: informações de projeção populacional e número amostras por cada setor.

| Cód. IBGE | Setores | População observada em 2010 | População estimada para 2017 | Amostra |
|-----------------|---------|-----------------------------|------------------------------|---------|
| 240010905000013 | 1 | 928 | 953 | 24 |
| 240010905000025 | 2 | 161 | 165 | 22 |
| 240010905000026 | 3 | 239 | 245 | 23 |
| 240010905000007 | 4 | 791 | 812 | 24 |
| 240010905000027 | 5 | 493 | 506 | 24 |
| 240010905000001 | 6 | 276 | 283 | 23 |

Fonte: Elaborado pelo autor com base em IBGE (2010).

A figura acima representa a projeção populacional e a quantidade de amostra por cada setor censitário. No total o universo amostral contou com 140 amostras.

Com relação às escolhas das variáveis de percepção, utilizamos o trabalho de Zanella (2009), para entender as concepções de percepção e elencar as perguntas do questionário. No total foram formuladas 34 variáveis, divididas em 5 grupos. Geral, contemplando informações sociodemográficas; Lembrança do Risco, que contempla a memória das pessoas da última inundação; Pré-Impacto, referentes as ações antes do desastre; Impacto, com as variáveis referentes à fase da iminência do desastre; e Atenuação, referente ao pós-desastre, às medidas de resposta e mitigação do impacto.

Para a aplicação dos questionários, a equipe contou com quatro recenseadores que deslocaram-se até o município de Acari, com recursos próprios, tendo em vista o não custeio das diárias pela UFRN devido à falta de receita. Já no município os recenseadores contaram com o apoio logístico da Secretaria Municipal de Educação de Acari, a qual deixou um veículo Fiat Siena e um motorista à disposição da equipe em tempo integral, durante os dois dias de aplicação dos questionários, 11 e 12 de maio de 2018.

No campo, 126 amostras foram coletadas, devido ao fato de casas estarem fechadas. Escolhemos como parâmetro da aplicação dos questionários a rua principal do setor censitário. Caso na rua principal do setor censitário não se conseguisse aplicar todos os questionários, esses passariam a ser aplicados na segunda e terceira ruas principais do setor censitário.

O Quadro 15 remete ao questionário aplicado junto à amostra nos 6 setores censitários da área de estudo. O questionário levou em conta a média de aproximadamente 5 minutos para sua aplicação e teve boa aceitação da comunidade local, tendo em vista a preocupação da população com o tema estudado.

Quadro 15: Questionário categorizado.

| QUESTIONÁRIO DE CAMPO | | |
|---|--------------|---|
| GERAL | | |
| 0.0 - Data | ___/___/2018 | 0.2 Código/Setor _____/_____ 0.3 Pesquisador: |
| 0.1 - Idade do entrevistado: ____ anos | | |
| 0.2 – Grau de parentesco com o chefe da família: chefe da família () Cônjuge () Filho () Pai, Mãe () Irmão, Irmã () Outro () | | |
| 0.3 - Escolaridade do chefe da família: Nunca estudou (1), sabe ler e escrever (2) Ensino Fundamental incompleto (3), Ensino Fundamental completo (4) Ensino Médio incompleto (5) Ensino Médio completo (6) Graduação (7) Pós-graduação (8) | | |
| 0.4 – Quantidade de mulheres na casa: | | |
| 0.5 – Quantidade de homens na casa: | | |
| 0.6 – Total de pessoas na casa: | | |
| 0.7 - Somando a sua renda com a renda das pessoas que moram com você, quanto é aproximadamente a renda mensal familiar na residência: () Nenhuma () Até 1 salário mínimo () De 1 a 3 salários mínimo () De 3 a 6 salários mínimo () De 6 a mais. | | |
| 0.8 - Existe alguém no domicílio que tenha alguma necessidade especial? SIM () / NÃO () | | |
| 0.9 - A casa que você mora é: () Própria () Alugada () Cedida () Outro | | |
| 10 - A sua casa passou por algum tipo de reforma nos últimos anos? SIM () / NÃO () | | |
| 11 - Na sua casa possui água tratada? SIM () / NÃO () | | |
| 12 - Na sua rua possui coleta de lixo? SIM () / NÃO () | | |
| 13 - Você sabe o que é uma Área de Preservação Permanente? SIM () / NÃO () | | |
| 14 - Por qual motivo você construiu a casa nesta área? () Terreno mais barato () Posse () Conj. Prefeitura () Mais perto do centro () perto da família/amigos () Outros | | |
| LEMBRANÇA DO RISCO | | |
| 15 - Você se lembra da última inundação na cidade? SIM () / NÃO () | | |
| 16 - Você se lembra de ter havido algum dano na última cheia? SIM () / NÃO () | | |
| PERCEPÇÃO AO RISCO | | |
| 17 - Você se sente seguro ao morar perto da margem do rio? SIM () / NÃO () | | |
| 18 - Em algum momento você já pensou na possibilidade do rompimento da barragem Gargalheiras SIM () NÃO () | | |
| PRÉ-IMPACTO | | |
| 19 - Você acredita que haja monitoramento ou manutenção regularmente na barragem Gargalheiras: SIM () NÃO () | | |
| 20 – Em caso de ruptura da barragem, qual seria a melhor forma de aviso para evacuação? () Facebook () WhatsApp () Telefone () Sino da Igreja () Rádio local () Rádio difusora () Carro de som () Sirenes de alerta () boca a boca | | |
| 21 – Caso ocorra alguma inundação e você precise evacuar sua casa, você sua família iriam para onde? () Vizinho () Amigos () Parentes () Abrigo público () Lugar nenhum | | |
| IMPACTO | | |
| 22 - A quem você avisaria, no sentido de ajudar na evacuação, em caso do estouro da barragem? () Vizinhos () Amigos () Parentes () Prefeitura () CBM () DC () SAMU () Rádio local () Igreja | | |
| 23 - Por qual meio você avisaria a outras pessoas em caso de ruptura de barragem? () Facebook () WhatsApp () Grito () Telefone () Radioamador | | |
| 24 - Na casa possui alguém com algum tipo de treinamento de situações de emergência? SIM () / NÃO () | | |
| ATENUAÇÃO | | |
| 25 – No seu bairro tem líder comunitário? SIM () / NÃO () | | |
| 26 - Você conhece o líder comunitário da sua comunidade? SIM () / NÃO () | | |
| 27 - Você já foi a alguma reunião comunitária? SIM () / NÃO () | | |
| 28 - Você sabe a quem procurar em caso de perdas materiais e humanas em caso de da inundação provocada pela ruptura da barragem? SIM () / NÃO () | | |
| 29 – Você sabe o que é a Defesa Civil? SIM () / NÃO () | | |
| 30 - Você tem seguro dos seus bens e/ou vida? SIM () NÃO () | | |
| 31 - Você recebe algum auxílio do governo? SIM () NÃO () | | |
| 32 - Você possui algum outro imóvel? SIM () / NÃO () | | |
| 33 - Na sua casa possui algum veículo de transporte? SIM () / NÃO () | | |
| 34 - Você teria condições financeiras de ir para uma outra casa, em caso de inundação da sua? SIM () / NÃO () | | |

Fonte: Elaborado pelo autor com base em Souza, *et al.* (2017); Oliveira (2018) e Zanella (2009).

As variáveis da barragem foram definidas conforme o método de Kuperman & Re (2003), e analisadas em campo.

Figura 30: Equipe em campo.



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

A Figura 30 demonstra a equipe em campo nos setores censitários da área estudada. Na ocasião foram aplicados os questionários e realizadas conversas com a população sobre as “trincas na parede do açude”, conforme expresso por ela.

Previamente, a equipe encaminhou o Ofício nº 014/2017 – GEORISCO ao Coordenador Regional do DNOCS, com a solicitação da inspeção da barragem Eurico Gaspar Dutra (Gargalheiras). Diante disso, não foram encontradas dificuldades de acesso à área de inundação, comportas, galeria e à casa de tomada d’água. Foram avaliados os equipamentos hidromecânicos, o maciço, os paramentos, a tomada d’água, as régua e os dispersores. Cada elemento deste foi

comparado com as informações correspondentes existentes no último relatório de inspeção da ANA (2015). Também foi realizado o levantamento das informações para a confecção do modelo de Kuperman & Re (2003), para determinar o Índice de Comportamento da Barragem, através do Estado Real da Barragem e do Perigo Potencial.

Figura 31: Equipe na área externa da barragem.



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

A Figura 31 remete à equipe na área de inundação da barragem, onde fica o espelho d'água. Com o esvaziamento do reservatório, pode-se ter acesso com mais detalhes às anomalias apresentadas no laudo da ANA (2015). Na figura, é possível ver a equipe avaliando as rachaduras na estrutura do maciço, no paramento de montante, bem como realizando visita às comportas e avaliando as régua limnimétricas. Na ocasião, os pesquisadores registraram fotografias dos componentes da barragem. Na imagem, podemos perceber que começaram a

realizar alguns reparos na barragem, os quais estão descritos nos próximos capítulos.

Na parte interna da barragem, apresentado na Figura 32, na galeria tivemos acesso às rechaduras internas nos paramentos de montante e jusante, como na parte interna da soleira da barragem. Por meio de uma escada dentro da galeria, a casa de tomada d'água foi acessada, na qual observamos os equipamentos hidráulicos, tais como o volante da comporta e os registros. Já na tomada d'água, com a visão de cima, avaliamos as patologias na estrutura do maciço, tanto na montante, quanto na jusante e no vertedouro da barragem.

Figura 32: Equipe dentro da galeria acessando a tomada d'água.



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

4.3 Tratamento dos dados

Na etapa do gerenciamento do banco de dados, primeiro foi feito um dicionário das variáveis do questionário, a fim de codificar e categorizar as respostas. O dicionário de variáveis foi uma ferramenta importante de consulta ao longo de todo o processo de tratamento dos dados. A seguir, apresenta-se o dicionário usado no projeto.

O Quadro 16 apresenta a classificação de cada alternativa e atribuí um código numérico inteiro, no intuito de facilitar na tabulação e exportação dos dados para outros programas de gerenciamento de dados.

Quadro 16: Dicionário das variáveis.

| Cód. Variáveis | Variáveis | Cód. Das alternativas | Alternativas |
|-----------------------|---|------------------------------|-------------------------------|
| 1 | Idade do entrevistado | 0 | 0 - 19 |
| | | 1 | 20 - 59 |
| | | 2 | 60 - acima |
| 2 | Grau de parentesco com o chefe da família | 0 | Chefe da família |
| | | 1 | Cônjuge |
| | | 2 | Filho/Filha |
| | | 3 | Pai/Mãe |
| | | 4 | Irmão/Irmã |
| | | 5 | Outro |
| 3 | Escolaridade do chefe da família | 0 | Nunca estudou |
| | | 1 | Sabe ler e escrever |
| | | 2 | Ensino fundamental incompleto |
| | | 3 | Ensino fundamental completo |
| | | 4 | Ensino médio incompleto |
| | | 5 | Ensino médio completo |
| | | 6 | Graduação |
| | | 7 | Pós-graduação |
| 4 | Quantidade de mulheres na casa | 0 | 0 - 3 |

| | | | |
|----|--|---|------------------------------|
| | | 1 | 4 - 7 |
| 5 | Quantidade de homens na casa | 0 | 0 - 3 |
| | | 1 | 4 - 7 |
| 6 | Total de pessoas na casa | 0 | 0 - 4 |
| | | 1 | 5 - 9 |
| 7 | Renda total da casa | 0 | Nenhuma |
| | | 1 | Até 1 salário mínimo |
| | | 2 | De 1 a 3 salários mínimos |
| | | 3 | De 3 a 6 salários mínimos |
| | | 4 | De 6 a mais salários mínimos |
| 8 | Pessoas com necessidades especiais na casa | 1 | Sim |
| | | 0 | Não |
| 9 | Situação da casa | 0 | Própria |
| | | 1 | Alugada |
| | | 2 | Cedida |
| | | 3 | Outros |
| 10 | Houve reforma recente na casa | 1 | Sim |
| | | 0 | Não |
| 11 | Possui água tratada | 1 | Sim |
| | | 0 | Não |
| 12 | Possui coleta de lixo | 1 | Sim |
| | | 0 | Não |
| 13 | Ciência de morar em APP | 1 | Sim |
| | | 0 | Não |
| 14 | Motivo de morar no lugar | 0 | Terreno mais barato |
| | | 1 | Posse |
| | | 2 | Conjunto da prefeitura |
| | | 3 | Mais perto do centro |
| | | 4 | Perto da família/amigos |
| | | 5 | Outros |
| 15 | Lembrança do período da última inundação | 1 | Sim |
| | | 0 | Não |

| | | | |
|-----------|---|---|--------------------|
| 16 | Lembrança se houve dano na ultima inundação | 1 | Sim |
| | | 0 | Não |
| 17 | Sentimento de segurança ao morar próximo ao rio | 1 | Sim |
| | | 0 | Não |
| 18 | Já pensou na possibilidade de ruptura do Gargalheiras | 1 | Sim |
| | | 0 | Não |
| 19 | Acredita que haja monitoramento e manutenção regular | 1 | Sim |
| | | 0 | Não |
| 20 | Melhor meio de aviso para evacuação | 0 | Facebook |
| | | 1 | WhasApp |
| | | 2 | Telefone |
| | | 3 | Sino da Igreja |
| | | 4 | Rádio difusora |
| | | 5 | Carro de som |
| | | 6 | Sirenes de alerta |
| | | 7 | Boca a boca |
| 21 | Destino das famílias pós-inundação | 0 | Vizinhos |
| | | 1 | Amigos |
| | | 2 | Parentes |
| | | 3 | Abrigo público |
| | | 4 | Lugar nenhum |
| 22 | A quem avisaria primeiro ao saber da ruptura | 0 | Vizinhos |
| | | 1 | Parentes |
| | | 2 | Amigos |
| | | 3 | Prefeitura |
| | | 4 | Corpo de bombeiros |
| | | 5 | Defesa civil |
| 23 | Por qual meio avisaria | 0 | Facebook |
| | | 1 | WhatsApp |
| | | 2 | Telefone |
| | | 3 | Grito |

| | | | |
|----|---|---|-------------|
| | | 4 | Radioamador |
| 24 | Membro da casa com treinamento de emergência | 1 | Sim |
| | | 0 | Não |
| 25 | Líder comunitário no bairro | 1 | Sim |
| | | 0 | Não |
| 26 | Conhece o líder comunitário | 1 | Sim |
| | | 0 | Não |
| 27 | Já foi há alguma reunião do conselho | 1 | Sim |
| | | 0 | Não |
| 28 | Saber a quem recorrer em caso de perdas humanas e materiais | 1 | Sim |
| | | 0 | Não |
| 29 | Sabe o que é Defesa Civil | 1 | Sim |
| | | 0 | Não |
| 30 | Seguro de bens/vida | 1 | Sim |
| | | 0 | Não |
| 31 | Recebe auxílio do Governo Federal | 1 | Sim |
| | | 0 | Não |
| 32 | Possui outro imóvel | 1 | Sim |
| | | 0 | Não |
| 33 | Veículo de transporte na casa | 1 | Sim |
| | | 0 | Não |
| 34 | Condições financeiras para ir para outro lugar | 1 | Sim |
| | | 0 | Não |

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Após a conversão das alternativas em códigos, esses foram repassados para o *Software* Microsoft Excel e tabulados em 34 colunas, representadas por cada pergunta do questionário. Nas linhas foram colocadas cada amostra coletada. Assim, a matriz foi feita para os seis setores censitários, cada qual com seu número amostral diferente.

Figura 33: Tabulação do dados.

The image shows an Excel spreadsheet titled 'tabulação da pesquisa - Excel'. The spreadsheet has columns labeled V1 through V34 and rows numbered 1 through 33. A red border highlights the header row (V1-V34). A yellow border highlights the first column (V1). A blue border highlights the 'Setor6' tab at the bottom of the spreadsheet. The data in the cells consists of numerical values, likely representing responses to questionnaire items.

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

A Figura 33 representa o banco de dados já com as alternativas das variáveis do questionário codificadas. O retângulo na cor vermelha mostra as colunas, representando cada pergunta do questionário, na cor amarela as linhas que representam cada questionário aplicado, e na cor azul a aba dos seis setores censitários trabalhados, representado que o mesmo processo foi realizado seis vezes.

Após o gerenciamento do banco de dados, foi realizado o processamento dos dados no *Software IBM SPSS*, uma ferramenta de auxílio estatístico para tratamento de cálculos de frequência e cruzamento de variáveis (Vide figura 34).

Figura 34: Programa usado para o tratamento dos dados.

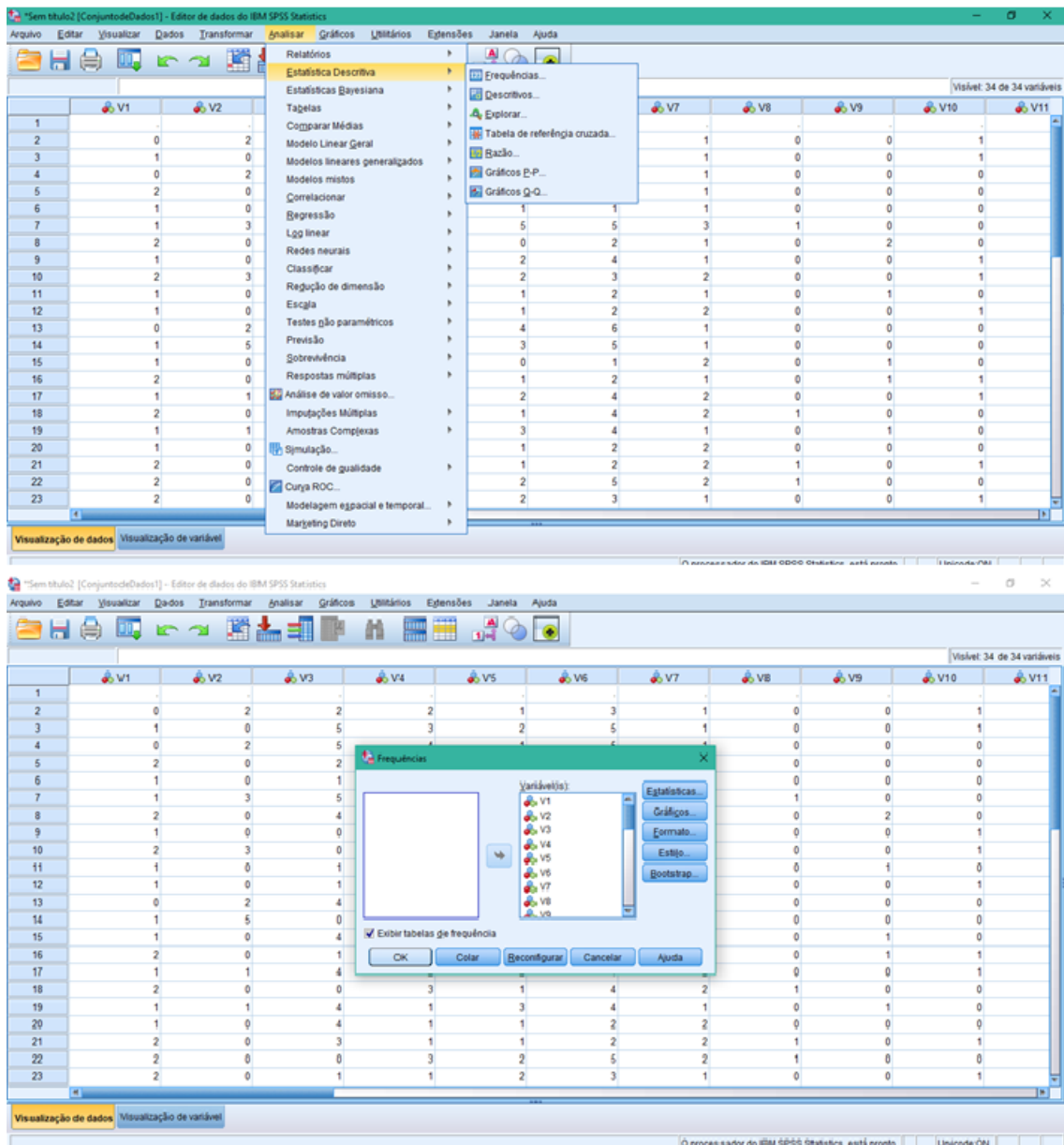


Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Os dados foram importados do Microsoft Excel para o IBM SPSS e, com isso, foram realizados os procedimentos de distribuição de frequência.

Após a importação dos dados, foi realizado o comando no programa para escolher o tratamento de cada setor separadamente (Vide figura 35).

Figura 35 : Comandos para a distribuição das frequências.



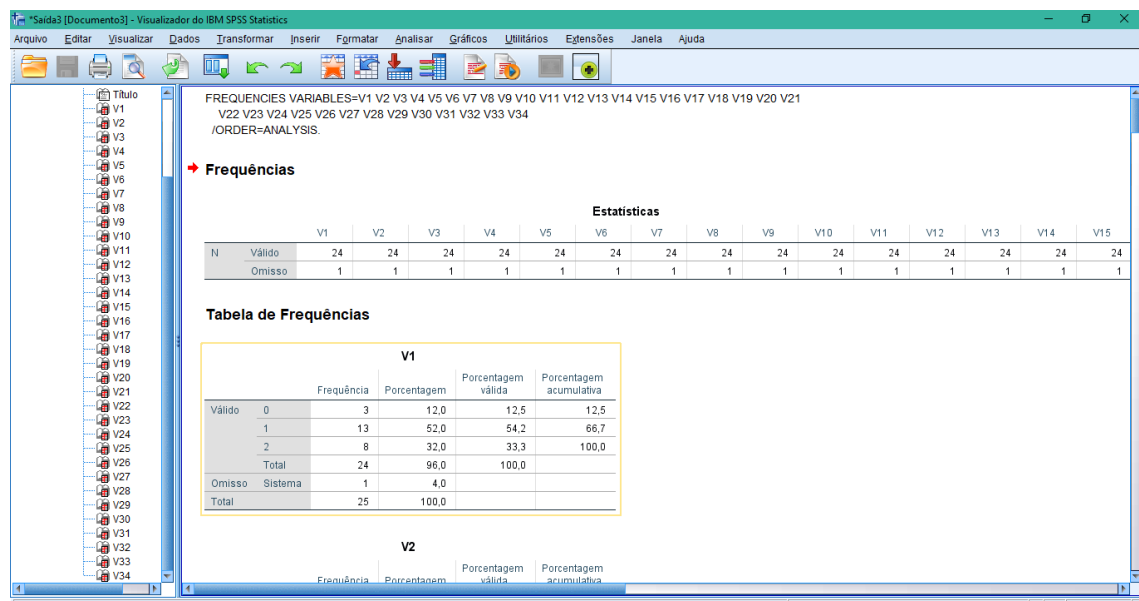
Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

No caminho de Analisar > Estatística descritiva > Frequências, aparecerá o Acampo para a escolha das variáveis a serem processadas. o clicar no “ok” o

produto é gerado com as tabelas em porcentagem para cada variável, por cada alternativa da variável.

A Figura 36 remete às tabelas com os dados já processados, com as porcentagens em frequências de casos, a porcentagem, porcentagem válida e a porcentagem acumulada. Neste caso trabalhamos com a porcentagem válida por ser o número mais próximo do método de média.

Figura 36: Resultado do processamento.



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

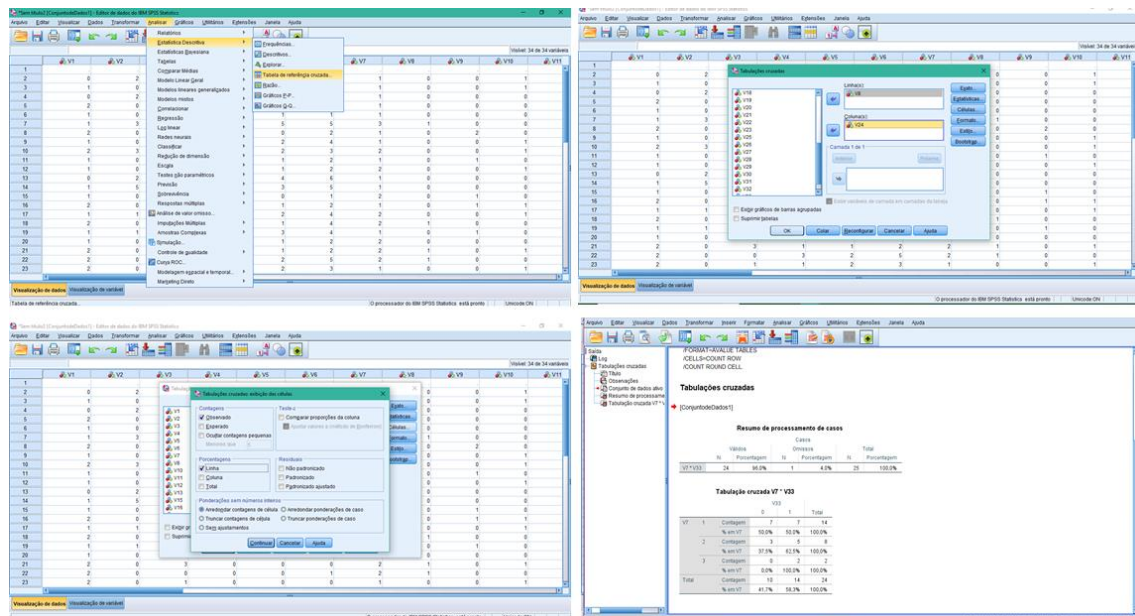
O próximo passo foi aplicar o mecanismo de referências cruzadas. Esse método serve para avaliar uma variável e correlacionar seu comportamento com alguma outra, possibilitando uma análise integrada, relacional, e, com isso, facilitar a análise em um contexto maior, visto que uma variável poderia ter seu comportamento explicado por uma outra. No total, foram escolhidas 22 variáveis a serem cruzadas, totalizando 11 tabelas de referência cruzada, assim demonstradas no Quadro 17.

Quadro 17: Variáveis cruzadas.

| | | | |
|----------|-----------|-----------|-----------|
| V7 x V31 | V15 x V16 | V18 x V20 | V7 x V33 |
| V9 x V14 | V17 x V19 | V22 x V23 | V21 x V34 |

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Para que as tabelas de referência cruzada fossem geradas, foi utilizado o recurso da estatística descritiva ainda no IBM SPSS, no caminho Analisar > Estatística descritiva > Tabela de referência cruzada > Seleção das variáveis a serem cruzadas > Célula > Linhas > “ok”, conforme demonstrado na Figura 37.

Figura 37: Passo a passo do processo de cruzamento de variáveis.

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

A Figura 37 representa os caminhos para a realização do procedimento do cruzamento das variáveis para a geração da tabela. Na imagem é possível ver a tabela com as porcentagens válidas, cada variável ficará no eixo de linhas e a outra no eixo de colunas.

Na sequência foi feita uma classificação subjetiva com o critério de amplitude da variação do intervalo, entre o menor número da tabela e o maior. Assim foram categorizados em baixo (verde), médio (laranja) e alto (vermelho) tendo o valor da

amplitude divididos em frações igualmente aproximadas. Assim, a percepção da população por setores censitários pode ser mais compreendida com esse método.

Quadro 18: Tabela de referência cruzada com as classes

| V9 x V14 | | V14 | | | | | Legenda | |
|----------|---|-------|-------|-------|--------|-------|-----------|-----------|
| | | 0 | 1 | 3 | 4 | 5 | Intervalo | Categoria |
| V9 | 0 | 50,0% | 5,6% | 11,1% | 22,2% | 11,1% | 0 - 33 | Baixo |
| | 1 | 20,0% | 20,0% | 40,0% | 0,0% | 20,0% | 34 - 67 | Médio |
| | 2 | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 100,0% | 0,0% | 68 - 100 | Alta |

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

O cruzamento das variáveis V9 (situação da casa) relacionada com a variável V14 (motivo de morar no lugar) gerou diferentes resultados, os qual foram apresentados pelas cores dentro de um intervalo estabelecido, é evidente que cada tabela terá seu valor e amplitude do intervalo diferente, assim gerando produtos diferentes dentro das categorias baixo, médio e alta.

A produção cartográfica foi um mapa de localização do município de Acari/RN com a área global do estudo, contemplando a barragem Gargalheiras e a sede municipal, bem como a produção do mapa de localização dos seis setores censitários escolhidos para a aplicação dos questionários.

Nesse sentido, foi elaborado um texto dissertativo, organizado e estruturado, com discussão dos resultados e recomendações, no intuito de colaborar com um melhor entendimento do tema em estudo.

5 ANORMALIDADES ESTRUTURAIS NA BARRAGEM GARGALHEIRAS

5.1. Componentes de uma barragem de concreto

De acordo com Brasil (2011), as primeiras barragens tiveram como matérias de construção, utensílios como pedras, terra e madeira. Com o surgimento do cimento, foi possível a criação do concreto, o que possibilitou a construção de barragens mais resistentes, mais dimensionadas e de maior durabilidade. Contudo, fatores ambientais como hidrologia, deflúvio anual e geologia, são condições que também devem ser consideradas quanto à escolha do tipo de barragem a ser confeccionada (BRASIL, 2011).

Existem inúmeros tipos de barragens. A classificação é posta pela rigidez, forma (geometria) e materiais colocados na construção, assim exibido no quadro 8.

Quadro 19: Resumo da classificação de barragens.

| Rigidez | Material de construção | Forma |
|------------|--|--|
| Rígida | Concreto | <ul style="list-style-type: none"> • Gravidade • Gravidade aliviada • Arco • Arco gravidade • Contraforte |
| Não-rígida | <ul style="list-style-type: none"> • Terra • Terra e Enrocamento • Enrocamento com face de concreto | - |

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em Brasil (2011).

As barragens podem ser classificadas como rígidas e não rígidas. As barragens rígidas (Figura 38) são as feitas com concreto e as não rígidas são as de aterro, como mostra a Figura 39.

A Figura 38 apresenta a visão panorâmica da barragem Gargalheira em seu formato arqueado com seu vertedouro de soleira livre, sem controle.

Figura 38: Barragem do tipo rígida (concreto) – Barragem Gargalheira, Acari/RN.



Fonte: Soares (2009).

Figura 39: Barragem do tipo não rígida – Barragem Itans, em Caicó/RN



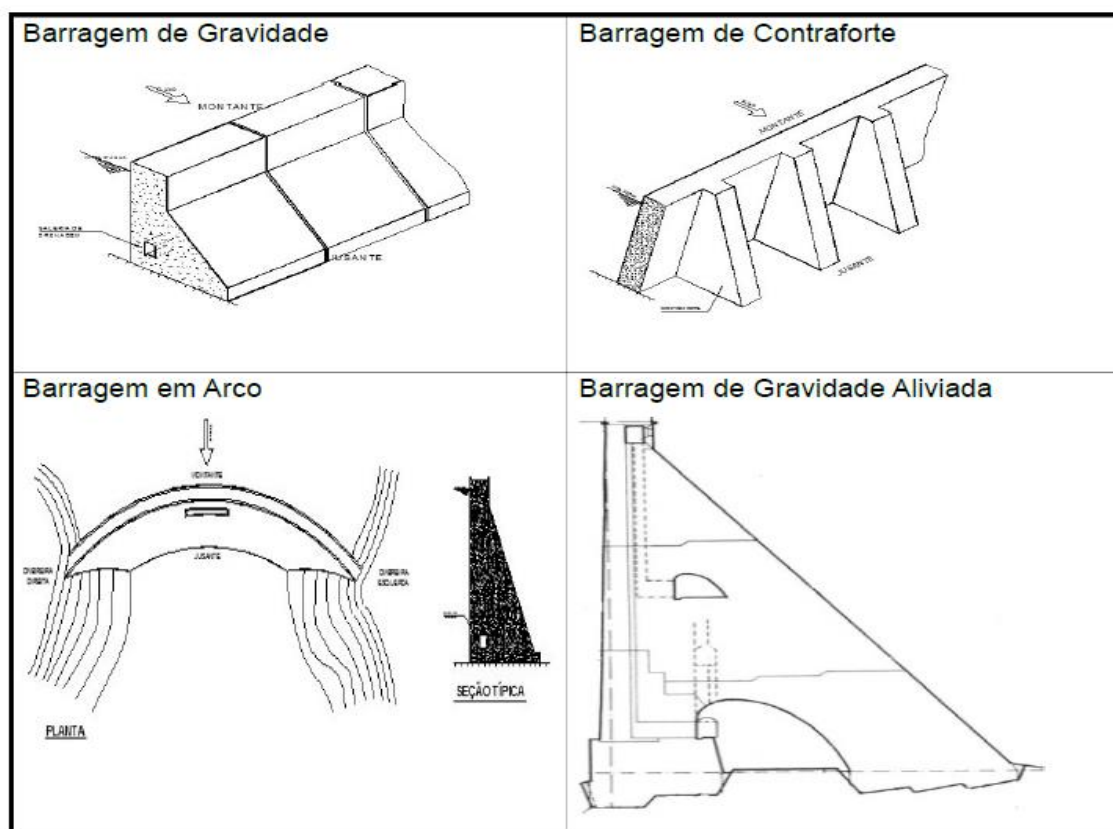
Fonte: LAGGEF (2017).

De acordo com a classificação de barragens de concreto, estas são substancialmente construídas de matérias granulares (areia), bem como da adição

de materiais artificialmente produzidos, dos quais elencamos brita, cimento e de aditivos químicos que vão dar a consistência do concreto. Além destes, usam-se armações de ferro que dão a sustentação do concreto, impedindo sua dilatação e quebra (Brasil, 2011).

As represas de concreto são categorizadas quanto à sua geometria: gravidade, contrafortes, arco ou arco-gravidade e gravidade aliviada. O modelo adotado para a construção pelas empreiteiras está relacionado aos custos, acesso ao local, características do vale e disponibilidade de materiais na região. Como exemplo, as barragens objetos desse estudo são do tipo gravidade com compactação de concreto a rolo, que é o caso da barragem Passagem das Traíras, e do tipo arco-gravidade, que é o caso da barragem Gargalheiras. Essa classificação é assinalada a seguir na Figura 52.

Figura 40: Classificação dos modelos de barragens de concreto.



Fonte: BRASIL (2011).

Segundo Brasil (2009), as barragens de concretos são tidas como uma estrutura maciça. As barragens de gravidade (ver Figura 41) são estruturas feitas de concreto, que podem ser alvos algumas tensões de origens térmicas. E para evitar

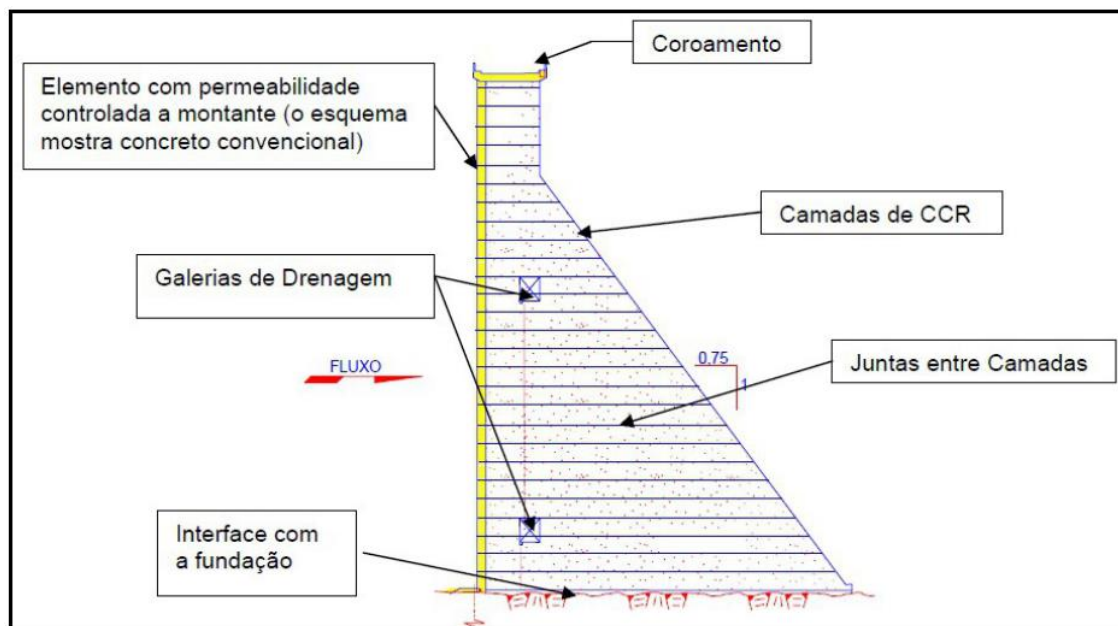
essas tensões, a barragem é construída por módulos, nos quais os blocos de concreto são separados entre si pelas juntas de contração. Esse tipo de barramento possui quase todo seu formato em trapézio. E ele é projetado desta forma para suportar as cargas hidrostáticas de empuxo da água no paramento de montante, bem como para realizar o sistema de contrapeso para estabilizar o próprio peso do maciço e do espelho d'água, que com o peso provoca pequenos sismos. Comumente esse tipo de barramento possui na parte da crista ou coroamento uma seção retangular e na base do maciço a geometria é trapezoidal. Mas o paramento de montante pode ser vertical ou inclinado conforme as dimensões da barragem, conforme a altura e o alargamento da base (vide Figura 42) (Brasil, 2011).

Figura 41: Barragem do tipo gravidade com compactação de concreto a rolo – Barragem Passagem das Traíras, em Jardim do Seridó/RN.



Fonte: Soares (2009).

Figura 42: Perfil de barragem de gravidade com paramento de montante.



Fonte: Marques Filho, 2005.

Essas estruturas em formato de trapézio permitem que as forças das cargas atuantes no maciço, sejam distribuídas ao solo no leito do rio em que estão feitas as fundações. A estabilidade do maciço depende das dimensões do paramento de jusante. Assim, é considerável que a estabilidade desse tipo de barramento é garantida pela sua massa (BRASIL, 2010). Segundo Vieira Junior *et al* (2010), as estruturas desse tipo de represa devem estar firmadas em rochas cristalinas.

Com base em Brasil (2011), entendemos que as barragens arqueadas são verdadeiros monumentos da engenharia moderna, feitas com concreto armado em formato curvado para montante em direção a albufeira. Esse tipo de construção também pode ser denominado de abóbada, sendo ideal a sua construção em vales estreitos, com boa drenagem e com boas condições para apoio das ombreiras em rocha cristalina.

Esse modelo geométrico de construção possui elevada resistência a cargas, distribuindo-as de maneira homogênea em todo seu maciço. As forças são transferidas para as ombreiras, estas ancoradas em rochas e as demais parcelas de cargas são direcionadas para a base da estrutura no leito de rocha.

As barragens de arco-gravidade (ver Figura 43) compreendem-se como estruturas geométricas em formato de arco, porém também operam como barragens de gravidade, unindo então as características de ambos os tipos, arco e gravidade.

Um detalhe é que no tipo arco-gravidade o maciço é mais espesso que as paragens tradicionais de arco, porém, são bem mais deslumbrantes que as de gravidade. Normalmente são construídas por seções de concreto ciclópico, concreto convencional ou concreto compactado (BRASIL, 2011).

Figura 43: Barragem do tipo arco-gravidade. Barragem Gargalheiras, Acari/RN.



Fonte: Sidy's (2013).

As barragens são estruturas complexas, as quais possuem dimensões robustas. Aqui dividiremos em elementos estruturais e elementos hidráulicos, assim a junção dessas variáveis formam a barragem. Nos Quadros 56 e 57, a seguir, são apresentados os significados de cada elemento, tanto da parte estrutural como da hidráulica das barragens.

Quadro 20: Características estruturais de uma barragem de concreto.

| | |
|-----------------------|---|
| CRISTA OU COROAMENTO | A superfície superior da barragem ou ponto mais alto da seção de controle do vertedouro. |
| GALERIA | Uma passagem no interior da barragem usada para inspeções, operações, reparos de fundação e drenagem. As galerias podem ser longitudinais ou transversais, a nível ou inclinadas. |
| OMBREIRAS | Laterais do vale sobre as quais a barragem se apoia, bem como as áreas imediatamente a jusante e montante destas laterais. |
| PARAMENTO DE JUSANTE | Superfície inclinada de uma barragem de concreto voltada para o lado oposto ao reservatório. |
| PARAMENTO DE MONTANTE | Superfície vertical ou quase-vertical de uma barragem de concreto que fica em contato com o reservatório. |
| MACIÇO | Estrutura global da barragem. |

Fonte: Adaptado pelo autor com base em MIRANDA (2016).

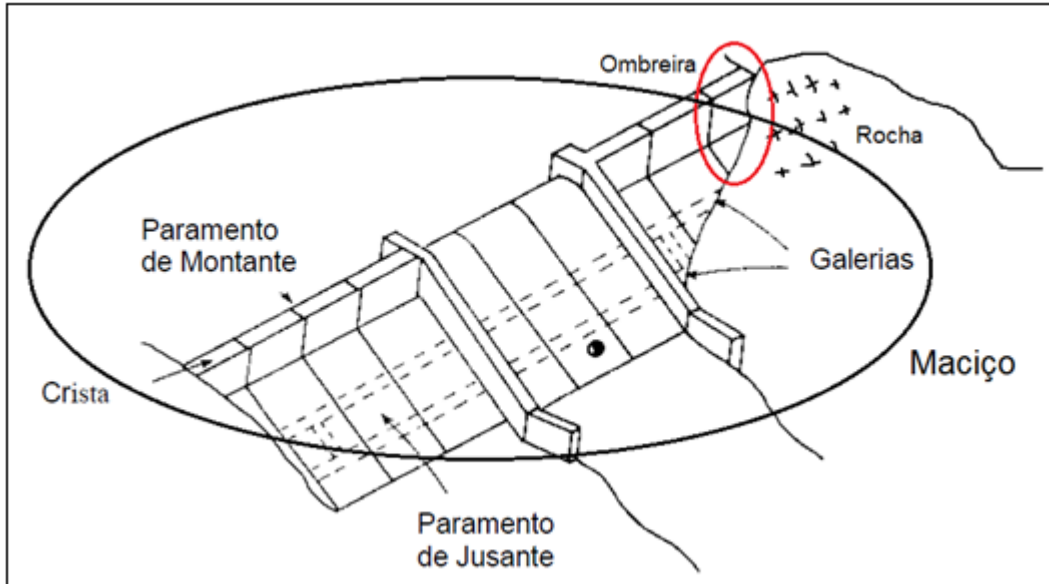
Quadro 21: Características hidráulicas de barragens.

| | |
|--------------------------------|--|
| DISPOSITIVOS DE DESCARGA | Componentes da barragem que regulam ou liberam água do reservatório. Os componentes dos dispositivos de descarga compreendem um canal de entrada d'água, caixa de montante, condutos, comportas ou válvulas, dissipadores de energia e canais de retorno d'água. |
| VERTEDOURO | Estrutura por onde passa o fluxo normal ou de cheias, de maneira a proteger a integridade estrutural da barragem. |
| COMPORTA | Porta que regula ou controla o escoamento de Água |
| TOMADA DE ÁGUA | Passagem ou conduto para descarga de água. |
| VÁLVULA DISPERSORA | É um equipamento empregado no controle da vazão de água em sistemas de descarga de fundo e vazão sanitária de usinas e barragens em geral. |
| VERTEDOURO AUXILIAR | Usado apenas quando há uma grande afluência e o vertedouro principal não é suficiente para suportar o grande volume de água que chega ao reservatório. |
| TORRE OU CASA DE TOMADA D'ÁGUA | Local que abriga os registros e aparelhos que controlam a vazão das válvulas dispersoras. |

Fonte: Adaptado pelo autor com base em MIRANDA (2016).

A fim de materializar parte dos elementos mostrados no Quadro 20, apresentaremos um croqui esquemático de uma barragem de concreto. Ele indicará o nome de cada elemento na estrutura.

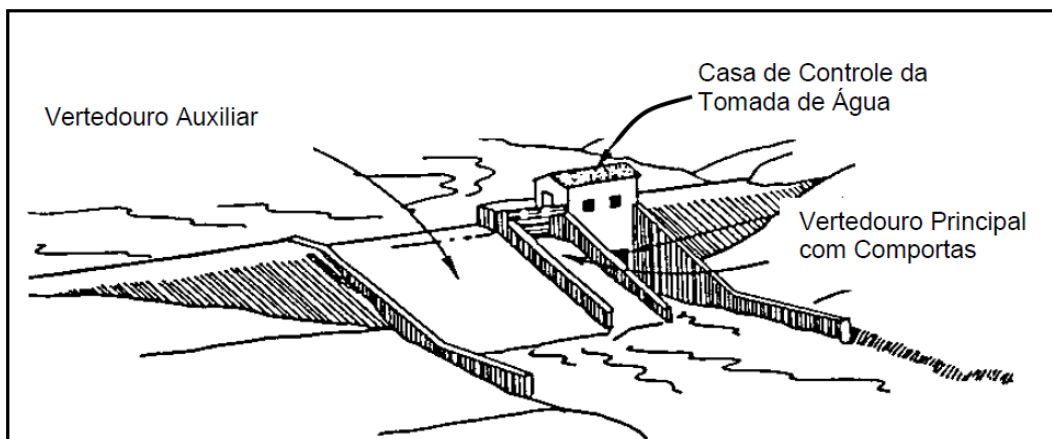
Figura 44: Croqui com os elementos estruturais de uma barragem de concreto.



Fonte: Adaptado de MIRANDA (2016).

São de suma importância os mecanismos hidráulicos para o controle e a dispersão do volume de água. Sem eles a barragem poderia galgar ou comprometer suas estruturas. A seguir, serão apresentados os principais elementos hidráulicos de uma represa.

Figura 45: Croqui com os principais elementos hidráulicos de uma barragem.



Fonte: Adaptado de MIRANDA (2016).

Como vimos, existem diferentes modelos de barragens de concreto, porém aqui foram abordados os modelos de barragens por gravidade e arco-gravidade, tendo em vista atenderem os tipos das barragens que são comumente construídas no Rio Grande do Norte, e em especial o tipo em arco, do Gargalheiras.

5.2 Anomalias estruturais no Gargalheiras

Em seus quase 60 anos de operação, a barragem Gargalheiras passou por apenas cinco inspeções, sendo quatro por meio do DNOCS e uma pela ANA. No último relatório de inspeção expedido pela Agência Nacional de Águas foram detectadas algumas patologias na estrutura do maciço Gargalheiras.

Quadro 22: Vistorias no barramento e nível de perigo.

| Inspeção | Órgão | Ciclo/Período | Data da inspeção | Data de cadastro | Nível de perigo |
|----------|-------|--|------------------|------------------|-----------------|
| 1° | DNOCS | 1° Ciclo/ 2011 - 2012 01/10/2011 a 31/03/2012 | s/id | s/id | s/id |
| 2ª | DNOCS | 2° Ciclo/ 2012 - 2012 01/04/2012 a 30/09/2012 | 28/05/2012 | 19/10/2012 | Atenção |
| 3ª | DNOCS | 1° Ciclo/ 2012 - 2013 01/10/2012 a 31/03/2013 | 08/11/2012 | 28/11/2012 | Alerta |
| 4ª | DNOCS | 2° Ciclo/ 2013 - 2013 01/04/2013 a 30/09/2013 | 28/05/2013 | 28/05/2013 | Atenção |
| 5ª | ANA | 1° Ciclo/ 2013 - 2014 01/10/2013 a 31/03/2014 | s/id | Mai 2014 | Atenção |

Fonte: Elaborado pelo autor com base em ANA (2015).

No Quadro 22 é possível ver os períodos das vistorias e os níveis de perigo do barramento. É de se chamar atenção que com o passar do tempo, o nível de perigo foi diminuindo. Atribuimos isso ao rebaixamento gradativo da lâmina de água na barragem, assim diminuindo as forças de empuxo e reduzindo os riscos em decorrência da barragem estar seca.

Na visita mais recente ao Gargalheiras os técnicos da ANA elencaram algumas anomalias na estrutura que podem por em risco a segurança do maciço.

Quadro 23: Patologias levantadas pelos engenheiros da ANA.

| Descrição da Anomalia | Anomalia catalogada na ficha do empreendedor |
|---|--|
| Trincas e fissuras na parede interna da galeria de inspeção | Sim |
| Regiões de carbonatação do concreto na galeria de inspeção | Não |
| Iluminação e instalações elétricas precárias no interior da galeria e na escada de acesso à sala de comando das comportas | Sim |
| Réguas limnimétrica danificadas ou insuficientes | Sim |
| Trincas, fissuras e juntas danificadas no paramento de montante | Sim |
| Trincas, fissuras e juntas danificadas no paramento de jusante | Sim |
| Regiões de carbonatação do concreto no paramento de jusante | Não |
| Áreas úmidas no paramento de jusante sugerindo vazamentos para níveis elevados do reservatório | Não |
| Barragem sem monitoramento /instrumentação da progressão das anomalias identificadas | Sim |

Fonte: Elaborado pelo autor com base em ANA (2015).

De acordo com o Quadro 23, é notória a identificação das anomalias presentes na estrutura da barragem. Ainda no quadro é possível ver na segunda coluna quais patologias são de ciência do órgão empreendedor do barramento, o DNOCS.

Sobre a situação documental da barragem, os relatórios do projeto da obra são muito dispersos ou incipientes. A ANA (2015) retrata que o empreendedor da barragem não apresentou todos os documentos de vistorias anteriores. Os relatórios oferecidos pelo DNOCS não apresentavam os padrões mínimos conforme previsto na resolução da ANA nº 742/2011, porém as vistorias foram feitas, propondo alguns encaminhamentos para a manutenção do barramento, tais como:

- a) Manutenção, reparo ou conserto das anomalias identificadas no Açude Gargalheiras;
- b) Avaliação dos equipamentos hidromecânicos e dos circuitos elétricos;
- c) Avaliação por especialistas em segurança de barragens (geólogo, engenheiro geotécnico, engenheiro hidráulico, engenheiro estrutural, etc.).

Com relação à situação do barramento, foram encontradas anomalias descritas no relatório da ANA (2015). Os técnicos da Agência descrevem as anomalias de forma específica, por componentes da barragem.

De acordo com o relatório da ANA (2015), nas galerias de inspeção e drenagem foram encontradas trincas e fissuras longitudinais no decorrer das paredes laterais, bem como no teto da galeria, apresentando uma fenda da ordem de 1 a 5 mm estendendo-se ao longo da galeria. Próximo às trincas das paredes laterais foram encontradas frentes de carbonatação do concreto, com precipitações de cálcio no interior da galeria da barragem. Não foi feita uma inspeção mais específica em decorrência de falta de iluminação em alguns trechos da galeria, dada pela danificação do sistema elétrico (ANA, 2015).

De acordo com o mesmo laudo, a casa de controle das comportas da tomada d'água encontra-se na crista da barragem. Para acessar a casa é preciso subir uma escada metálica do tipo caracol no interior da galeria. O acesso torna-se perigoso devido à existência de fios elétricos expostos próximos à escada metálica, pondo em risco de choque elétrico os técnicos que fazem o monitoramento diário da tomada d'água (ANA, 2015). Ainda na casa de tomada d'água, os pedestais de elevação das comportas estavam em bom estado operacional, e a manivela estava no local.

Na parte externa da casa de tomada d'água existe uma régua limnimétrica e nas demais áreas de montante da barragem existem réguas, porém estão bastante danificadas. Não há como chegar à ombreira esquerda da barragem. No paramento de montante foram registradas deterioração do concreto em superfície e nas juntas de dilatação, além de trincas longitudinais contínuas ao longo do paramento na altura da aleria de drenagem, com aberturas de aproximadamente de 5 a 15 mm (ANA, 2015).

O paramento de jusante apresenta várias áreas com desagregação de concreto, com a existência de trincas longitudinais da ordem de 5 a 40 mm. Além disso, constataram-se avarias na vedação das juntas de dilatação. A maior das trincas está situada na parte superior da galeria continuamente até a ombreira esquerda da barragem.

Ainda na galeria, foram constatadas áreas de carbonatação do concreto, próximo às trincas, o que indica que pode ocorrer fuga de água. Também se constatou no paramento de jusante pontos com fuga de água, o que pode ser bem mais constante quando o reservatório está em seu nível elevado (ANA, 2015).

O técnico do DNOCS responsável pela barragem informou que o órgão está monitorando através de uma empresa contratada, porém as avaliações não mais persistem (ANA, 2015).

Com base no relatório da Agência Nacional de Águas (2015) os técnicos destacaram algumas anomalias mais evidentes que elevam o grau de risco da barragem.

Na Figura 46, como consta no laudo da vistoria da ANA (2015), a ombreira esquerda apresenta oxidação na fundação do maciço na rocha. Para os técnicos da ANA, é necessário um estudo mais aprofundado nas fundações da estrutura para ver como encontra-se a rocha, se há algum tipo de faturamento.

Figura 46: Ombreira esquerda da barragem.



Fonte: Agência Nacional de Águas (2015).

Ainda de acordo com o referido relatório, a galeria da barragem encontra-se limpa, e iluminada do portão de acesso até a base. As paredes da galeria apresentavam rebocos recentes, os quais aparentavam decepamento, assim representado na figura 62.

Figura 47: Processo de desencapamento de revestimento de parede da galeria.



Fonte: ANA (2015).

Sobre as rachaduras, na galeria na parede vertical do paramento de jusante próximo ao teto, apresenta-se uma fissura horizontal. Além disso, mesmo após estucagem recente das paredes da galeria, as fissuras reapareceram na parede de jusante. O processo é evidenciado pela Figura 48 a seguir:

Figura 48: Rachadura na entre o teto da galeria e a parede do paramento de jusante.



Fonte: Adaptado pelo autor com base em ANA (2015).

Em partes do teto curvado, abaixo da soleira do vertedouro, apresentam-se, além de fissuras, o evidente processo de lixiviação causado por fuga de água em contato com óxidos e hidróxidos do cimento, conforme colocados pela Figura 49:

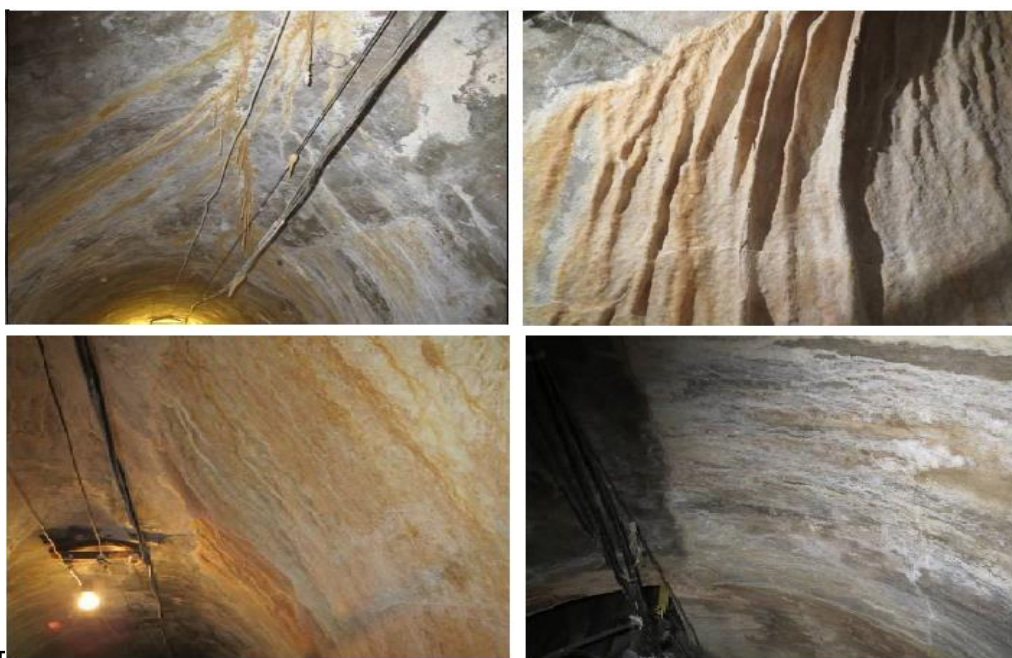
Figura 49: Processo de lixiviação no teto da galeria.



Fonte: ANA (2015).

O teto e a parede de jusante da galeria apresentam evidentes processos de lixiviação, provocados por fugas de água, que em contato com o cimento gera troca de substâncias de hidróxido de cálcio com a característica formação de estalactites. Estes fatos são evidenciados pela Figura 50.

Figura 50: Processo de lixiviação no teto e na parede da galeria.



Fonte: Adaptado pelo autor com base em ANA (2015).

O mesmo processo de lixiviação com a troca de substâncias da água e do cimento, por meio de gotejamento provocam a calcificação, formando estalagmites na escada da galeria, como mostra a Figura 51.

Figura 51: Formação de estalagmites na escadaria da galeria.



Fonte: ANA (2015).

A região do piso da galeria, junto à canaleta de drenagem e do dreno (à margem direita, que sai na superfície do vertedouro) a jusante evidencia fissuras horizontais e lixiviação de gel, como representados pela Figura 52.

Figura 52: Patologias estruturais nos drenos da galeria.



Fonte: Adaptado pelo autor com base em ANA (2015).

Nos paramentos foram encontradas fissuras de diferentes tamanhos próximas às juntas de contração dos blocos de concreto. O que chama a atenção são as fissuras na horizontal, que podem não ser fissuras naturais do peso do concreto. Assim ilustrado na Figura 53.

Figura 53: Fissuras horizontais nos paramentos



Fonte: Adaptado pelo autor com base em ANA (2015).

A Figura 54 remete à superfície do vertedouro no paramento de jusante, evidenciando fissuras horizontais e a saída de um dos drenos desde a galeria.

Figura 54: Fissura no vertedouro.



Fonte: ANA (2015).

Na figura 55 é possível ver circulado em vermelho as fugas de água no paramento de jusante, assim como em amarelo o processo de desagregação do concreto próximo ao dreno do vertedouro.

Figura 55: Fuga de água no paramento de jusante.



Fonte: Adaptado pelo autor com base em ANA (2015).

A Figura 56 representa a desagregação do concreto no paramento de montante, embora o concreto seja resistente ainda existem essas anomalias.

Figura 56: Desagregação do concreto.



Fonte: ANA (2015).

A Figura 57 mostra os descarregadores sem as válvulas de registros, bem como, na casa de tomada d'água, os equipamentos de suspensão da comporta sem o volante ou manivela. Além disso, acima dos dispersores no paramento de jusante, há uma trinca horizontal, como evidenciado pelo círculo preto.

Figura 57: Equipamentos hidromecânicos.



Fonte: Adaptado com base na ANA (2015).

No laudo da ANA (2015) há o seguinte relato:

“Segundo o empreendedor informou, um projeto de recuperação da barragem estava em elaboração por empresa de consultoria contratada pelo DNOCS. Portanto, recomenda-se que os relatórios resultantes das avaliações e estudos realizados pela consultoria, visando à elaboração do projeto, sejam apresentados à ANA” (ANA, 2015).

Assim como a ANA, o autor deste trabalho não conseguiu obter acesso ao relatório elaborado pela empresa de consultoria contratada pelo empreendedor da barragem, embora o autor tenha encaminhado a solicitação dos relatórios por meio de Ofício. Por esta razão, não conseguimos avaliar se houve realmente a evolução das anomalias anteriormente identificadas em 2012.

Cabe aqui ressaltar que, no ano de 2018, algumas dessas patologias foram corrigidas, em especial a troca das comportas e dos dutos dispersores, além de algumas injeções corretoras em algumas trincas. Embora tenham sido feitas melhorias, a equipe deste trabalho ainda encontrou trincas persistentes. A galeria está iluminada, mas o acesso à casa de tomada d'água ainda é perigoso devido à escada ser metálica e estar muito próxima a fios elétricos. Alguns processos de lixiviação foram reparados, mas a equipe ainda encontrou a presença de estalaquitites no interior da galeria. As válvulas dispersoras foram reparadas e parte das régua limnimétricas estavam em bom estado.

Até o momento foram apresentados os pareceres da ANA 2015, com as patologias na estrutura da barragem. A partir de agora, mostraremos as avaliações feitas pela equipe desse estudo.

Ao chegar do campo, no açude Gargalheiras, em maio de 2018, a equipe se deparou com algumas correções nas anomalias apresentadas no relatório da ANA, em 2015. Há uma empresa terceirizada do DNOCS no barramento.

Figura 58: Correções no maciço do Gargalheiras.



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

A Figura 58 representa o primeiro serviço de manutenção na barragem Gargalheiras. Nas fotos A e B é possível verificar o paramento de montante com estuque e injeções de cimento em parte das fissuras horizontais, entretanto, os reparos foram feitos apenas na ombreira direita. Na foto C é possível constatar, dentro da galeria, as injeções feitas nos paramentos de montante e jusante. Além disso, na foto D é possível ver que foram realizados reparos nos dispersores com pintura e troca de válvulas.

Como mostra a Figura 59, os serviços de reparos foram mais profundos nos dispositivos hidromecânicos da barragem. Na foto A é possível ver trabalhadores dentro do duto da comporta; na foto B é possível ver as válvulas dos descarregadores no paramento de jusante retirados; na foto C é possível ver o que restou do duto dos dispersores após mais de 50 anos de operação sem manutenção; e na foto D, se vê uma retroescavadeira tentando retirar o duto da segunda comporta. As imagens foram coletadas no primeiro trabalho de campo, em março de 2018.

Figura 59: Reparos hidromecânicos no maciço.



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Com relação aos equipamentos de monitoramento, constatou-se que as réguas limnométricas estavam em bom estado de conservação, devido também ao pouco contato com a água, tendo em vista a escassez de água na barragem, como mostra a Figura 60 nos seus itens A e B.

Figura 60: Dispositivos de monitoramento de volume de água na barragem.



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Embora parte dos dispositivos hidromecânicos tenham sido recuperados, a equipe constatou ainda algumas patologias.

Na Figura 61 temos o seguinte quadro: na foto A é possível ver que na segunda visita da equipe ao Gargalheiras, em maio de 2018, não existia a comporta no local. Também foram constatadas as oxidações no concreto no arco da comporta evidenciado pela foto C; na tomada d'água representado pelas fotos B e D, é possível ver fissuras, assim como oxidação e desagregação do concreto.

Figura 61: Anomalias nos equipamentos hidromecânicos.



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Nos paramentos de montante e jusante também foram encontradas algumas patologias estruturais. A foto B representa bem esses processos. Na foto A é possível ver, nitidamente, em vários lugares, a desagregação do concreto no paramento de montante. Na foto B nota-se que no paramento de jusante há a presença de vegetação sobre o vertedouro, o que é um bio-indicador da criação de

solo devido à desagregação do concreto. Na foto C constata-se desagregação do concreto na crista do maciço, com a presença de algumas rachaduras. Além disso, na foto D é possível ver o processo de carbonatação na base do paramento de jusante, o que denota a fuga de água.

Figura 62: Anomalias nos paramentos.

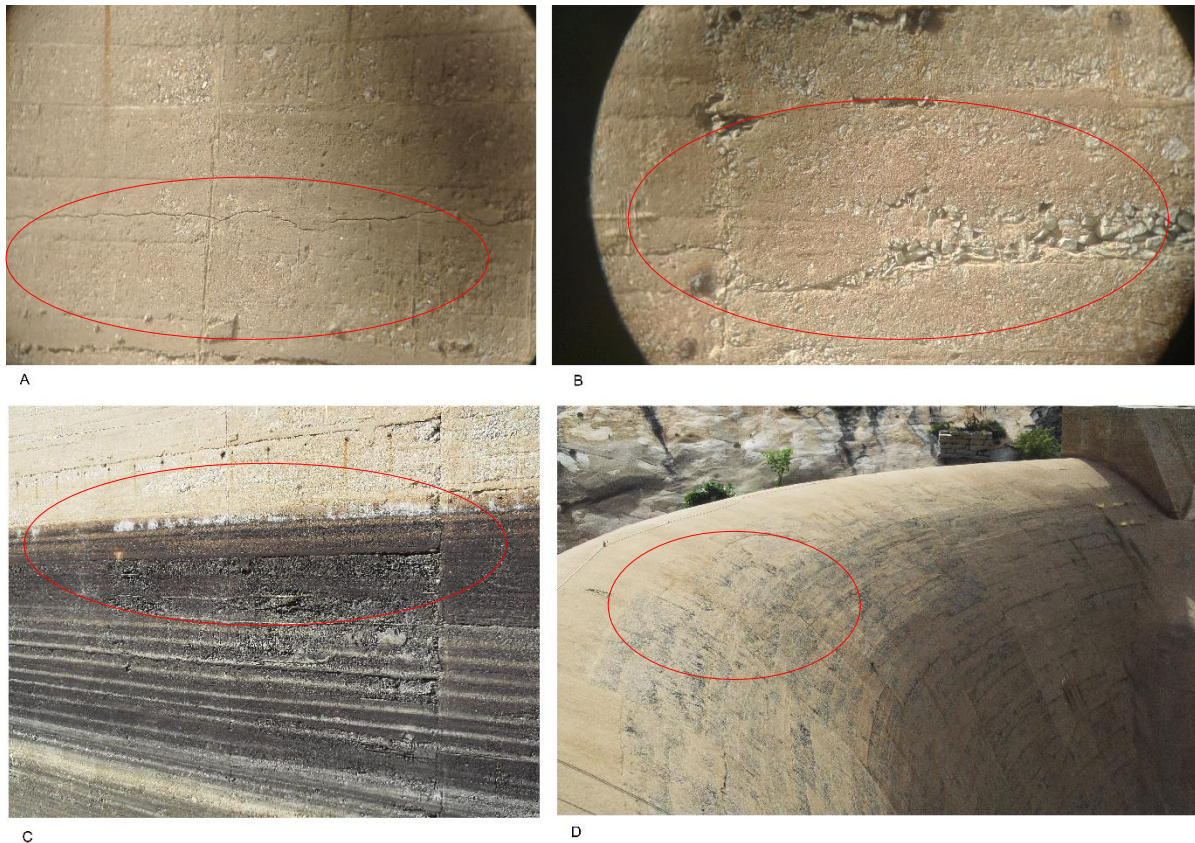


Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Com o auxílio de uma lente de aumento, foi possível registrar mais de perto as patologias na estrutura do maciço. Na Figura 62, na foto A é possível ver as rachaduras horizontais no paramento de montante, essas que não são oriundas da secagem do concreto; já na foto B é possível ver nitidamente o processo de desagregação do concreto no paramento de montante. Além disso, na foto C é possível ver algumas trincas e oxidação do concreto no paramento de montante, ocorrência atribuída ao fato de, no lado da montante, o paramento está mais em contato com a água e materiais orgânicos que reagem na estrutura. Na foto D é

possível ver rachaduras horizontais em todo vertedouro da barragem, no lado de jusante.

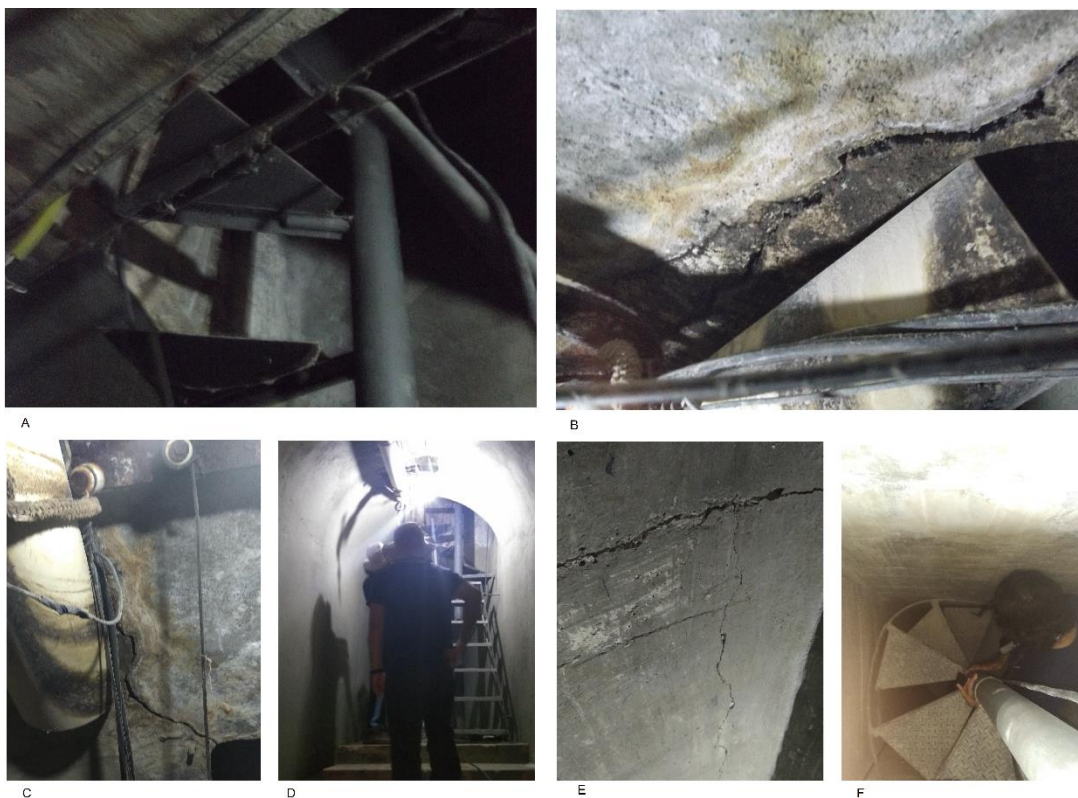
Figura 63: Patologias nos paramentos do maciço.



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Na Figura 64 é possível notar algumas fissuras dentro da galeria. Na foto A tem-se a escada de ferro, do tipo caracol, que dá acesso à tomada d'água. Ao seu lado muitos fios de energia elétrica desencapados. Na foto B é possível ver uma fissura bem profunda na entrada de acesso à tomada d'água. Na foto C é possível ver uma fissura profunda no teto da galeria, abaixo do vertedouro. As fotos D e F mostram a escada metálica e o difícil acesso à casa de tomada d'água, ao passo que a foto E mostra uma fissura horizontal dentro da passagem da galeria até a casa de tomada d'água.

Figura 64: Patologias na galeria e acesso a tomada d'água.



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

A Figura 65 apresenta o processo de carbonatação no teto da galeria, abaixo do vertedouro. Isso se deve ao possível fato de fuga de água, apresentado pelas fotos A e B. Na foto C percebe-se que a parede da galeria foi estucada, mas existe uma fissura grande na horizontal, em torno de uma braça, como representada na imagem.

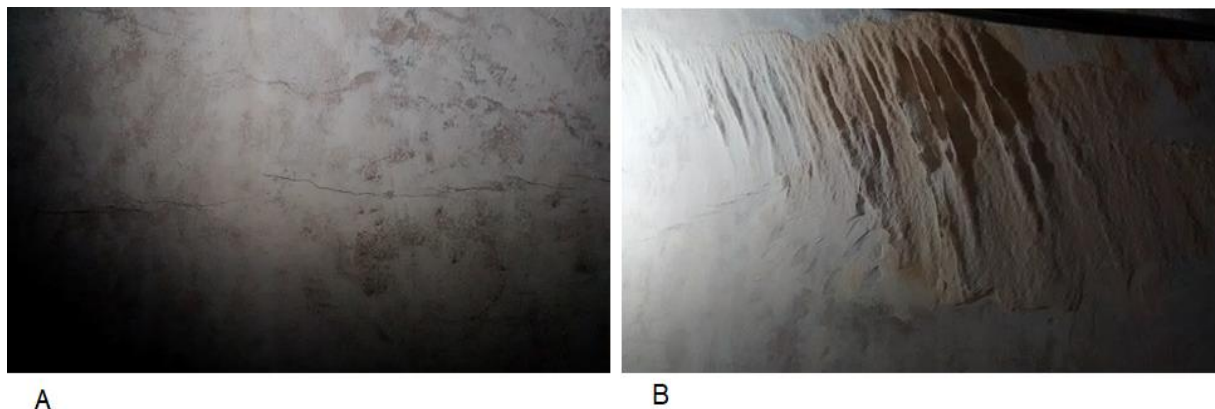
Figura 65: Carbonatação no teto da galeria.



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Mesmo após os reparos feitos pela empresa contratada pelo DNOCS, ainda foram encontradas trincas e estalactites dentro da galeria. Assim representadas pela Figura 66.

Figura 66: Trincas e estalactites na galeria.



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Na foto A da Figura 66 é possível ver as trincas horizontais dentro da galeria, na parede de jusante; além disso, na foto B é possível ver a presença contínua de estalactites no teto da galeria abaixo do vertedouro.

De acordo com esse levantamento comparativo entre as anomalias no relatório da ANA (2015) e as anomalias trazidas pelo autor, foi elaborada uma matriz que leva em conta os aspectos de estado da barragem e seu perigo potencial, dando como produto um índice de comportamento, usado como mecanismo de gestão de barragens da Sabesp.

5.3 Classificação segundo o Perigo Potencial

Com o intuito de mensurar os possíveis riscos associados à barragem, essa ferramenta de gestão viabiliza, por meio de acompanhamentos e levantamentos de informações contínuas do comportamento do maciço, as decisões sobre se o barramento carece de intervenções ou não (Kuperman & Re, 2003).

O estudo de Kuperman & Re (2003) serviu para propiciar a aplicação de um método classificatório, de cada variável da barragem e das condicionantes por ela influenciadas. Assim, são atribuídos pesos a cada variável conforme suas categorias, o que pode facilitar na análise da gestão da barragem.

Essa ferramenta de análise permite abarcar a totalidade da barragem, e a classificação está posta de forma hierarquizada, referenciada pelas possíveis perdas materiais, humanas e ambientais provocadas por uma inundação.

Para a classificação do grau de periculosidade potencial (PP) devem ser levados em conta os critérios estabelecidos pelo método. Porém, foram adaptados alguns para a realidade do empreendimento. A primeira variável é o grau de importância para órgão nacional que gere as águas do país, no caso a ANA.

O Quadro 24 remete à classificação da importância da barragem para o órgão gestor das águas.

Quadro 24: Grau de importância para órgão gestor.

| Importância para a ANA | |
|------------------------|---|
| Categoria (peso) | Requisitos |
| Pequena (10) | Quando a redução da oferta consequente à sua eventual desativação é suportável por um período razoável, é fácil suprimento de maneira alternativa a esta eventual redução. |
| Média (8) | Quando sua desativação é possível mas, implica em custos razoáveis e certos remanejamentos para conseguir redução aceitável da oferta de água. |
| Significativa (6) | Quando sua desativação deve ser evitada, pois implica em custos significativos e obriga a remanejamentos importantes para a redução da oferta de água. |
| Grande (4) | Quando sua desativação deve ser evitada, pois implica em custos elevados e obriga a remanejamentos importantes para conseguir redução, mesmo que temporária, da oferta de água. |
| Elevada (2) | Quando seu reservatório ou estrutura são extremamente importantes para o funcionamento do sistema da ANA, e que sua desativação implica em redução inaceitável na oferta de água. |

Fonte: Elaborado pelo autor com base em Kuperman & Re (2003).

Com base na classificação do CBGB, em pequenas, médias e grandes barragens, apresenta-se no Quadro 25 a classificação dimensional.

Quadro 25: Dimensões da barragem.

| Categorias (peso) | H = Altura do maciço (m) |
|-------------------|---------------------------|
| Pequenas (10) | $H < 15$ m |
| Médias (8) | $15 \text{ m} < H < 30$ m |
| Grandes (2) | $H > 30$ m |

Fonte: Elaborado pelo autor com base em Kuperman & Re (2003).

Sobre a variável volume de água armazenada, temos as seguintes classes, apresentadas no Quadro 26.

Quadro 26: Volume de água armazenada

| Categorias (peso) | V = Volume do reservatório ($\times 10^6$ m ³) |
|-------------------|---|
| Baixo (5) | $V < 0,05$ |
| Pequeno (4) | $0,05 < V < 1$ |
| Médio (3) | $1 < V < 50$ |
| Grande (2) | $50 < V < 100$ |
| Elevado (1) | $V > 100$ |

Fonte: Elaborado pelo autor com base em Kuperman & Re (2003).

O impacto a jusante, para a classificação, leva em consideração fatores de ordem social, ambiental e econômico. Essa variável é fundamental para o levantamento do PP da barragem. Conforme a realidade da área é possível atribuir os pesos em cada variável, assim como mostra o Quadro 27, a seguir:

Quadro 27: Impacto a jusante.

| Impacto a jusante | | |
|--|--|---|
| Social | Ambiental | Econômico |
| Baixo (10) | Baixo (10) | Baixo (5) |
| Quando não se espera nenhum efeito sobre as populações a jusante do barramento. | Quando a área afetada é inferior a 0,1 km ² , a duração do impacto varia de 1 mês a 1 ano, a inundação pode causar algumas alterações na vegetação, porém sem afetar significativamente a vida animal. | Quando não ocorrem danos a residências e/ou a despesa total das reparações for inferior a R\$ 200.000,00 (incluindo reparos na barragem). |
| Pequeno (8) | Pequeno (8) | Pequeno (4) |
| Quando houver a possibilidade de menos de 10 pessoas serem afetadas e/ou perda da capacidade produtiva for inferior a 10% da capacidade de produção. | Quando a área afetada é superior a 0,1 km ² mas inferior a 1 km ² , a duração do impacto varia de 1 mês a 1 ano, a inundação pode causar algumas alterações na vegetação, porém sem afetar significativamente a vida animal. | Quando foram danificadas, no máximo, 5 casas e/ou as despesas totais estiveram entre R\$ 200.000,00 e R\$ 10.000.000,00 (incluindo reparo ou reconstrução da barragem). |
| Médio (6) | Médio (3) | Médio (3) |
| Quando houver possibilidades de entre 100 e 1000 pessoas serem afetadas, e/ou a capacidade produtiva for inferior a 30% da capacidade de produção. | Quando a área afetada estiver entre 1 km ² e 10 km ² , a duração do impacto for entre 1 a 10 anos, se houver diversas espécies de vida animal na área e os efeitos sobre o meio ambiente sejam sensíveis. | Quando foram destruídas entre 6 a 49 casas ou danificadas muitas casas, e/ou as despesas totais estiverem entre R\$ 11.000.000,00 e 50.000.000,00. |
| Grande (0) | Grande (0) | Grande (0) |
| Quando houver possibilidade de mais de 1000 pessoas serem afetadas, e/ou ocorrência de perda superior a 30% da capacidade produtiva. | Quando a área do impacto for superior a 10 km ² , a duração do impacto for superior a 10 anos, e que haja importantes efeitos ecológicos e grandes impactos ao meio ambiente. | Quando forem destruídas mais de 50 casas e/ou as despesas superarem R\$ 50.000.000,00. |

Fonte: Elaborado pelo autor com base em Kuperman & Re (2003).

No Quadro 28 é possível notar as classes da variável Tipo de barragem, com o peso de cada.

Quadro 28: Tipo de barragem.

| Tipo (peso) | Características |
|------------------|--|
| Concreto (15) | Quando a totalidade da estrutura do barramento for constituída por barragem de concreto armado. |
| Enrocamento (12) | Quando houver maciços de enrocamento com talude de jusante em enrocamento, fazendo parte do barramento e com alturas de mesma ordem de grandeza das estruturas principais. |
| Terra (8) | Quando as estruturas principais do barramento, ou parte delas, forem constituídas por terraplenos de solos compactados. |

Fonte: Elaborado pelo autor com base em Kuperman & Re (2003).

O Quadro 29 remete aos tipos de descarregadores de cheias, calcificados em três tipos.

Quadro 29: Dispositivos descarregadores.

| Órgão vertente | | |
|---------------------------------|---------------------------------|--------------|
| De superfície sem controle (15) | De superfície com controle (10) | De fundo (5) |

Fonte: Elaborado pelo autor com base em Kuperman & Re (2003).

O Quadro 30 faz referência à vazão de projeto, que é o quanto que a barragem aguenta verter em uma cheia, sem romper.

Quadro 30: Vazão do projeto.

| Vazão do projeto | |
|---------------------------------|--|
| VMP ou $1000 < Tr < 10000$ (20) | Vazão de dimensionamento foi recentemente verificada para um período de recorrência entre 1.000 e 10.000 anos. |
| $100 < Tr < 1000$ (12) | Vazão de dimensionamento foi recentemente verificada para um período de recorrência inferior a 100 e 1.000 anos |
| $Tr < 100$ (2) | A vazão de dimensionamento foi calculada para um período de recorrência inferior a 100 anos, ou é desconhecida, ou foi calculada há mais de 20 anos e não mais verificada. |

Fonte: Elaborado pelo autor com base em Kuperman & Re (2003).

Com base nessas variáveis foi feito o PP para a barragem Gargalheiras, dado pelo Quadro 31, a seguir.

Quadro 31: Perigo potencial na barragem Gargalheiras.

| Importância da Barragem para ANA | Dimensão da Barragem | Volume de Água Armazenada | Impacto a Jusante | | | Tipo de Barragem | Órgão Vertente | Vazão do Projeto |
|----------------------------------|----------------------|---------------------------|-------------------|------------|------------|------------------|---------------------------------|--|
| | | | Social | Ambiental | Econômico | | | |
| Elevada (2) | Grande (2) | Médio (3) | Grande (0) | Grande (0) | Grande (0) | Concreto (15) | De superfície sem controle (15) | $TOc < 100$ ou desconhecido ou calculado a mais de 20 anos (2) |

Fonte: Elaborado pelo autor com base em Kuperman & Re (2003).

A importância da barragem para a ANA foi classificada como Elevada, em decorrência de sua importância para o abastecimento direto dos municípios de Acari e Currais Novos, além dos seus usos múltiplos.

A dimensão da barragem foi classificada como Grande, em decorrência da altura do maciço do Gargalheiras possuir 26,5 m.

O volume de água armazenado foi classificado como Médio, em virtude do volume do Gargalheiras ser de 44.000.000 m³.

Sobre os possíveis impactos à jusante foi escolhida a classificação Grande para o Social, Ambiental e Econômico respectivamente, em virtude de mais de 1.000 pessoas serem atingidas em caso de ruptura, a área de inundação como a onda de

cheia atingiria mais de 10 km², e os prejuízos financeiros seriam para mais de R\$ 50.000.000,00 em decorrência da grande quantidade de casas que seriam atingidas, além do alto custo para uma licitação de uma obra de reparo no maciço.

O tipo da barragem de Concreto foi escolhido devido ao maciço do Gargalheiras ser feito de concreto armado.

Quanto ao tipo de órgão vertente, foi escolhido de Superfície sem controle, em decorrência do vertedouro ser de soleira livre.

Quanto à vazão do projeto, tivemos dificuldades de acesso aos documentos por serem muito antigos, então atribuímos esse peso pelo tempo que a barragem foi construída. E, da fundação até o presente momento, não houve grandes estudos hidráulicos. Assim foi atribuído Tempo de recorrência desconhecido e com mais de 20 anos.

Sendo assim, o PP pode ser classificado em três categorias, apresentadas no Quadro 32 a seguir.

Quadro 32: Classificação PP.

| Classificação segundo o PP | |
|----------------------------|---------------|
| PP ≤ 80 | Baixo |
| 80 > PP > 60 | Significativo |
| 60 ≥ PP | Elevado |

Fonte: Elaborado pelo autor com base em Kuperman & Re (2003).

Com base na classificação do Quadro 32, o PP da barragem Gargalheiras enquadra-se em elevado, em decorrência da soma das variáveis do quadro do PP ter dado 39.

5.4 Classificação quanto ao Estado Real da Barragem (ERB)

Essa classificação considera em sua elaboração as condições reais em síntese, de forma global, por meio dos requisitos elencados neste item.

O Quadro 33, abaixo, faz referência à classificação conforme a existência ou não de informações documentais sobre o projeto da barragem.

Quadro 33: Informações do projeto.

| Informações de projeto | |
|------------------------|---|
| Completas (5) | Quando a documentação de projeto está disponível e acessível nos arquivos do DNOCS. |
| Parciais (4) | Quando a documentação parcial do projeto e construção estão disponíveis e acessível nos arquivos do DNOCS. |
| Incompletas (2) | Quando parte da documentação de projeto não existe, entretanto há alguns desenhos e relatórios incompletos. |
| Inexistentes (0) | Quando não existem documentos do projeto original, nem análises de comportamento ou estudos sobre a barragem. |

Fonte: Elaborado pelo autor com base em Kuperman & Re (2003).

No Quadro 34 é possível ver as classificações conforme a frequência de inspeções realizadas na barragem.

Quadro 34: Frequência na avaliação do comportamento da barragem.

| Avaliação de comportamento | |
|----------------------------|--|
| Adequada (10) | Quando são realizadas inspeções rotineiras, periódicas e formais na periodicidade recomendada pela ANA, com inserção dos resultados no banco de dados e emissão de relatórios e pareceres específicos avaliando o comportamento, tanto através do das inspeções visíveis, quanto pela instrumentação instalada. |
| Razoável (6) | Quando são realizadas inspeções rotineiras e periódicas com a periodicidade recomendada pela ANA. São preenchidas planilhas de inspeção que alimentam banco de dados. Não são emitidos relatórios sobre as análises de comportamento, seja através da instrumentação ou das inspeções. A última inspeção formal foi realizada há 5 anos. |
| Inadequada (2) | Quando as inspeções não seguem as frequências recomendadas ou não são preenchidas as planilhas de inspeção, bem como não realizadas análises de comportamento. |
| Nenhuma (0) | Quando não são realizadas inspeções rotineiras ou periódicas, e a última inspeção formal foi realizada há mais de 5 anos. |

Fonte: Elaborado pelo autor com base em Kuperman & Re (2003).

O Quadro 35 D é caracterizado pelo grau de percolação na barragem.

Quadro 35: Percolação na barragem

| Percolação na barragem | |
|---|---|
| Conforme previsto em projeto ou inexistentes (20) | Os níveis de piezométricos e as vazões de percolação encontram-se dentro do previsto pelas hipóteses de projeto e em regime estabilizado. Tais situações estendem ao corpo da barragem, às ombreiras e às fundações de todas as estruturas. |
| Fora do previsto, mas não crítica (15) | Eventualmente, algum instrumento indica níveis piezométricos ou vazões mais elevadas que o previsto. Tal situação já foi objeto de análise, não tendo sido constada nenhuma implicação importante no desempenho global do trecho afetado. |
| Crítica (5) | Constatadas anormalidades na distribuição das pressões ou das vazões, com implicações reconhecidamente importantes para a segurança da barragem. |
| Desconhecida (0) | Quando nada se conhece sobre o acompanhamento à percolação. |

Fonte: Elaborado pelo autor com base em Kuperman & Re (2003).

O Quadro 36 apresenta as categorias atribuídas para as deformações, sejam elas de qualquer origem.

Quadro 36: Deformações.

| Deformações | | | |
|---|---------------------------------------|--------------|-------------------|
| Conforme previsto em projeto ou inexistentes (20) | Fora do previsto mas não crítico (15) | Críticas (5) | Desconhecidas (0) |

Fonte: Elaborado pelo autor com base em Kuperman & Re (2003).

O Quadro 37 remete as classes e características de diferentes tipos de patologias nas estruturas dos paramentos.

Quadro 37: Deterioração dos paramentos.

| Nível de deterioração dos paramentos | |
|--------------------------------------|---|
| Nível mínimo ou inexistente (15) | Quando não houver degradação visível, a olho nu, dos materiais de proteção. O comportamento dos paramentos e taludes estão dentro do esperado. |
| Nível Baixo (12) | Quando não houver indícios importantes que denotem a degradação dos materiais de proteção. |
| Nível moderado (6) | Quando há evidentes indícios de degradação. Trincamentos generalizados afetam áreas importantes das estruturas, por exemplo, no concreto há sinais de carbonatação e poucos vazamentos a jusante, apenas com o marejamento. |
| Nível alto (4) | Áreas em extensos níveis de deterioração. No concreto pode ser observado corrosão da armadura, frequência de fissuração superficial elevada, a estanqueidade da estrutura não é completa, havendo vazamentos que atingem a jusante, com vazões pequenas. |
| Nível excessivo (3) | Em áreas extensas os níveis de degradação dos materiais são muito elevados, podem ser observadas as armaduras expostas com oxidação, a coloração do concreto está alterada, a frequência e a profundidade da fissuração são muito intensas, as propriedades de permeabilização e estanqueidade da estrutura foram muito afetadas. |

Fonte: Elaborado pelo autor com base em Kuperman & Re (2003).

No Quadro 38 percebem-se os graus e as classificações das erosões de jusante.

Quadro 38: Erosão a jusante.

| Erosões a jusante | |
|------------------------------|--|
| Mínimas ou inexistentes (15) | Se não ocorrer erosões visíveis, a olho nu, em nenhum ponto a jusante. |
| Poucas (12) | Se ocorrer pontos localizados erodidos, principalmente nas margens, não havendo perigo de solapamento ou instabilização de quaisquer estruturas da barragem ou da vizinhança. |
| Moderadas (6) | Se ocorrer pontos localizados erodidos, entretanto não há perigo imediato de solapamento ou instabilização de quaisquer estruturas importantes para a barragem. |
| Elevadas (4) | Se ocorrer erosões em grandes áreas, susceptíveis de solapar e instabilizar estruturas da barragem, ou provocar danos a terceiros. |
| Significativas (3) | Se ocorrer erosões importantes em grandes áreas, susceptíveis de solapar e instabilizar estruturas da barragem, ou provocar danos a terceiros. São necessárias intervenções imediatas para prevenir ruptura. |

Fonte: Elaborado pelo autor com base em Kuperman & Re (2003).

O Quadro 39 remete às classes de condições de operação dos descarregadores da barragem.

Quadro 39: Estado dos equipamentos dos descarregadores.

| Estado dos descarregadores | |
|-----------------------------|---|
| Boas condições (15) | Se operantes a qualquer tempo e em perfeito estado de conservação. |
| Razoáveis (8) | Se operantes, entretanto seu estado de conservação deixa a desejar. Não são efetuados testes periódicos e não se faz manutenção preventiva. |
| Ruins (6) | Se não foram operados nos últimos dois anos, encontram-se com sinais de deterioração, não se faz a manutenção preventiva. |
| Inoperantes ou registro (3) | Se os equipamentos não estão ativos e não há registro de quando foram testados pela última vez. |

Fonte: Elaborado pelo autor com base em Kuperman & Re (2003)

Conforme as variáveis do modelo pregado pelo ERB, foram feitas as substituições para a realidade do Gargalheiras e chegou-se na seguinte matriz:

Quadro 40: Matriz do Estado Real da Barragem Gargalheiras.

| Informações de projeto | Frequência na avaliação do comportamento | Percolação | Deformações | Nível de deterioração de paramentos ou taludes | Erosão a jusante | Condição dos equipamentos dos descarregadores |
|------------------------|--|------------------|------------------|--|----------------------------|---|
| Incompletas (2) | Razoável (6) | Desconhecida (0) | Desconhecida (0) | Excessivo (3) | Mínimo ou inexistente (15) | Razoável (8) |

Fonte: Elaborado pelo autor com base em Kuperman & Re (2003).

Na sequência serão apresentadas as justificativas para cada escolha das variáveis com o peso atribuído.

Sobre as informações do projeto, parte delas foi perdida na sede do DNOCS em Acari/RN. Obtivemos acesso à documentação por terceiros, ainda de maneira fragmentada. Entramos em contato com o DNOCS em Natal, por meio de ofício com a solicitação das informações da barragem, porém não obtivemos resposta. Não

existem informações do projeto em sítios públicos. O que há são informações de cotas volumétricas e capacidade de armazenamento. Encontramos alguns documentos no Museu de Acari, mas a administração local não permitiu o acesso e consulta à documentação. É nesse sentido que atribuímos o peso Inexistente na classificação.

A Frequência de avaliações na barragem foi determinada pelo peso “6”, correspondente à Inspeção Razoável, tendo em vista que em 59 anos de operação ininterrupta da barragem Gargalheiras, o empreendedor da barragem e a ANA somente fizeram cinco inspeções no empreendimento, e não existem documentos em bancos de dados públicos para acesso. Conseguimos o último relatório de vistoria por meio de envio de ofício em nome da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), para a ANA, em Brasília. A documentação veio pelos Correios, de Brasília para Natal.

Para as variáveis de Percolação e Deformações foi atribuído o valor “0”, de Desconhecido, visto que não tivemos acesso a documentos do projeto inicial da obra pelos motivos já descritos.

Quanto ao nível de Deterioração dos Paramentos, foi atribuído o conceito Nível Excessivo, com peso “3”, devido às avarias que constam nos paramentos, representados pelas figuras no tópico anterior sobre a inspeção de campo da equipe proponente deste trabalho.

Com relação às Erosões a jusante, ao menos a olho nu, não foram encontradas na inspeção feita pela equipe. Nesse sentido foi atribuído o peso “15”, Mínimo ou Inexistente.

As condições operacionais dos descarregadores não estavam em condições normais, até a data da última vistoria feita pela equipe, embora tenham sido feitos alguns reparos. Assim foi atribuído o peso “8”, ou Razoável.

Quadro 41: Classificação do ERB Gargalheiras.

| Classificação segundo o ERB | |
|-----------------------------|----------------|
| ERB \geq 80 | Satisfatório |
| 80 > ERB > 60 | Regular |
| 60 \geq ERB | Insatisfatório |

Fonte: Elaborado pelo autor com base em Kuperman & Re (2003).

5.5 Índice de Comportamento da Barragem

Somando todos os pesos da matriz do ERB, o valor foi de 34 pontos, e, como podemos observar, no Quadro 41, acima, o resultado se enquadra no intervalo de Insatisfatório.

Baseado na soma dos resultados da matriz do PP e do ERB é possível determinar o Índice de Comportamento (IC), dado pela seguinte equação, apresentada no Quadro 42, a seguir.

Quadro 42: Índice de comportamento.

| |
|---------------------------------|
| Índice de comportamento |
| $IC = (0,4 * PP) + (0,6 * ERB)$ |
| $IC = (0,4 * 39) + (0,6 * 34)$ |
| $IC = (15,6) + (20,4)$ |
| IC = 36 |

Fonte: Elaborado pelo autor com base em Kuperman & Re (2003).

Como mostra o Quadro 42, o IC é dado pela soma do PP multiplicado por 0,4 e o ERB multiplicado por 0,6. Ao substituir os valores, chegamos ao valor de IC=36.

Conforme o valor de IC é atribuído, ele é ligado a uma classificação, representada a seguir no Quadro 43.

Quadro 43: Classificação do IC.

| Intervalos | Comportamento |
|----------------|---------------|
| IC > 70 | Normalidade |
| 70 > = IC > 60 | Atenção |
| 60 > = IC > 50 | Alerta |
| IC < = 50 | Emergência |

Fonte: Elaborado pelo autor com base em Kuperman & Re (2003).

De acordo com o Quadro 43, e levando em consideração o valor de IC=36, o empreendimento se enquadra no intervalo de Emergência, o que é preocupante, dada a dimensão da barragem Gargalheiras e sua importância para o Seridó potiguar.

Evidentemente que este trabalho não condena ou sugere a tese que a barragem tem risco iminente de ruptura, até pela seca prolongada que abate nosso estado. Mas se ela estivesse cheia nessas condições, representaria um risco às populações a jusante. Há que se ressaltar que a ANA também usa essa metodologia para análise, e, na sua penúltima inspeção, foi atribuído o grau de Alerta (enquanto tinha água na barragem) e depois passou para Atenção (hoje com a barragem seca). Por esta razão, o empreendedor da barragem foi notificado e está fazendo alguns reparos no barramento.

Portanto, este capítulo tratou de apresentar os componentes das barragens de concreto, expos dados das vistorias antes realizadas e comparou-os com os elementos observados pela equipe do estudo. Foi notado que os resultados do laudo da ANA e os coletados pelo autor deste trabalho ficaram bem parecidos.

6 ANÁLISE DE RISCOS E PERCEPÇÃO DA POPULAÇÃO

6.1 Cenário hipotético de risco de rompimento da barragem

O desastre é uma consequência do processo. É evidente que para uma barragem romper, ela dá sinais tempos antes da ruptura. No período antes do desastre, os atores sociais deverão seguir, em tese, alguns passos para preparar a localidade possivelmente afetada para o evento. Esse espaço de tempo denomina-se como a fase de pré-impactos.

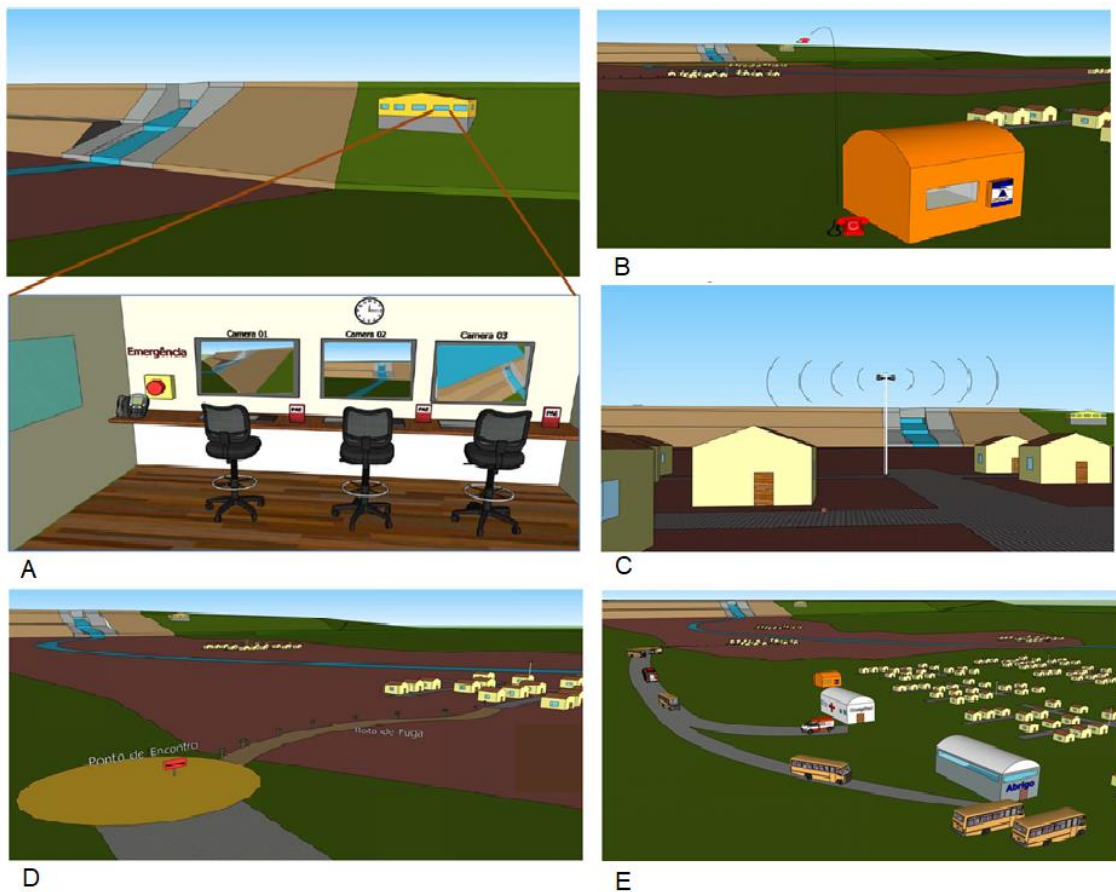
Nesta fase devem ser feitos levantamentos de pessoas expostas ao risco, caso a barragem rompa. Deve ser avaliado e feito o monitoramento da estrutura e da barragem e, se necessário, fazer as correções na estrutura. O órgão de proteção e Defesa Civil local deve fazer o plano de contingência para saber como proceder para, por exemplo, retirar pessoas das áreas de inundação. Essas são algumas das atribuições dessa fase.

Caso não ocorra nenhuma intervenção corretora na barragem, e haja o rompimento, instala-se a fase do impacto, que é quando o risco iminente de ruptura e a própria ruptura acontece. Nesta fase deve ser feita a retirada imediata das pessoas da área de inundação da onda de cheia, bem como ser feita a gestão dos abrigos, com pronto-atendimento hospitalar e psicológico, além de fornecimento de comida, água e vestuário e roupas de cama e banho para as pessoas afetadas.

Após a dissipação da onda de cheia, entra-se na fase de atenuação, com a busca de pessoas perdidas nos escombros do desastre, a avaliação das perdas, a reativação de sistemas de água potável, limpeza e reparo dos danos nas casas e na barragem.

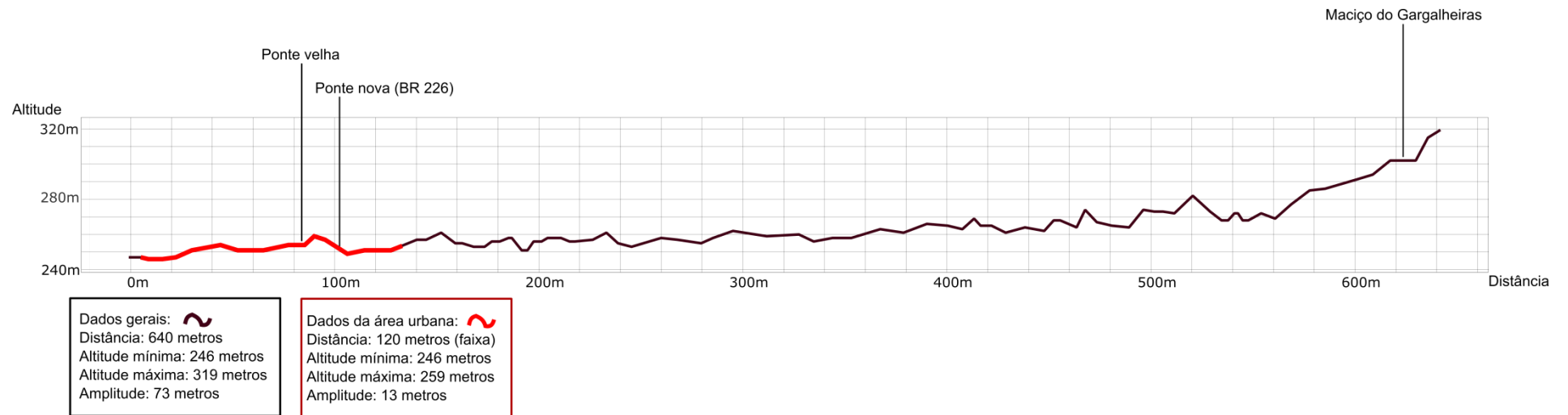
Essas fases são demonstradas pela Figura 67, a seguir: a imagem A representa a sala de monitoramento no pré-impacto; caso ocorra alguma ruptura, a informação é passada em tempo real para o órgão de proteção e Defesa Civil municipal, já no impacto, representado pela imagem B. Na ilustração C a Defesa Civil soa as sirenes de alerta nas áreas de risco; a imagem D mostra as rotas de acesso para uma parte segura; e a ilustração E remete às pessoas sendo evacuadas para abrigos.

Figura 67: Esquema do cenário de ruptura de barragem.



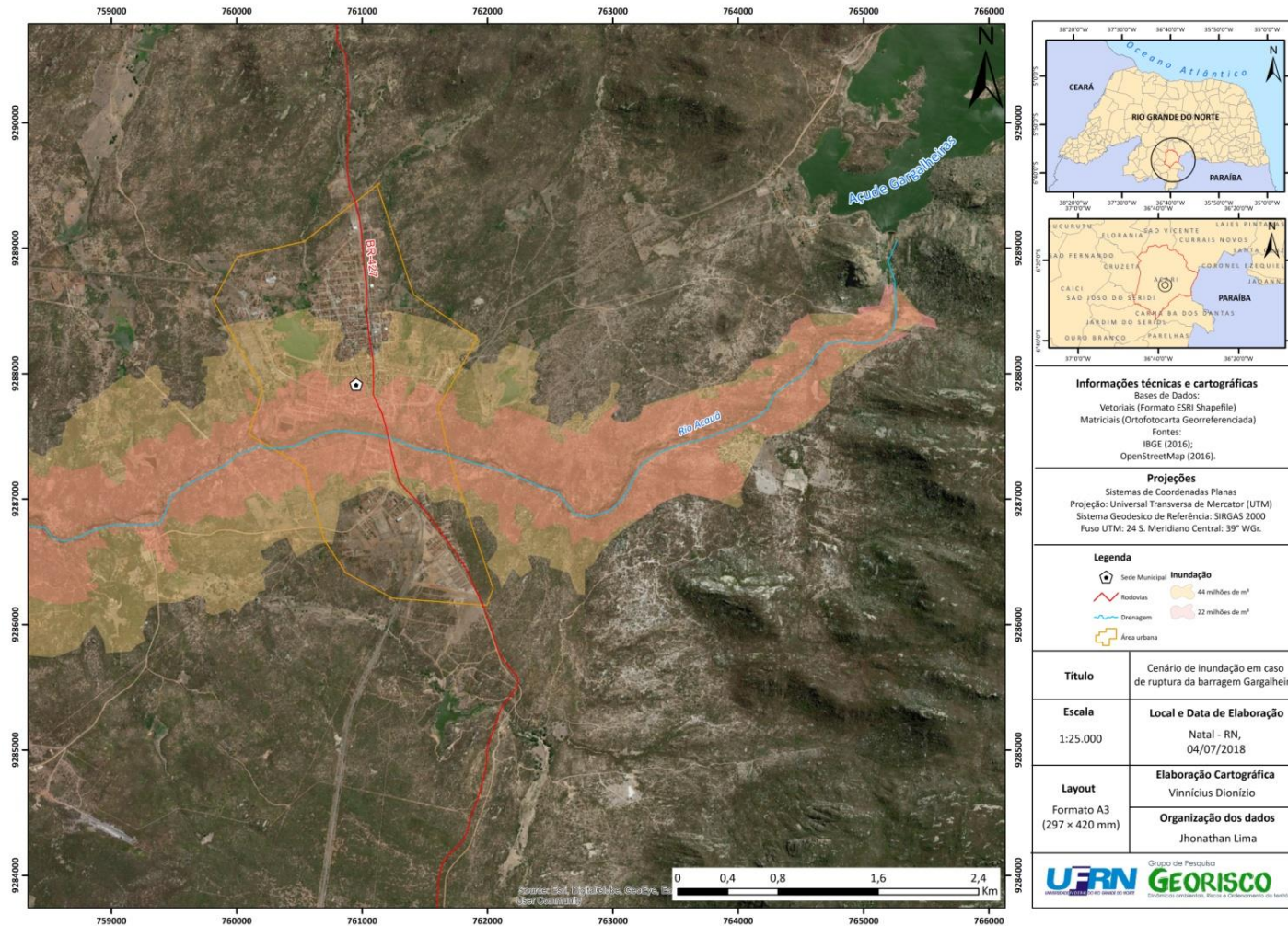
Fonte: Elaborado pelo autor com base em Machado & Borges (2016).

Figura: 68: Perfil topográfico.



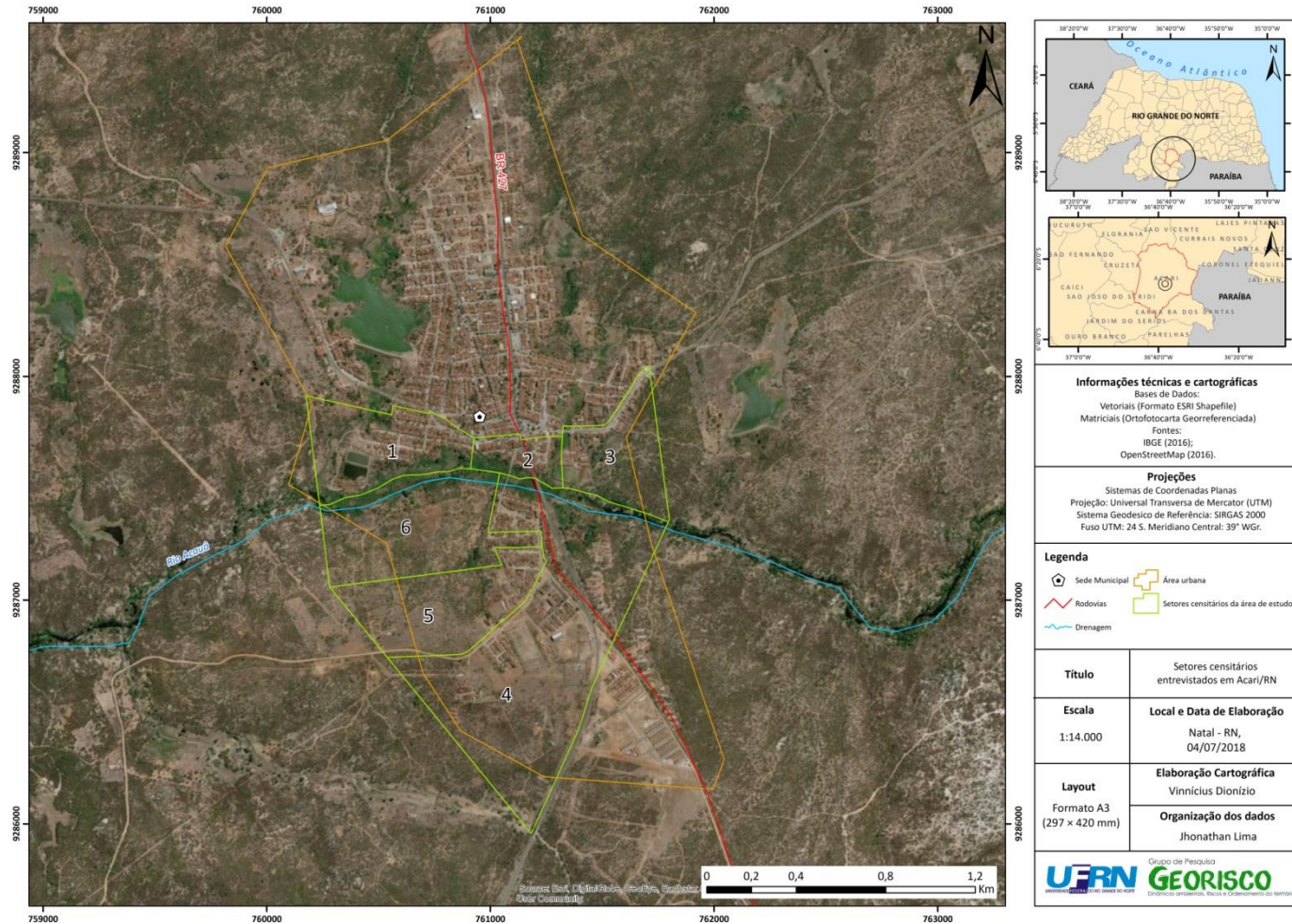
Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Figura: 69: Mapa de cenário de inundação na área global do estudo.



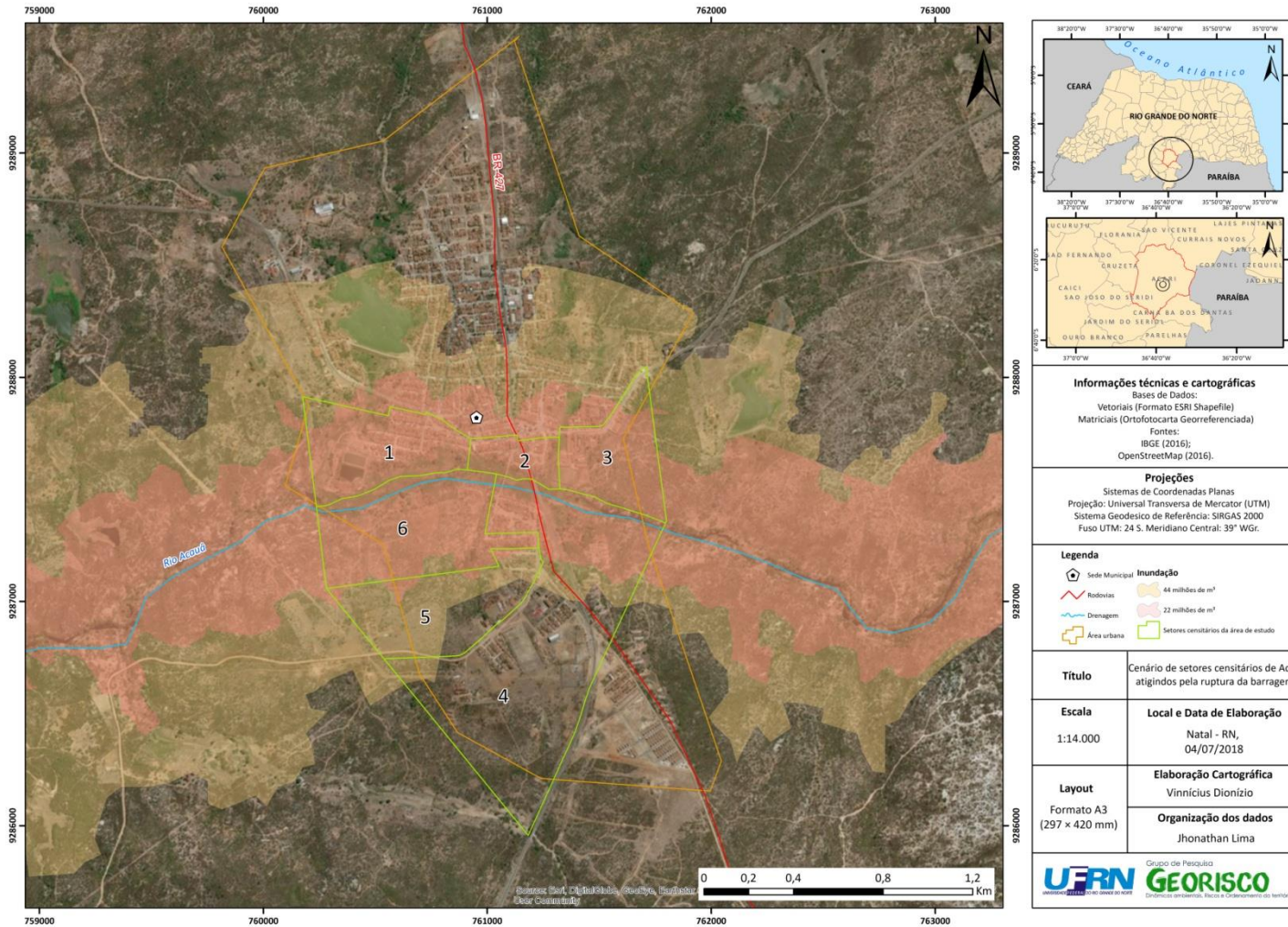
Fonte: IBGE (2016); Open Street Map (2016). Elaboração Dionízio e Lima (2018).

Figura: 70: Mapa de setores censitários de estudo.



Fonte: IBGE (2016); Open Street Map (2016). Elaboração Dionízio e Lima (2018).

Figura: 71: Mapa de inundação nos setores de estudo.



Fonte: IBGE (2016); Open Street Map (2016). Elaboração Dionízio e Lima (2018).

Nas figuras anteriores (69, 70, 71) é possível ver as possíveis áreas de inundação. Foram consideradas as cotas altimétricas e montados os dois cenários: se a barragem estivesse com 50% da capacidade e ainda o cenário de inundação com a barragem com 100% da capacidade.

6.2 Perfil descritivo da população da área de estudo

É importante conhecer a população estudada e sua realidade para saber em qual contexto ela influencia e é influenciada pelo território. Por esta razão, serão apresentadas a seguir, no Quadro 44, as variáveis que representam o perfil sociodemográfico da população entrevistada, divididos em seis frações, conforme cada característica específica de cada setor censitário da área de estudo.

Um apanhado geral do Quadro 44 é que a maioria dos setores não possui pessoas com necessidades especiais, a escolaridade do chefe da família é entre baixa e mediana, existe uma grande quantidade de adultos e idosos nos setores e a maioria das casas são compostas por de zero a quatro pessoas.

Quadro 44: Descrição do perfil sociodemográfico por setor censitário.

| Setores Censitários | Características | | | |
|---------------------|--|---|---|--|
| | Número de pessoas na casa | Faixa etária dos entrevistados | Escolaridade com o chefe da família | Pessoas com necessidade especiais na casa |
| 1 | 70,8 % estão na faixa de (0 a 4) pessoas residindo no imóvel e 29,2 % estão na faixa de (5 a 9) pessoas residindo no imóvel. | As pessoas na idade entre 0 a 19 anos representam 12,5 % dos entrevistados, 54,2 % das pessoas estão dentro da faixa entre 20 a 59 anos e 33,3 % estão na faixa de 60 anos acima. | Nunca estudou representam 20,8 %, Sabe ler e escrever representa 20,8 %, Ensino fundamental incompleto representam 8,3 %, Ensino fundamental completo representam 4,2 %, Ensino médio incompleto representam 29,2 % e Ensino médio completo representam 16,7 %. | 79,2 % informaram que não há pessoas com esse quadro em casa, e 20,8 % relatam que em casa há alguém com necessidades especiais. |
| 2 | 77,3 % estão na faixa de (0 a 4) pessoas residindo no imóvel e 22,7 % estão na faixa de (5 a 9) pessoas residindo no imóvel. | As pessoas na idade entre 0 a 19 anos representam 59,1 % dos entrevistados, 40,9 % das pessoas estão dentro da faixa entre 20 a 59 anos. | Nunca estudou representam 4,5 %, Sabe ler e escrever representam 4,5 %, Ensino fundamental incompleto representam 36,4 %, Ensino fundamental completo representam 13,6 %, Ensino médio incompleto representam 9,1 % e Ensino médio completo representam 18,2 %, Graduação representam 13,6 %. | 81,8 % informaram que não há pessoas com esse quadro em casa, e 18,2 % relatam que em casa há alguém com necessidades especiais. |
| 3 | 90,9 % estão na faixa de (0 a 4) pessoas residindo no imóvel e 9,1 % estão na faixa de (5 a 9) pessoas residindo no imóvel. | As pessoas na idade entre 0 a 19 anos representam 86,4 % dos entrevistados, 13,6 % das pessoas estão dentro da faixa entre 20 a 59 anos. | Nunca estudou representam 4,5 %, Sabe ler e escrever representam 4,5 %, Ensino fundamental incompleto representam 31,8 %, Ensino fundamental completo representam 9,1 %, Ensino médio incompleto representam 22,7 % e Ensino médio completo representam 27,3 %. | 90,9 % informaram que não há pessoas com esse quadro em casa, e 9,1 % relatam que em casa há alguém com necessidades especiais. |
| 4 | 59,9 % estão na faixa de (0 a 4) pessoas residindo no imóvel e 47,1 % estão na faixa de (5 a 9) pessoas residindo no imóvel. | As pessoas na idade entre 0 a 19 anos representam 17,6 % dos entrevistados, 58,8 % das pessoas estão dentro da faixa entre 20 a 59 anos e 23,5 % são pessoas dentro da faixa de 60 anos acima | Nunca estudou representam 5,9 %, Sabe ler e escrever representam 5,9 %, Ensino fundamental incompleto representam 11,8 %, Ensino fundamental completo representam 29,4 %, Ensino médio incompleto representam 11,8 % e Ensino médio completo representam 17,6 %, Graduação representam 11,8% e Pós-graduação representam 5,9 %. | 94,1 % informaram que não há pessoas com esse quadro em casa, e 5,9 % relatam que em casa há alguém com necessidades especiais. |
| 5 | 84,2 % estão na faixa de (0 a 4) pessoas residindo no imóvel e 15,8 % estão na faixa de (5 a 9) pessoas residindo no imóvel. | As pessoas na idade entre 0 a 19 anos representam 5,3 % dos entrevistados, 73,7 % das pessoas estão dentro da faixa entre 20 a 59 anos e 21,1 % são pessoas dentro da faixa de 60 anos acima | Nunca estudou representam 10,5 %, Ensino fundamental incompleto representam 47,4 %, Ensino fundamental completo representam 15,8 %, Ensino médio incompleto representam 5,3 % e Ensino médio completo representam 21,1 %. | 89,5 % informaram que não há pessoas com esse quadro em casa, e 10,5 % relatam que em casa há alguém com necessidades especiais. |
| 6 | 90,9 % estão na faixa de (0 a 4) pessoas residindo no imóvel e 9,1 % estão na faixa de (5 a 9) pessoas residindo no imóvel. | As pessoas na idade entre 20 a 59 anos representam 72,7 % e as pessoas dentro da faixa de 60 anos acima representam 27,3 | Nunca estudou representam 18,2 %, Sabe ler e escrever representam 13,6 %, Ensino fundamental incompleto representam 36,4 %, Ensino fundamental completo representam 13,6 %, Ensino médio incompleto representam 9,1 % e Ensino médio completo representam 9,1 %. | 90,9 % informaram que não há pessoas com esse quadro em casa, e 9,1 % relatam que em casa há alguém com necessidades especiais. |

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

6.3 Percepção ao risco de rompimento da barragem

Antes de ser relatada a síntese das tabelas com o produto final deste trabalho, é preciso que o leitor entenda que a percepção é algo subjetivo, não preso a ideias corretas para a ciência.

De acordo com Cardoso (2009), a percepção remete a um fenômeno de cunho psicológico, social e coletivo, visto que abarca os sentidos para a interpretação de uma experiência vivida pelo sujeito. Porém, para este trabalho abordaremos o conceito de percepção a partir da perspectiva do risco. Logo, para Wiedemann (1993), a percepção do risco tende a ser uma capacidade interpretativa de um possível evento à saúde ou a vida do sujeito ou de um grupo de indivíduos, cuja interpretação está pautada em experiências anteriores e a um possível fato futuro. Essa habilidade possui subjetividade no sentido de que há variações de convicções. Ainda com o enfoque da percepção voltada ao risco, Whyte (1985) afirma que há um processo no qual os riscos são avaliados e compreendidos de forma subjetiva.

Diante desta subjetividade, trazemos a fenomenologia para a discussão da percepção dos desastres, na interpretação dos autores Santos e Souza (2015), que trazem o filósofo Edmund Husserl (1859-1938), grande estudioso da fenomenologia. Husserl aborda em suas pesquisas o conhecimento humano, com ênfase na percepção, destacando que o indivíduo está em sintonia com sensações com o mundo físico. Isso permitirá que o indivíduo possa perceber previamente possíveis desastres por meio de sensações e percepções do seu cotidiano com o meio.

Ao tratar da barragem Gargalheiras, a população de Acari se mostrou muito preocupada com o estado da estrutura. Segundo relatos dos moradores, desde que a barragem foi construída existe o boato que ela poderia romper, deixando a cidade inundada, com apenas a torre da Igreja de Nossa Senhora da Guia descoberta.

Ao longo do tempo essas crenças populares foram deixadas para trás. As novas gerações de acarienses não relatavam muito essas histórias de possível ruptura da barragem. Entretanto com a intensificação severa da seca, o nível da barragem secou, colocando à mostra as rachaduras antes nunca vistas, pois estavam de baixo d'água. Como contemplar a paisagem é contemplar tudo que a visão abarca, segundo Santos (1997), a população de Acari, ao visualizar a nova

realidade da barragem seca, apresentando rachaduras em sua parede, aguçou a percepção ao risco, e trouxe do passado a preocupação de que o Gargalheiras poderia romper.

Muito foi discutido em reuniões organizadas pela comunidade e pelo Comitê da Bacia Hidrográfica do Piancó-Piranhas-Açu (CBHCPA), no sentido de chamar a atenção da população para os riscos provocados pela falta de manutenção na barragem, e que a sociedade civil organizada cobrasse do DNOCS a reforma da barragem. Como foi visto, o apelo da população ecoou e alguns reparos estão sendo feitos na parede da barragem.

Todavia, é preciso o monitoramento e a manutenção periódica das estruturas, pois elas encontram-se expostas às intempéries severas do semiárido. Também se faz necessário um estudo mais profundo com radares geofísicos para verificar se a oxidação da ombreira e as fundações estão livres de riscos. Além disso, é importante a transparência das informações para que cada vez mais a sociedade acariense tome nota e cobre ações de reparos na barragem, no sentido de minimizar os riscos de ruptura.

É nesse sentido que, com o afloramento dos sentidos, a população acariense percebeu que havia algo errado: não é preciso ser um engenheiro barragista para saber que rachaduras e armações à mostra não são bons sinais de conservação em uma parede de uma barragem. Cabe ressaltar que a percepção é algo subjetivo, sendo também influenciada por experiências vividas em particular. Cada pessoa terá uma percepção diferente ao ver a parede da barragem: há pessoas que podem ver apenas um aparelho técnico fixado na paisagem, outras podem ver além, sabendo que as anomalias na estrutura representam risco à população a jusante da barragem.

6.4 Análise integrada da percepção da população exposta ao risco de ruptura da barragem

Para que se chegasse ao entendimento dos motivos da percepção da população, foi preciso traçar, de forma integrada, o perfil da população dos seis setores censitários da área estudada.

Com o método de análise feito por cruzamentos de informações, é possível saber que uma dada resposta é apresentada em decorrência de fatores que outra variável determina.

Aqui serão tratados, de forma sistemática, os cruzamentos das variáveis que mais tiveram peso na análise da população. Os dados serão apresentados por categorias dos seis setores da área de estudo. Cabe ressaltar que as tabelas foram coloridas com as cores verde (baixo), laranja (médio) e vermelho (alto), referentes à porcentagem da ocorrência de determinado caso. Cada tabela terá seu valor específico de intervalo, sendo o valor menor da tabela o valor inicial do intervalo e o maior valor será o valor final do intervalo.

Nesta amplitude, do menor para o maior número de cada tabela em específico, foram divididas as três classes de maneira a ficarem aproximadamente com intervalos iguais. Os valores dos intervalos são divididos nas categorias baixo, médio e alto. E cabe ressaltar que o V é referente à variável do questionário.

Categoria: Informações gerais.

No Quadro 45 é apresentado o cruzamento das variáveis 'Renda total da casa' por 'Recebem auxílio do Governo Federal'. Nas residências cuja renda é de até 1 salário mínimo, 71,4% recebem o auxílio da União e 28,6% não recebem. Na categoria de 1 a 3 salários mínimos de renda na casa, 87,5% não recebem auxílio da União e 12,5% recebem o auxílio. Com renda entre 3 e 6 salários mínimos nas residências, 100% relataram que não recebem auxílio da União. Tais informações são referentes ao Setor Censitário 1, onde é possível constatar que a monetarização das residências com renda total de até 1 salário mínimo ocorre a partir de programas de auxílio do Governo Federal. Já as residências com rendas entre 1 a 3 e de 3 a 6 salários mínimos não dependem de auxílio do Governo Federal. Com base nos dados supracitados podemos inferir que, devido à renda, as populações dessas faixas de renda possuem a vulnerabilidade menor.

Quadro 45: Variáveis V7 x V31 (Setor 1).

| V7 x V31 | | Recebem auxílio do Gov. Federal | | Intervalo | Categoria |
|---------------------|---------------------------|---------------------------------|-------|-----------|-----------|
| | | Não | Sim | | |
| Renda total da casa | Até 1 salário mínimo | 28,6% | 71,4% | 0 - 33 | Baixo |
| | De 1 a 3 salários mínimos | 87,5% | 12,5% | 34 - 67 | Médio |
| | De 3 a 6 salários mínimos | 100,0% | 0,0% | 68 - 100 | Alto |

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

O Quadro 46, referente ao Setor 2, faz a relação entre a ‘Renda total da casa’ por pessoas que ‘Recebem auxílio de Governo Federal’. As residências que possuem até 1 salário mínimo, relataram que 66,7% não recebem o auxílio e 33,3% recebem auxílio do Governo Federal. Nas residências que têm renda de 1 a 3 salários mínimos, 87,5% não recebem auxílio do Governo Federal e 12,5% recebem o auxílio. Já a faixa de renda de 3 a 6 e 6 acima, 100% delas não recebe auxílio da União. Em síntese, é notório que as faixas de renda com maior poder aquisitivo, não dependem de ajuda financeira do Governo Federal. Uma particularidade deste setor é que a faixa de renda mais baixa, informou que poucas casas recebem auxílio da União, embora tenham baixa renda, o que é preocupante, pois essa faixa de renda é mais vulnerável financeiramente.

Quadro 46: Variáveis V7 x V31 (Setor 2).

| V7 x V31 | | Recebem auxílio do Gov. Federal | | Intervalo | Categoria |
|---------------------|------------------------------|---------------------------------|-------|-----------|-----------|
| | | Não | Sim | | |
| Renda total da casa | Até 1 salário mínimo | 66,7% | 33,3% | | |
| | De 1 a 3 salários mínimos | 87,5% | 12,5% | 0 - 33 | Baixo |
| | De 3 a 6 salários mínimos | 100,0% | 0,0% | 34 - 67 | Médio |
| | De 6 a mais salários mínimos | 100,0% | 0,0% | 68 - 100 | Alto |

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Neste Quadro 47, referente à ‘Renda total da casa’ por ‘Recebem auxílio do Governo Federal’, percebemos que nas primeiras faixas de renda, que são as residências que não possuem nenhuma renda ou possuem renda de até 1 salário mínimo, informaram que 50% recebem e 50% não recebem o auxílio, o que é preocupante, visto que metade do grupo não possui renda e também não é assistida pelo Estado. Já as faixas de renda de 1 a 3 e 3 a 6 salários mínimos, 100% delas não recebe auxílio financeiro do Estado, tendo meio próprios de se reestruturar em um pós-desastre.

Quadro 47: Variáveis V7 x V31 (Setor 3).

| V7 x V31 | | Recebem auxílio do gov. Federal | | Intervalo | Categoria |
|---------------------|---------------------------|---------------------------------|-------|-----------|-----------|
| | | Não | Sim | | |
| Renda total da casa | Nenhuma | 50,0% | 50,0% | | |
| | Até 1 salário mínimo | 50,0% | 50,0% | 0 - 33 | Baixo |
| | De 1 a 3 salários mínimos | 100,0% | 0,0% | 34 - 67 | Médio |
| | De 3 a 6 salários mínimos | 100,0% | 0,0% | 68 - 100 | Alto |

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

No Quadro 48, referente ao Setor 4, temos o cruzamento das variáveis 'Renda total da casa' por residências que 'Recebem auxílio do Governo Federal'. Nas duas primeiras faixas de renda, nas quais a renda total da casa é nenhuma e de até 1 salário mínimo, 50% das residências recebem e 50% não recebem auxílio do Governo Federal. Com isso, 50% das duas faixas de renda ficam sem renda em suas casas, aumentando o grau de vulnerabilidade ao não possuírem renda para atuar em um cenário de desastre. As residências cujas faixas de renda são de 1 a 3 e 3 a 6 salários mínimos apresentaram 66,7% de negação ao recebimento de auxílio da União, mas 33,3% das residências dessa faixa recebem o auxílio. Aqui se percebe uma discrepância no repasse dos auxílios: quem tem uma renda menor não recebe e quem tem uma renda relativamente alta para a área de estudo, é contemplado com o benefício.

Quadro 48: Variáveis V7 x V31 (Setor 4).

| V7 x V31 | | Recebem auxílio do Gov. Federal | | Intervalo | Categoria |
|---------------------|---------------------------|---------------------------------|-------|---------------|-----------|
| | | Não | Sim | | |
| Renda total da casa | Nenhuma | 50,0% | 50,0% | | |
| | Até 1 salário mínimo | 50,0% | 50,0% | 33,3 - 44,43 | Baixo |
| | De 1 a 3 salários mínimos | 66,7% | 33,3% | 44,44 - 55,57 | Médio |
| | De 3 a 6 salários mínimos | 66,7% | 33,3% | 55,58 - 66,7 | Alto |

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

O Quadro 49, que remete ao Setor 5, é o cruzamento das variáveis 'Renda total da casa' e 'Recebem auxílio do Governo Federal'. Na faixa de renda de até 1 salário mínimo, 71,4% informaram que recebem o auxílio da União e 28,6% não recebem o auxílio. Nesse sentido, inferimos que grande parte da renda dessas residências é proveniente de ajuda do Governo Federal, o que enquadra essa população nos quadros de vulnerabilidade social. A faixa de renda entre 1 a 3 salários mínimos relatou que 87,5% não recebem o auxílio e 12,5% recebem. Na faixa entre 3 e 6 salários mínimos, a totalidade das residências não recebe auxílio do Estado. Assim, vemos novamente que as residências que possuem renda mais elevada não dependem totalmente de recursos oriundos no Governo, tendo, portanto, maiores possibilidades de se reerguer em um pós-desastre.

Quadro 49: Variáveis V7 x V31 (Setor 5).

| V7 x V31 | | Recebem auxílio do Gov. Federal | | Intervalo | Categoria |
|---------------------|---------------------------|---------------------------------|-------|-----------|-----------|
| | | Não | Sim | | |
| Renda total da casa | Até 1 salário mínimo | 28,6% | 71,4% | 0 - 33 | Baixo |
| | De 1 a 3 salários mínimos | 87,5% | 12,5% | 34 - 67 | Médio |
| | De 3 a 6 salários mínimos | 100,0% | 0,0% | 68 - 100 | Alto |

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

No Quadro 50, referente ao Setor 6, o cruzamento das variáveis 'Renda total da casa' por residências que 'Recebem auxílio do Governo Federal', resultou na percepção de 66,7% das casas que não têm a renda com nenhuma também não recebem auxílio governamental e 33,3% recebem auxílio. A faixa de renda de até 1 salário mínimo tem 77,8% que não recebem o auxílio e 22,2% que recebem. Na faixa de renda entre 1 e 3 salários mínimos, 70% não recebem o auxílio e 30% recebem. Então, as pessoas cuja renda varia de nenhuma a até 1 salário mínimo apresentam um percentual alto de não recebimento e essas famílias de perfil socialmente vulnerável, são as que mais seriam afetadas em um possível desastre. Embora a faixa de renda intermediária de 1 a 3 salários mínimos tenha 70% dos

seus integrantes que não recebem auxílio do governo, 30% das residências tem sua renda complementada com o auxílio Federal.

Quadro 50: Variáveis V7 x V31 (Setor 6).

| V7 x V31 | | Recebem auxílio do Gov. Federal | | Intervalo | Categoria |
|---------------------|---------------------------|---------------------------------|-------|---------------|-----------|
| | | Não | Sim | | |
| Renda total da casa | Nenhuma | 66,7% | 33,3% | 22,2 - 40,73 | Baixo |
| | Até 1 salário mínimo | 77,8% | 22,2% | 40,74 - 59,27 | Médio |
| | De 1 a 3 salários mínimos | 70,0% | 30,0% | 59,28 - 77,8 | Alto |

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Categoria: Informações gerais.

O Quadro 51 remete ao Setor 1, com o cruzamento das variáveis ‘Situação da casa’ pelo ‘Motivo de morar no lugar’. Em evidência estão as informações de que 50% das pessoas que possuem casa própria foram morar no imóvel devido ao valor mais barato do terreno, e 22,2% devido a ser mais perto da família e amigos. Das pessoas que possuem casas alugadas, 40% decidiu morar no lugar por ser mais próximo ao centro da cidade. Das pessoas que se enquadram na categoria ‘casa cedida’, 100% decidiram morar no lugar devido ser mais perto da casa da família. Viavelmente decidiram morar no lugar por ter o acesso melhor ao centro da cidade e por terem terrenos com preços mais acessíveis. Em caso de uma ruptura da barragem a população teria que sair do seu lugar, sendo transferidos para outras áreas não inundadas, podendo perder as noções de identidades e pertencimento.

Quadro 51: Variáveis V9 x V14 (Setor 1).

| V9 x V14 | | Motivo de morar no lugar | | | | | Intervalo | Categoria |
|------------------|---------|--------------------------|-------|----------------------|---------------------------|--------|-----------|-----------|
| | | Terreno mais barato | Posse | Mais perto do centro | Perto da família e amigos | Outros | | |
| Situação as casa | Própria | 50,0% | 5,6% | 11,1% | 22,2% | 11,1% | 0 - 33 | Baixo |
| | Alugada | 20,0% | 20,0% | 40,0% | 0,0% | 20,0% | 34 - 67 | Médio |
| | Cedida | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 100,0% | 0,0% | 68 - 100 | Alto |

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

O Quadro 52 faz referência ao Setor 2, com o cruzamento das variáveis ‘Situação da casa’ pelo ‘Motivo de morar no lugar’. Das pessoas que residem em casa própria, 33,3% optaram por morar no lugar devido ao preço mais barato do terreno, 25% decidiram morar no lugar pelo motivo de posse, 25% relataram outros motivos. Das pessoas que possuem casa alugada, 57,1% são casas com origem de posse, 28,6% oriundo de outros motivos. As casas cedidas têm como 66,7% moram no lugar pelo motivo de ser mais perto da família, e 33,3% relatam outros motivos de morar na localidade.

Quadro 52: Variáveis V9 x V14 (Setor 2).

| V9 x V14 | | Motivo de morar no lugar | | | | Intervalo | Categoria |
|------------------|---------|--------------------------|-------|---------------------------|-------|---------------|-----------|
| | | Terreno mais barato | Posse | Perto da família e amigos | Outro | | |
| Situação da casa | Própria | 33,3% | 25,0% | 16,7% | 25,0% | 0 - 22,23 | Baixo |
| | Alugada | 14,3% | 57,1% | 0,0% | 28,6% | 22,24 - 44,47 | Médio |
| | Cedida | 0,0% | 0,0% | 66,7% | 33,3% | 44,48 - 66,7 | Alto |

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

No Quadro 53 a referência é feita ao Setor 3, para as variáveis ‘Situação da casa’ pelo ‘Motivo de morar no lugar’. Das pessoas que relataram morar em casa própria 50% decidiram morar no lugar pelo terreno ser mais barato e 50% por ser propriedade oriunda de posse. Das pessoas que relataram morar em casa alugada, 38,8% decidiram residir no lugar por ser mais próximo ao centro de Acari e 21,1% em decorrência de propriedades de posse.

Quadro 53: Variáveis V9 x V14 (Setor 3).

| V9 x V14 | | Motivo de morar no lugar | | | | | | Intervalo | Categoria |
|------------------|---------|--------------------------|-------|------------------------|----------------------|------------------|-------|-------------|-----------|
| | | Terreno mais barato | Posse | Conjunto da prefeitura | Mais perto do centro | Perto da família | Outro | | |
| | | | | | | | | 0 - 16,66 | Baixo |
| Situação da casa | Própria | 50,0% | 50,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 6,67 - 33,3 | Médio |
| | Alugada | 5,3% | 21,1% | 5,3% | 36,8% | 15,8% | 15,8% | 33,34 - 50 | Alto |

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

O Quadro 54 remete ao Setor 4, com o cruzamento das variáveis ‘Situação da casa’ e ‘Motivo de morar no lugar’. Das pessoas que moram em casa própria, 66,7% decidiram morar no lugar porque o terreno é mais barato, seguidas de 16,7% de propriedades oriundas de posse. Das pessoas que moram em casas alugadas, 33,3% representam tanto pelo valor do imóvel ser mais em conta como pela

proximidade da família e amigos. As casas cedidas e outros correspondem a 100% dos casos em quem a casa fica perto da família e amigos.

Quadro 54: Variáveis V9 x V14 (Setor 4).

| V9 x V14 | | Motivo de morar no lugar | | | | | Intervalo | Categoria |
|------------------|---------|--------------------------|-------|----------------------|---------------------------|-------|-----------|-----------|
| | | Terreno mais barato | Posse | Mais perto do centro | Perto da família e amigos | Outro | | |
| Situação da casa | Própria | 66,7% | 16,7% | 0,0% | 8,3% | 8,3% | | |
| | Alugada | 33,3% | 0,0% | 33,3% | 0,0% | 33,3% | 0 - 33 | Baixo |
| | Cedida | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 100,0% | 0,0% | 34 - 67 | Médio |
| | Outro | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 100,0% | 0,0% | 68 - 100 | Alto |

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

O Quadro 55 é referente ao Setor 5, e discute a relação entre a ‘Situação da casa’ e o ‘Motivo de morar no lugar’. Das pessoas que relataram morar em casa própria, 33,3% moram no lugar devido à proximidade com a família e amigos, 26,7% relataram que o motivo seria o valor mais barato do terreno. Entre as pessoas que moram em casa alugada, 50% delas optaram por morar no lugar devido a terrenos oriundos de posse, bem como relataram também por ser localizar perto da família e amigos. Das pessoas que informaram que a casa era cedida, 50% colocaram o motivo de posse e outros.

Quadro 55: Variáveis V9 x V14 (Setor 5).

| V9 x V14 | | Motivo de morar no lugar | | | | | | Intervalo | Categoria |
|------------------|---------|--------------------------|-------|------------------------|----------------------|---------------------------|--------|---------------|-----------|
| | | Terreno mais barato | Posse | Conjunto da prefeitura | Mais perto do centro | Perto da família e amigos | Outros | | |
| Situação da casa | Própria | 26,7% | 6,7% | 6,7% | 13,3% | 33,3% | 13,3% | 0 - 16,66 | Baixo |
| | Alugada | 0,0% | 50,0% | 0,0% | 0,0% | 50,0% | 0,0% | 16,67 - 33,33 | Médio |
| | Cedida | 0,0% | 50,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 50,0% | 33,34 - 50 | Alto |

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

O Quadro 56 remete ao Setor 6, e discute a relação da ‘Situação da casa’ e o ‘Motivo de morar no lugar’. As pessoas com casa própria neste setor relataram que o motivo morar no lugar foi pelos terrenos serem mais baratos (25%), bem como outros 25% apresentaram outros motivos. Das pessoas que moram em casas alugadas, 33,3% representam o motivo de morar no lugar por ser posse, conjunto da prefeitura e outros. Das pessoas com casas cedidas, 66,7% tem suas casas em

terrenos de posse e 33,3% optaram por morar no lugar devido ao terreno ser mais barato.

Quadro 56: Variáveis V9 x V14 (Setor 6).

| V9 x V14 | | Motivo de morar no lugar | | | | | | Intervalo | Categoria |
|------------------|---------|--------------------------|-------|------------------------|----------------------|---------------------------|-------|---------------|-----------|
| | | Terreno mais barato | Posse | Conjunto da prefeitura | Mais perto do centro | Perto da família e amigos | Outro | | |
| Situação da casa | Própria | 25,0% | 18,8% | 6,3% | 6,3% | 18,8% | 25,0% | 0 - 22,23 | Baixo |
| | Alugada | 0,0% | 33,3% | 33,3% | 0,0% | 0,0% | 33,3% | 22,24 - 44,47 | Médio |
| | Cedida | 33,3% | 66,7% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 44,48 - 66,7 | Alto |

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Concluimos que inúmeros fatores resultaram na decisão das pessoas morarem próximo ao rio, aumentando assim a vulnerabilidade delas pessoas a uma inundação.

Categoria: Lembrança do risco.

No Quadro 57 referente ao Setor 1, que trata do cruzamento das variáveis 'Lembrança do período da última inundação' por 'Lembrança se houve danos na última inundação', constatamos que, das pessoas que relataram que não lembram do período da última inundação, 93,3% também não lembra se houve danos na última inundação e 6,7 % lembram de ter havido danos durante a cheia do rio. Ainda, das pessoas que relataram a lembrança das últimas inundações na cidade, apresentaram 44,4% tanto para os que lembram, como para os que não se lembram de ter havido danos na cidade.

Quadro 57: Variáveis V15 x V16 (Setor 1).

| V15 x V16 | | Lembrança se houve danos na última inundação | | | Intervalo | Categoria |
|--|-----|--|-------|-------|-------------|-----------|
| | | Não | Sim | Outro | | |
| Lembrança do período da última inundação | Não | 93,3% | 6,7% | 0,0% | 0 - 31,1 | Baixo |
| | Sim | 31,2 - 62,3 | Médio | | | |
| | | 44,4% | 44,4% | 11,1% | 62,4 - 93,4 | Alto |

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

No Quadro 58, representativo do Setor 2, e inerente à relação das variáveis ‘Lembrança do período da última inundação’ e ‘Lembrança se houve dano na última inundação’, temos que, das pessoas que relataram que não lembram da última inundação, 90% também relatou que não lembram de eventos como danos provocados pela cheia do rio, seguidos de 10% que lembram desses danos. Além disso, 91,7 % das pessoas que de lembram da última cheia, não lembram se houve danos, seguido de 8,3% que se recordam.

Quadro 58: Variáveis V15 x V16 (Setor 2).

| V15 x V16 | | Lembrança se houve dano na última inundação | | Intervalo | Categoria |
|--|-----|---|-------|-------------|-----------|
| | | Não | Sim | | |
| Lembrança do período da última inundação | Não | 90,0% | 10,0% | 36,2 - 64,0 | Médio |
| | Sim | 91,7% | 8,3% | 64,1 - 91,9 | Alto |

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

O Quadro 59 remete ao Setor 3, e nela é discutida a relação entre ‘Lembrança do período da última inundação’ pela ‘Lembrança se houve dano na última cheia do rio’. As pessoas que informaram não se lembrar da última cheia do rio também não se lembram de danos, representando assim 72,7%, enquanto outros 27,3% relataram que lembram de danos. 81,8% das pessoas que se lembram do período da última inundação não lembram de ter havido danos e 18,2 % relataram lembrar de danos na cidade provocados pela cheia do rio.

Quadro 59: Variáveis V15 x V16 (Setor 3).

| V15 x V16 | | Lembrança se houve dano na última inundação | | Intervalo | Categoria |
|--|-----|---|-------|-------------|-----------|
| | | Não | Sim | | |
| Lembrança do período da última inundação | Não | 72,7% | 27,3% | 27,3 - 54,5 | Médio |
| | Sim | 81,8% | 18,2% | 54,6 - 81,8 | Alto |

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

O Quadro 60 é referente ao Setor 4, e traz o cruzamento das variáveis 'Lembrança do Período da última inundação' pela 'Lembrança se houve danos na cidade provocados pela cheia no rio'. Neste grupo temos que todas as pessoas ouvidas não se lembram da última inundação, e também não lembram de danos provocados por cheias na cidade. Em seguida temos um grupo de 72,7% que não se lembram das últimas inundações, porém se lembram de danos provocados por cheias na cidade. E ainda: 27,3% se lembram das últimas inundações, mas não recordam de ter havido danos na cidade oriundos de inundações.

Quadro 60: Variáveis V15 x V16 (Setor 4).

| V15 x V16 | | Lembrança se houve dano na última inundação | | Intervalo | Categoria |
|--|-----|---|-------|-----------|-----------|
| | | Não | Sim | | |
| Lembrança do período da última inundação | Não | 100,0% | 0,0% | 0 - 33 | Baixo |
| | Sim | 27,3% | 72,7% | 34 - 67 | Médio |
| | | | | 68 - 100 | Alto |

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

O Quadro 61 remete ao Setor 5, no cruzamento das variáveis 'Lembrança do Período da última inundação' pela 'Lembrança se houve danos na cidade provocados pela cheia no rio'. Das pessoas que não se lembram da última inundação na cidade e também não se lembram de danos, assim representados por 88,9% e são seguidos por 11,1% que não se lembram da inundação, mas lembram dos danos. 80% das pessoas que afirmaram se lembrar da última inundação, também são as mesmas pessoas que não se recordam de danos na cidade. E dos 20% que se lembram da última inundação, se lembram de ter havido danos na cidade.

Quadro 61: Variáveis V15 x V16 (Setor 5).

| V15 x V16 | | Lembrança se houve dano na última inundação | | Intervalo | Categoria |
|--|-----|---|-------|---------------|-----------|
| | | Não | Sim | | |
| Lembrança do período da última inundação | Não | 88,9% | 11,1% | 11,1 - 37,03 | Baixo |
| | Sim | 80,0% | 20,0% | 37,04 - 62,97 | Médio |
| | | | | 62,98 - 88,9 | Alto |

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

No Quadro 62 é possível constatar a referência ao Setor 5, assim tratando da relação entre ‘Lembrança do Período da última inundação’ pela ‘Lembrança se houve danos na cidade provocados pela cheia no rio’. As pessoas que relataram que não lembram da última cheia do rio Acauã, são as mesmas que não lembram de danos na última cheia, representando 100%. E as pessoas que lembram da última cheia e não lembram de danos representam 45,5%, seguidos de 54,5% de pessoas que não lembram da última cheia e não lembram de danos.

Quadro 62: Variáveis V15 x V16 (Setor 6).

| V15 x V16 | | Lembrança se houve dano na última inundação | | Intervalo | Categoria |
|--|-----|---|-------|-----------|-----------|
| | | Não | Sim | | |
| Lembrança do período da última inundação | Não | 100,0% | 0,0% | 0 - 33 | Baixo |
| | Sim | 45,5% | 54,5% | 34 - 67 | Médio |
| | | | | 68 - 100 | Alto |

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

O que pode ser constatado neste segmento é que, no geral, as pessoas não se lembram da última cheia e lembram ligeiramente de danos, tendo a ideia que não haverá inundações por estarem morando em território com irregularidade no regime pluviométrico. Com essa perspectiva, elas não fortalecem suas casas nem se preparam para possíveis eventos naturais que possam expor a elas e suas famílias aos riscos – neste caso o risco de inundação devido à ruptura da barragem.

Categoria: Pré-impacto.

O Quadro 63 faz referência ao Setor 1. Ela remete ao cruzamento das variáveis ‘Sentimento de segurança ao morar próximo ao rio’ por ‘Acreditam que há o monitoramento e manutenção regular na barragem’. Das pessoas que responderam que não se sentem seguras, 67,7% acreditam que há reparos constantes na barragem. Seguido tem-se das pessoas que não se sentem seguras, 33,3% afirmando que acreditam que não há nenhum monitoramento ou manutenção regular na barragem.

Quadro 63: Variáveis V17 x V19 (Setor 1).

| V17 x v19 | | Acreditam que há o monitoramento e manutenção regular na barragem | | | Intervalo | Categoria |
|---|-----|---|-------|-------|---------------|-----------|
| | | Não | Sim | Outro | | |
| Sentimento de segurança ao morar próximo ao rio | Não | 33,3% | 66,7% | 0,0% | 22,24 - 44,47 | Médio |
| | Sim | 46,7% | 46,7% | 6,7% | 44,48 - 66,7 | Alto |

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

O Quadro 64 faz referência ao Setor 2 e remete ao cruzamento das variáveis ‘Sentimento de segurança ao morar próximo ao rio’ por ‘Acreditam que há o monitoramento e manutenção regular na barragem’. Das pessoas que não se sentem seguras morando próximo ao rio, 60% acreditam que não existem reparos periódicos na barragem, e 40% acreditam que há esses reparos. Já entre as pessoas que se sentem seguras morando próximo ao rio, por mais que elas afirmem isso, 91,7% acreditam que não há manutenção regular na barragem, seguidos de 8,3% que acreditam que sempre há manutenção.

Quadro 64: Variáveis V17 x V19 (Setor 2).

| V17 x V19 | | Acreditam que há monitoramento e manutenção regular na barragem | | Intervalo | Categoria |
|---|-----|---|-------|-------------|-----------|
| | | Não | Sim | | |
| Sentimento de segurança ao morar próximo ao rio | Não | 60,0% | 40,0% | 36,2 - 64,0 | Médio |
| | Sim | 91,7% | 8,3% | 64,1 - 91,9 | Alto |

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

O Quadro 65 faz referência ao Setor 3 e remete ao cruzamento das variáveis ‘Sentimento de segurança ao morar próximo ao rio’ por ‘Acreditam que há o monitoramento e manutenção regular na barragem’. Das pessoas que relataram que não se sentem seguras morando próximo ao rio, 50% relataram que acreditam que há manutenções na barragem e 50% não acreditam que há intervenções corretivas. Já as pessoas que informaram que se sentem seguras morando próximas ao rio, 50% acreditam que não existem intervenções na barragem, e 41,7% acreditam que há correções periódicas na barragem.

Quadro 65: Variáveis V17 x V19 (Setor 3).

| V17 x V19 | | Acreditam que há monitoramento e manutenção regular na barragem | | | Intervalo | Categoria |
|---|-----|---|-------|-------|---------------|-----------|
| | | Não | Sim | Outro | | |
| | | | | | 0 - 16,66 | Baixo |
| Sentimento de segurança ao morar próximo ao rio | Não | 50,0% | 50,0% | 0,0% | 16,67 - 33,33 | Médio |
| | Sim | 50,0% | 41,7% | 8,3% | 33,34 - 50 | Alto |

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

O Quadro 66 faz referência ao Setor 4, ela remete ao cruzamento das variáveis 'Sentimento de segurança ao morar próximo ao rio' por 'Acreditam que há o monitoramento e manutenção regular na barragem'. As pessoas que relataram não se sentir seguras morando próximo ao rio, são as mesmas 75% que acreditam que não há manutenção ou monitoramento regular na barragem. Elas são seguidas de 25% que acreditam que há manutenção na barragem. Ainda, segundo as pessoas que informaram que se sentem seguras morando perto do rio, por mais que elas sintam isso, 84,6% acreditam não haver manutenção na barragem e 15,4% acreditam em intervenções corretivas regulares.

Quadro 66: Variáveis V17 x V19 (Setor 4).

| V17 x V19 | | Acredita que há monitoramento e manutenção regular na barragem | | Intervalo | Categoria |
|---|-----|--|-------|---------------|-----------|
| | | Não | Sim | | |
| | | | | 15,4 - 38,46 | Baixo |
| Sentimento de segurança ao morar próximo ao rio | Não | 75,0% | 25,0% | 38,47 - 61,53 | Médio |
| | Sim | 84,6% | 15,4% | 61,54 - 84,6 | Alto |

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

O Quadro 67 faz referência ao Setor 5. Ela remete ao cruzamento das variáveis 'Sentimento de segurança ao morar próximo ao rio' por 'Acreditam que há o monitoramento e manutenção regular na barragem'. Das pessoas que relataram não se sentirem seguras morando próximo ao rio, 100% acreditam que não há manutenção ou monitoramento na barragem. E das pessoas que se sentem seguras residindo próximas ao rio, 72,2% acreditam que há manutenção na barragem e 27,8% acreditam que não há manutenção.

Quadro 67: Variáveis V17 x V19 (Setor 5).

| V17 x V19 | | Acreditam que há monitoramento e manutenção regular na barragem | | Intervalo | Categoria |
|---|---|---|-------|-----------|-----------|
| | | 0 | 1 | | |
| Sentimento de segurança ao morar próximo ao rio | 0 | 100,0% | 0,0% | 34 - 67 | Médio |
| | 1 | 27,8% | 72,2% | 68 - 100 | Alto |

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

O Quadro 68 faz referência ao Setor 6 e remete ao cruzamento das variáveis ‘Sentimento de segurança ao morar próximo ao rio’ por ‘Acreditam que há o monitoramento e manutenção regular na barragem’. Das pessoas que não se sentem seguras morando perto do rio, 80% acreditam que sempre há manutenção na barragem e 20% acreditam que não. 75% das pessoas que se sentem seguras morando perto do rio, são as mesmas que acreditam que há manutenções regulares na barragem e 25% acreditam que não há manutenção.

Quadro 68: Variáveis V17 x V19 (Setor 6).

| V17 x V19 | | Acreditam que há monitoramento e manutenção regular na barragem | | Intervalo | Categoria |
|---|-----|---|-------|-----------|-----------|
| | | Não | Sim | | |
| Sentimento de segurança ao morar próximo ao rio | Não | 20,0% | 80,0% | 40,1 - 60 | Médio |
| | Sim | 25,0% | 75,0% | 60,1 - 80 | Alto |

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Categoria: Formas de aviso.

O Quadro 69, inerente ao Setor 1, faz alusão ao cruzamento das variáveis ‘Já pensou na possibilidade de ruptura da barragem’ por ‘Melhor meio de aviso para evacuação’. As pessoas que responderam que nunca pensaram na possibilidade de ruptura informaram que em caso de ruptura os melhores meios para evacuação seriam: WhatsApp, com 45,5%, seguido do Grito, com 27,3%. Para as pessoas que já imaginaram a barragem romper, o melhor meio de aviso para evacuação seriam: WhatsApp, 46,2%, seguido do método do Grito, com 23,1% das escolhas.

Quadro 69: Variáveis V18 x V20 (Setor 1).

| V18 x V20 | | Melhor meio de aviso para evacuação | | | | | | | Intervalo | Categoria |
|---|-----|-------------------------------------|----------|----------|-------|----------------|-------------------|-------------|--------------|-----------|
| | | Facebook | WhatsApp | Telefone | Grito | Rádio difusora | Sirenes de alerta | Boca a boca | | |
| Já pensou na possibilidade de ruptura da barragem | Não | 0,0% | 45,5% | 9,1% | 27,3% | 0,0% | 9,1% | 9,1% | 15,5 - 30,91 | Médio |
| | Sim | 15,4% | 46,2% | 7,7% | 23,1% | 7,7% | 0,0% | 0,0% | 30,9 - 46,3 | Alto |

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

No Quadro 70 inerente ao Setor 2, há alusão ao cruzamento das variáveis 'Já pensou na possibilidade de ruptura da barragem' por 'Melhor meio de aviso para evacuação'. As pessoas que nunca pensaram na ruptura da barragem, informaram que os melhores meios de aviso para evacuação são: 42,9% preferem ser avisados pelo WhatsApp, seguidos de 28,6% que preferem ser alertados pelo Sino da Igreja. Das pessoas que já pensaram na ideia da barragem romper, 33,3% prefeririam ser avisados da ruptura pelo telefone, seguidos de 20% que preferem tanto o WhatsApp como o Sino da Igreja.

Quadro 70: Variáveis V18 x V20 (Setor 2).

| V18 x V20 | | Melhor meio de aviso para evacuação | | | | | | | | Intervalo | Categoria |
|---|-----|-------------------------------------|----------|----------|----------------|----------------|--------------|-------------------|-------------|---------------|-----------|
| | | Facebook | WhatsApp | Telefone | Sino da Igreja | Rádio difusora | Carro de som | Sirenes de alerta | Boca a boca | | |
| Já pensou na possibilidade de ruptura da barragem | Não | 0,0% | 42,9% | 0,0% | 28,6% | 0,0% | 14,3% | 0,0% | 14,3% | 14,32 - 28,62 | Médio |
| | Sim | 6,7% | 20,0% | 33,3% | 20,0% | 6,7% | 6,7% | 6,7% | 0,0% | 28,63 - 42,9 | Alto |

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

O Quadro 71, inerente ao Setor 3, faz alusão ao cruzamento das variáveis 'Já pensou na possibilidade de ruptura da barragem' por 'Melhor meio de aviso para evacuação'. Das pessoas que nunca pensaram na possibilidade da barragem romper, 40% preferem o WhatsApp como ferramenta de aviso para evacuação, seguido de 30% que preferem o Carro de som e 20% que preferem ser avisados no Boca a boca. As pessoas que, alguma vez da vida, pensaram na possibilidade da barragem romper informaram que o melhor método de aviso para evacuação seria: 33,3% via WhatsApp, 25% por Telefone e 16,7% pelo Sino da Igreja.

Quadro 71: Variáveis V18 x V20 (Setor 3).

| V18 x V20 | | Melhor meio de aviso para evacuação | | | | | | | Intervalo | Categoria |
|---|-----|-------------------------------------|----------|----------------|----------------|--------------|-------------------|-------------|---------------|-----------|
| | | WhatsApp | Telefone | Sino da Igreja | Rádio difusora | Carro de som | Sirenes de alerta | Boca a boca | | |
| Já pensou na possibilidade de ruptura da barragem | Não | 40,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 30,0% | 10,0% | 20,0% | 0 - 13,33 | Baixo |
| | Sim | 33,3% | 25,0% | 16,7% | 8,3% | 8,3% | 0,0% | 8,3% | 13,34 - 26,67 | Médio |
| | | | | | | | | | 26,68 - 40 | Alto |

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

O Quadro 72 inerente ao Setor 4 faz alusão ao cruzamento das variáveis 'Já pensou na possibilidade de ruptura da barragem' por 'Melhor meio de aviso para evacuação'. Das pessoas que informaram que não pensaram na ideia da barragem romper, 50% delas acreditam que a melhor forma de aviso para evacuação seria pelo WhatsApp, seguidas de 50% que preferem o aviso no modelo Boca a boca. Das pessoas que informaram que já pensaram na possibilidade da barragem romper, 33,3% preferem ser avisadas da ruptura pelo WhatsApp, seguidos do Sino da Igreja com 26,7%.

Quadro 72: Variáveis V18 x V20 (Setor 4).

| V18 x V20 | | Melhor meio de aviso para evacuação | | | | | | Intervalo | Categoria |
|---|-----|-------------------------------------|----------------|----------------|--------------|-------------------|-------------|---------------|-----------|
| | | WhatsApp | Sino da Igreja | Rádio difusora | Carro de som | Sirenes de alerta | Boca a boca | | |
| Já pensou na possibilidade de ruptura da barragem | Não | 50,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 50,0% | 0 - 16,66 | Baixo |
| | Sim | 33,3% | 26,7% | 6,7% | 13,3% | 6,7% | 13,3% | 16,67 - 33,33 | Médio |
| | | | | | | | | 33,34 - 50 | Alto |

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

O Quadro 73 inerente ao Setor 5, faz alusão ao cruzamento das variáveis 'Já pensou na possibilidade de ruptura da barragem' por 'Melhor meio de aviso para evacuação'. Das pessoas que informaram que nunca pensaram na ideia da barragem romper, acreditam que os melhores meio de aviso para evacuação são: Facebook e Sirenes de alerta, ambos com 20% das escolhas, seguidos de 30% que preferem o Boca a boca. E das pessoas que já pensaram da barragem romper, 33,3% preferem ser avisados por Carro de som, seguido de 22,2% para ambas as formas WhatsApp e no Boca a boca.

Quadro 73: Variáveis V18 x V20 (Setor 5).

| V18 x V20 | | Melhor meio de aviso para evacuação | | | | | | Intervalo | Categoria | |
|---|-----|-------------------------------------|----------|----------|----------------|--------------|-------------------|-----------|-------------|-------------|
| | | Facebook | WhatsApp | Telefone | Sino da Igreja | Carro de som | Sirenes de alerta | | | Boca a boca |
| Já pensou na possibilidade de ruptura da barragem | Não | 20,0% | 10,0% | 10,0% | 10,0% | 0,0% | 20,0% | 30,0% | 11,1 - 22,1 | Médio |
| | Sim | 11,1% | 22,2% | 0,0% | 11,1% | 33,3% | 0,0% | 22,2% | 22,2 - 33,2 | Alto |

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

No Quadro 74 inerente ao Setor 6, há alusão ao cruzamento das variáveis 'Já pensou na possibilidade de ruptura da barragem' por 'Melhor meio de aviso para evacuação'. Das pessoas que não pensaram na ideia da barragem romper, 44,4% preferem ser avisadas da ruptura pelo Sino da Igreja, e 33,3% por Carro de Som. E as pessoas que já pensaram na possibilidade da barragem romper entendem que as melhores formas de aviso são: 38,5% pelo WhatsApp, 23,1% no Boca a boca e 15,4% através do Sino da Igreja.

Quadro 74: Variáveis V18 x V20 (Setor 6).

| V18 x V20 | | Melhor meio de aviso para evacuação | | | | | Intervalo | Categoria | |
|---|-----|-------------------------------------|----------|----------------|--------------|-------------|-----------|---------------|-------------|
| | | WhatsApp | Telefone | Sino da Igreja | Carro de som | Boca a boca | | | Rádio local |
| Já pensou na possibilidade de ruptura da barragem | Não | 0,0% | 11,1% | 44,4% | 33,3% | 11,1% | 0,0% | 14,81 - 29,61 | Médio |
| | Sim | 38,5% | 7,7% | 15,4% | 7,7% | 23,1% | 7,7% | 29,62 - 44,4 | Alto |

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Categoria: Impacto.

O Quadro 75 referencia o Setor 1 no cruzamento das variáveis 'A quem avisaria primeiro ao saber da ruptura da barragem' pelo 'Melhor meio de aviso'. As pessoas que escolheram avisar os vizinhos, em destaque com 60% avisariam por meio de Gritos. As que avisariam os parentes, avisariam por meio de Gritos, com 55,6% das escolhas e pelo WhatsApp, com 33,3%. As pessoas que avisariam a prefeitura, o fariam por meio de WhatsApp, em destaque com 66,7% das escolhas e no Grito, com 33,3%. As pessoas que avisariam ao corpo de bombeiros, usariam o WhatsApp e o Telefone, ambos com 50%.

Quadro 75: Variáveis V22 x V23 (Setor 1).

| V22 x V23 | | Por qual meio avisaria | | | Intervalo | Categoria |
|--|--------------------|------------------------|----------|-------|--------------|---------------|
| | | WhatsApp | Telefone | Grito | | |
| A quem avisaria primeiro ao saber da ruptura da barragem | Vizinhos | 20,0% | 20,0% | 60,0% | 0 - 22,23 | Baixo |
| | Parentes | 33,3% | 11,1% | 55,6% | | 22,24 - 44,47 |
| | Prefeitura | 66,7% | 0,0% | 33,3% | 44,48 - 66,7 | |
| | Corpo de Bombeiros | 50,0% | 50,0% | 0,0% | | |

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

O Quadro 76 referencia o Setor 2 no cruzamento das variáveis 'A quem avisaria primeiro ao saber da ruptura da barragem' pelo 'Melhor meio de aviso'. Aos que escolheram avisar primeiro os vizinhos, em destaque, usariam os meios de telefone, representando 41,7% e Grito com 50%. As pessoas que poderiam avisar os parentes primeiro usariam tanto o Grito como Rádioamador, ambos representando 50%. As pessoas que decidiram avisar aos amigos primeiro, avisariam pelo WhatsApp e pelo telefone, ambos com 50% de representatividade. Aos que decidiram avisar a Igreja, avisariam por meio de telefone, representando 100% das escolhas.

Quadro 76: Variáveis V22 x V23 (Setor 2).

| V22 x V23 | | Por qual meio avisaria | | | | | Intervalo | Categoria | | |
|--|--------------------|------------------------|----------|----------|-------|-------------|-----------|-----------|---------|-------|
| | | Facebook | WhatsApp | Telefone | Grito | Rádioamador | | | | |
| A quem avisaria primeiro ao saber da ruptura | Vizinhos | 0,0% | 8,3% | 41,7% | 50,0% | 0,0% | 0 - 33 | Baixo | | |
| | Parentes | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 50,0% | 50,0% | | | 34 - 67 | Médio |
| | Amigos | 0,0% | 50,0% | 50,0% | 0,0% | 0,0% | | | | |
| | Prefeitura | 50,0% | 50,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | | | | |
| | Corpo de Bombeiros | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | | | | |
| | Igreja | 0,0% | 0,0% | 100,0% | 0,0% | 0,0% | | | | |

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

O Quadro 77 referencia o Setor 3 no cruzamento das variáveis 'A quem avisaria primeiro ao saber da ruptura da barragem' pelo 'Melhor meio de aviso'. Aos que decidiram avisar primeiro os vizinhos, em destaque, 58,3% avisariam com Gritos. Quem decidiu avisar aos parentes optou pelo WhatsApp em sua totalidade. Aos de que decidiram avisar a prefeitura e o corpo de bombeiros, o fariam pelo telefone, ambos representados por 100%.

Quadro 77: Variáveis V22 x V23 (Setor 3).

| V22 x V23 | | Por qual meio avisaria | | | | Intervalo | Categoria |
|--|--------------------|------------------------|----------|----------|-------|-----------|-----------|
| | | Facebook | WhatsApp | Telefone | Grito | | |
| A quem avisaria primeiro ao saber da ruptura da barragem | Vizinhos | 0,0% | 33,3% | 8,3% | 58,3% | 0 - 33 | Baixo |
| | Parentes | 0,0% | 100,0% | 0,0% | 0,0% | | |
| | Amigos | 33,3% | 33,3% | 0,0% | 33,3% | 34 - 67 | Médio |
| | Prefeitura | 0,0% | 0,0% | 100,0% | 0,0% | 68 - 100 | Alto |
| | Corpo de Bombeiros | 0,0% | 0,0% | 100,0% | 0,0% | | |

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

O Quadro 78 referencia o Setor 4 no cruzamento das variáveis 'A quem avisaria primeiro ao saber da ruptura da barragem' pelo 'Melhor meio de aviso'. Os que decidiram avisar primeiro aos vizinhos, parentes e a prefeitura, todos o fariam por meio de Gritos, representando 100%. Quem escolheu informar do rompimento primeiro aos amigos o faria por meio de Gritos, com 87,5%. E os que avisariam ao corpo de bombeiros, avisariam por meio de telefone em 100% dos casos.

Quadro 78: Variáveis V22 x V23 (Setor 4).

| V22 x V23 | | Por qual meio avisaria | | | Intervalo | Categoria |
|--|--------------------|------------------------|----------|--------|-----------|-----------|
| | | WhatsApp | Telefone | Grito | | |
| A quem avisaria primeiro ao saber da ruptura | Vizinhos | 0,0% | 0,0% | 100,0% | 0 - 33 | Baixo |
| | Parentes | 0,0% | 0,0% | 100,0% | | |
| | Amigos | 12,5% | 0,0% | 87,5% | 34 - 67 | Médio |
| | Prefeitura | 0,0% | 0,0% | 100,0% | 68 - 100 | Alto |
| | Corpo de Bombeiros | 0,0% | 100,0% | 0,0% | | |

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

O Quadro 79 referencia o Setor 5 no cruzamento das variáveis 'A quem avisaria primeiro ao saber da ruptura da barragem' pelo 'Melhor meio de aviso'. Aos que escolheram avisar os vizinhos, 42,9% avisariam pelo WhatsApp e 42,9% com Gritos. Os que avisariam aos amigos primeiro, seria por meio de telefone, representando 42,9%, seguidos de WhatsApp e Gritos com 28,6%. As pessoas que avisariam a prefeitura avisariam por meio de Facebook e telefone, ambos com 50%. E aos que avisariam ao corpo de bombeiro, o fariam por meio de WhatsApp com 66,7% e pelo Facebook com 33,3%.

Quadro 79: Variáveis V22 x V23 (Setor 5).

| V22 x V23 | | Por qual meio avisaria | | | | Intervalo | Categoria |
|--|--------------------|------------------------|----------|----------|-------|---------------|-----------|
| | | Facebook | WhatsApp | Telefone | Grito | | |
| A quem avisaria primeiro ao saber da ruptura da barragem | Vizinhos | 0,0% | 42,9% | 14,3% | 42,9% | 0 - 22,23 | Baixo |
| | Amigos | 0,0% | 28,6% | 42,9% | 28,6% | | |
| | Prefeitura | 50,0% | 0,0% | 50,0% | 0,0% | 22,24 - 44,47 | Médio |
| | corpo de Bombeiros | 33,3% | 66,7% | 0,0% | 0,0% | 44,48 - 66,7 | Alto |

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

O Quadro 80 referencia o Setor 6 no cruzamento das variáveis 'A quem avisaria primeiro ao saber da ruptura da barragem' pelo 'Melhor meio de aviso'. As pessoas que decidiram avisar primeiro aos vizinhos, avisariam por meio de Gritos, totalizando 80%. Aos parentes pelo WhatsApp com 75%, aos amigos com Gritos com 87,5%, aos que decidiram avisar a prefeitura e igreja, 100% avisariam com Gritos. Aos que avisariam ao corpo de bombeiros, avisariam por meio de telefone, representando 66,7%.

Quadro 80: Variáveis V22 x V23 (Setor 6).

| V22 x V23 | | Por qual meio avisaria | | | Intervalo | Categoria |
|--|--------------------|------------------------|----------|--------|-----------|-----------|
| | | WhatsApp | Telefone | Grito | | |
| A quem avisaria primeiro ao saber da ruptura da barragem | Vizinhos | 0,0% | 20,0% | 80,0% | 0 - 33 | Baixo |
| | Parentes | 75,0% | 0,0% | 25,0% | | |
| | Amigos | 12,5% | 0,0% | 87,5% | | |
| | Prefeitura | 0,0% | 0,0% | 100,0% | 34 - 67 | Médio |
| | Corpo de Bombeiros | 0,0% | 66,7% | 33,3% | 68 - 100 | Alto |
| | Igreja | 0,0% | 100,0% | 0,0% | | |

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Em síntese, o que pode ser destacado é que, sua maioria, os setores escolhem que o melhor meio de aviso do rompimento da barragem Gargalheiras seria pelo WhatsApp ou no Grito, devido à rapidez na comunicação.

Categoria: Transporte para a fuga

O Quadro 81 remete ao Setor 1, que trata do cruzamento das variáveis 'Renda da casa' com 'Veículo de transporte na casa', levando em conta qualquer tipo de veículo de deslocamento. Das pessoas com a renda de até um salário mínimo,

50% possuem e 50% não possuem veículo. Das pessoas que tem a renda total entre 1 e 3 salários mínimos, 62,5% possuem veículo e 37,5% não possuem. Das pessoas que tem como renda de 3 a 6 salários mínimos, 100% tem veículo de transporte em casa.

Quadro 81: Variáveis V7 x V33 (Setor 1).

| V7 x V33 | | Veículo de transporte na casa | | Intervalo | Categoria |
|---------------------|---------------------------|-------------------------------|---------|-----------|-----------|
| | | Não | Sim | | |
| Renda total da casa | Até 1 salário mínimo | 50,0% | 50,00% | 0 - 33 | Baixo |
| | De 1 a 3 salários mínimos | 37,5% | 62,50% | 34 - 67 | Médio |
| | De 3 a 6 salários mínimos | 0,0% | 100,00% | 68 - 100 | Alto |

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

O Quadro 82 remete ao Setor 2, que trata do cruzamento das variáveis 'Renda da casa' com 'Veículo de transporte na casa', levando em conta qualquer tipo de veículo de deslocamento. Nesta tabela o destaque é que a totalidade das pessoas com o maior poder aquisitivo não possuem veículos de transporte em casa, ao passo que nas outras duas categorias predominam a presença de veículos nas residências.

Quadro 82: Variáveis V7 x V33 (Setor 2).

| V7 x V33 | | Veículo de transporte na casa | | Intervalo | Categoria |
|---------------------|------------------------------|-------------------------------|--------|-----------|-----------|
| | | Não | Sim | | |
| Renda total da casa | De 1 a 3 salários mínimos | 33,30% | 66,70% | 0 - 33 | Baixo |
| | De 3 a 6 salários mínimos | 37,5% | 62,5% | 34 - 67 | Médio |
| | De 6 a mais salários mínimos | 100,00% | 0,00% | 68 - 100 | Alto |

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

O Quadro 83 remete ao Setor 3, que trata do cruzamento das variáveis 'Renda da casa' com 'Veículo de transporte na casa', levando em conta qualquer tipo

de veículo de deslocamento. Em destaque as pessoas que tem renda entre 3 e 6 salários mínimos e 100% das casas com veículos. O interessante é que nas casas cuja renda é nenhuma, 50% delas possuem veículos. Seguido pelas demais faixas de renda com presença significativa de veículos de transporte na casa.

Quadro 83: Variáveis V7 x V33 (Setor 3).

| V7 x V33 | | Veículo de transporte na casa | | Intervalo | Categoria |
|---------------------|---------------------------|-------------------------------|--------|-----------|-----------|
| | | Não | Sim | | |
| Renda total da casa | Nenhuma | 50,0% | 50,0% | | |
| | Até 1 salário mínimo | 62,5% | 37,5% | 0 - 33 | Baixo |
| | De 1 a 3 salários mínimos | 45,5% | 54,5% | 34 - 67 | Médio |
| | De 3 a 6 salários mínimos | 0,0% | 100,0% | 68 - 100 | Alto |

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

O Quadro 84 remete ao Setor 4, que trata do cruzamento das variáveis 'Renda da casa' com 'Veículo de transporte na casa', levanto em conta qualquer tipo de veículo de deslocamento. Nesta tabela, em especial, tem a categoria das pessoas que não possuem nenhuma renda, e também não possuem veículo em casa – 100% do total. As faixas de renda de até 1 salário mínimo e de 1 a 3 salários mínimos, possuem veículos em 83,3% das casas, e na faixa de 3 a 6 salários mínimos, 100% tem veículos em casa.

Quadro 84: Variáveis V7 x V33 (Setor 4).

| V7 x V33 | | Veículo de transporte na casa | | Intervalo | Categoria |
|---------------------|---------------------------|-------------------------------|--------|-----------|-----------|
| | | Não | Sim | | |
| Renda total da casa | Nenhuma | 100,0% | 0,0% | | |
| | Até 1 salário mínimo | 16,7% | 83,3% | 0 - 33 | Baixo |
| | De 1 a 3 salários mínimos | 16,7% | 83,3% | 34 - 67 | Médio |
| | De 3 a 6 salários mínimos | 0,0% | 100,0% | 68 - 100 | Alto |

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

O Quadro 85 remete ao Setor 5, que trata do cruzamento das variáveis 'Renda da casa' com 'Veículo de transporte na casa', levanto em conta qualquer tipo de veículo de deslocamento. Entre as pessoas cuja renda total da casa é de até 1

salário mínimo, 50% não possuem veículos e 50% possuem. Na faixa de renda de 1 a 3 salários mínimos, 62,5% possuem veículos em casa. Com 100% afirmando possuírem veículos em casa, estão as pessoas cuja renda é de 3 a 6 salários mínimos.

Quadro 85: Variáveis V7 x V33 (Setor 5).

| V7 x V33 | | Veículo de transporte na casa | | Intervalo | Categoria |
|---------------------|---------------------------|-------------------------------|--------|-----------|-----------|
| | | Não | Sim | | |
| Renda total da casa | Até 1 salário mínimo | 50,0% | 50,0% | 0 - 33 | Baixo |
| | De 1 a 3 salários mínimos | 37,5% | 62,5% | 34 - 67 | Médio |
| | De 3 a 6 salários mínimos | 0,0% | 100,0% | 68 - 100 | Alto |

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

O quadro 86 remete ao Setor 6, que trata do cruzamento das variáveis 'Renda da casa' com 'Veículo de transporte na casa', levando em conta qualquer tipo de veículo de deslocamento. As pessoas cuja renda é nenhuma possuem veículos em casa, representando 66,7%. Entre as pessoas cuja renda é de até 1 salário mínimo, 66,7% não possuem veículos em casa. Metade das pessoas que possuem renda entre 1 e 3 salários relataram que não possuem veículos em casa, enquanto a outra metade informou que possuem veículos.

Quadro 86: Variáveis V7 x V33 (Setor 6).

| V7 x V33 | | Veículo de transporte na casa | | Intervalo | Categoria |
|---------------------|---------------------------|-------------------------------|-------|---------------|-----------|
| | | Não | Sim | | |
| Renda total da casa | Nenhuma | 33,3% | 66,7% | 33,3 - 44,43 | Baixo |
| | Até 1 salário mínimo | 66,7% | 33,3% | 44,44 - 55,57 | Médio |
| | De 1 a 3 salários mínimos | 50,0% | 50,0% | 55,58 - 66,7 | Alto |

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

O cruzamento dessas variáveis deu a entender que em alguns setores, por mais que a renda seja baixa nas casas, predomina a quantidade de veículos; já em alguns casos, residências cuja renda é mediana ou alta, não possuem veículos. Esse dado é importante visto que, em caso de uma ruptura da barragem, com o

auxílio de um veículo as pessoas da casa tendem a evacuar as áreas de risco com maior rapidez.

Categoria: Atenuação.

No Quadro 87 o Setor 1 é destaque, representando as variáveis 'Destino das famílias pós-desastre' relacionada com as 'Condições financeiras para morar em outro lugar'. Das pessoas que informaram que iriam para a casa de vizinhos em caso de inundação, 100% teriam condições financeiras de morar em outro lugar. Em destaque as pessoas que iriam para a casa de amigos: 75% não têm condições financeiras de ir para outro lugar. Das pessoas que iriam para o abrigo público, 83,3% não teriam condições de morar em outro lugar, e as pessoas que opinaram não ir para lugar nenhum, 60% delas não teriam condições financeiras de morar em outro lugar.

Quadro 87: Variáveis V21 x V34 (Setor 1).

| V21 x V34 | | Teriam condições financeiras para morar em outro lugar | | Intervalo | Categoria |
|-----------------------------------|----------------|--|--------|-----------|-----------|
| | | Não | Sim | | |
| Destino das famílias pós-desastre | Vizinhos | 0,0% | 100,0% | | |
| | Amigos | 75,0% | 25,0% | 0 - 33 | Baixo |
| | Abrigo público | 83,3% | 16,7% | 34 - 67 | Médio |
| | Lugar nenhum | 60,0% | 40,0% | 68 - 100 | Alto |

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

No Quadro 88 o Setor 2 é destaque, representando as variáveis 'Destino das famílias pós-desastre' relacionada com as 'Condições financeiras para morar em outro lugar'. Em destaque as pessoas que teriam como destino a casa de amigos: 100% delas poderiam pagar para morar em outro lugar. Entre as pessoas que iriam para casa de parentes, 81,8% afirmaram poder pagar para morar em outro lugar. E 75% das pessoas que não iriam para lugar nenhum, teriam condições de morar em uma casa em outro lugar.

Quadro 88: Variáveis V21 x V34 (Setor 2).

| V21 x V34 | | Teriam condições financeiras de morar em outro lugar | | Intervalo | Categoria |
|-----------------------------------|----------------|--|--------|-----------|-----------|
| | | Não | Sim | | |
| Destino das famílias pós desastre | Vizinhos | 50,0% | 50,0% | 0 - 33 | Baixo |
| | Amigos | 0,0% | 100,0% | | |
| | Parentes | 18,2% | 81,8% | 34 - 67 | Médio |
| | Abrigo público | 50,0% | 50,0% | 68 - 100 | Alto |
| | Lugar nenhum | 25,0% | 75,0% | | |

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

No Quadro 89 o Setor 3 é destaque, representando as variáveis 'Destino das famílias pós-desastre' relacionada com as 'Condições financeiras para morar em outro lugar'. Em destaques as pessoas que optaram por ir para a casa de vizinhos ou lugar nenhum: 100% delas teriam condições de morar em outro lugar. Das pessoas que iriam para casa de amigos, 100% não teriam condições de morar em outro lugar. E entre as que optaram por ir para casa de parentes, 75% poderiam morar em outro lugar.

Quadro 89: Variáveis V21 x V34 (Setor 3).

| V21 x V34 | | Teriam condições financeiras para morar em outro lugar | | Intervalo | Categoria |
|-----------------------------------|----------------|--|--------|-----------|-----------|
| | | Não | Sim | | |
| Destino das famílias pós desastre | Vizinhos | 0,0% | 100,0% | 0 - 33 | Baixo |
| | Amigos | 100,0% | 0,0% | | |
| | Parentes | 25,0% | 75,0% | 34 - 67 | Médio |
| | Abrigo público | 33,3% | 66,7% | 68 - 100 | Alto |
| | Lugar nenhum | 0,0% | 100,0% | | |

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

No Quadro 90 o Setor 4 é destaque, representando as variáveis 'Destino das famílias pós-desastre' relacionada com as 'Condições financeiras para morar em outro lugar'. Em destaque as pessoas que se destinariam à casa de amigos: 100% delas não poderiam pagar outro lugar para morar. Assim como quem iria para casa de parentes, 70% não teriam condições de morar em outro lugar. Das pessoas que iriam para abrigo público, 60% delas não poderiam pagar outro lugar para morar. E

as que não iriam para lugar nenhum, poderiam morar em outro lugar, representando 100%.

Quadro 90: Variáveis V21 x V34 (Setor 4).

| V21 x V34 | | Teriam condições financeiras para morar em outro lugar | | Intervalo | Categoria |
|-----------------------------------|----------------|--|--------|-----------|-----------|
| | | Não | Sim | | |
| Destino das famílias pós desastre | Amigos | 100,0% | 0,0% | 0 - 33 | Baixo |
| | Parentes | 70,0% | 30,0% | | |
| | Abrigo público | 60,0% | 40,0% | 34 - 67 | Médio |
| | Lugar nenhum | 0,0% | 100,0% | 68 - 100 | Alto |

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

No Quadro 91 o Setor 5 é destaque, representando as variáveis ‘Destino das famílias pós-desastre’ relacionada com as ‘Condições financeiras para morar em outro lugar’. Em destaque as pessoas que iriam para a casa de vizinhos, visto que 100% delas não teriam como pagar outro lugar para ficar. Entre as pessoas que iriam para casa de parentes, o índice das que não teriam condições de ir para outro lugar é de 88,9%. E as pessoas que iriam para abrigos públicos, relataram que poderiam pagar para morar em outro local. Enquanto quem optou por não ir para lugar nenhum, 75% não teriam condições financeiras de morar em outro lugar.

Quadro 91: Variáveis V21 x V34 (Setor 5).

| V21 x V34 | | Teriam condições financeiras para morar em outro lugar | | Intervalo | Categoria |
|-----------------------------------|----------------|--|--------|-----------|-----------|
| | | Não | Sim | | |
| Destino das famílias pós desastre | Vizinhos | 100,0% | 0,0% | 0 - 33 | Baixo |
| | Amigos | 50,0% | 50,0% | | |
| | Parentes | 88,9% | 11,1% | 34 - 67 | Médio |
| | Abrigo público | 0,0% | 100,0% | 68 - 100 | Alto |
| | Lugar nenhum | 75,0% | 25,0% | | |

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

No Quadro 92 o Setor 5 é destaque, representando as variáveis ‘Destino das famílias pós-desastre’ relacionada com as ‘Condições financeiras para morar em outro lugar’. Das pessoas que iriam para a casa de vizinhos e amigos, 100% delas não teriam condições de ir para outro lugar. As demais categorias estão bem próximas da faixa mediana.

Quadro 92: Variáveis V21 x V34 (Setor 6).

| V21 x V34 | | Teriam condições financeiras para morar em outro lugar | | Intervalo | Categoria |
|-----------------------------------|----------------|--|-------|-----------|-----------|
| | | Não | Sim | | |
| Destino das famílias pós desastre | Vizinhos | 100,0% | 0,0% | | |
| | Amigos | 100,0% | 0,0% | | |
| | Parentes | 33,3% | 66,7% | 0 - 33 | Baixo |
| | Abrigo público | 50,0% | 50,0% | 34 - 67 | Médio |
| | Lugar nenhum | 55,6% | 44,4% | 68 - 100 | Alto |

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Assim, podemos perceber que, por mais que as pessoas relatassem que não iriam a lugar nenhum, a maioria delas teria condições financeiras de morar em outro lugar. Além disso, as pessoas que iriam morar de favor nas casas de vizinhos, amigos e parentes, grande parte delas não tem condições de morar em outro lugar; e as pessoas que tem e não tem condições de morar em outro lugar, optaram por procurarem um abrigo público.

Em síntese, percebe-se que, embora os setores analisados estejam próximos na cidade e todos fiquem perto do rio, na mesma realidade socioambiental, a percepção e a capacidade de lidar com o evento seria verificada de formas diferentes. A formação imposta pelo território de fazer com que essa população fosse atraída a morar nesse local pelas condições de ser perto do centro, por sua logística, com mais infraestrutura, provocou a consequência de um ordenamento imprudente, perto demais do rio. Com o passar dos anos as pessoas tornam-se parte desse lugar e já não têm mais o desejo de sair dele, devido ao seu apego, fazendo com que o território urbano do centro de Acari torne-se mais exposto ao risco de inundação em caso de uma ruptura da barragem.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

A presente monografia teve como objetivo cerne avaliar a percepção da população nas adjacências do Rio Acauã, em Acari/RN, face ao risco de ruptura da barragem Gargalheiras (Marechal Dutra).

A hipótese principal do estudo foi saber se havia diferenças na percepção da população de cada setor censitário nas proximidades do rio, referentes à segurança da barragem e aos prejuízos que poderiam ocorrer em caso de uma ruptura.

Com a finalidade de comparar os laudos da ANA sobre o grau de alerta de risco da barragem, foi aplicado o mesmo método usado para avaliação das barragens da companhia de água de São Paulo (Sabesp). Foi estudado o laudo da ANA e as anomalias apresentadas no último laudo de vistoria da barragem em 2015. Assim, a equipe desse estudo foi a campo verificar se depois de três anos ainda existiam as patologias na estrutura da barragem.

Embora tenham sido feitas algumas injeções de cimento em algumas rachaduras e alguns reparos nos equipamentos hidromecânicos, foram encontradas na barragem anomalias, tais como desagregação de concreto, oxidação no maciço, carbonatação, lixiviação, estalaquitites, falta de equipamentos na tomada d'água e fissuras horizontais nos paramentos de montante e jusante.

Houve uma dificuldade em acesso a documentos históricos do período da construção da barragem, os poucos que existem não foram acessados, mesmo com solicitação formal mediante a ofício, o que pode ser inferido que o órgão gestor não tem mais os documentos ou nega o fomento de pesquisas acadêmicas na área.

Com relação aos resultados da aplicação do método de Kuperman & Re (2003) para a realidade do Gargalheiras, o valor do Perigo Potencial (PP) de 39 pontos e do Estado Real da Barragem (ERB) de 34 pontos, gerou o Índice de comportamento da barragem (IC) o qual deu 36, dentro da faixa de emergência referente ao grau de alerta.

Sobre os resultados da percepção da população, atesta-se que por mais que os setores censitários tenham a mesma realidade cultural, estejam próximos entre si e em relação à margem do rio Acauã, foram constatadas as diferentes percepções da população e seus diferentes perfis analíticos face ao problema.

Em suma, grande parte da população não se sente segura morando próxima ao rio, com medo de uma possível inundação. As pessoas que responderam, em

sua maioria em algum momento da vida já pensaram no risco do Gargalheiras romper.

Ligado a isso, destacou-se, em todos os setores, que as primeiras pessoas que seriam avisadas seriam os vizinhos, amigos e parentes. Seguidos da prefeitura, igreja e corpo de bombeiros. Os métodos de aviso variam entre WhatsApp e gritos como uma forma mais rápida de aviso. E para serem avisados, preferiram por meio de WhatsApp, bem como carro de som, sino da igreja e no “boca a boca”.

Para evacuação, embora grande parte da população seja de renda baixa, elas possuem algum veículo de transporte em casa, o que seria um fator preponderante na evacuação. O destino das famílias em um pós-desastre seriam na maioria a casa de parentes e amigos, parte das pessoas que não teriam e que também teriam condições financeiras optaram por destinaram-se a abrigos públicos.

Ainda sobre a lembrança do risco, como o último período de inundação foi a muito tempo, as pessoas esqueceram que o rio enche, e não possuem preparação para eventos dessa natureza. Em caso de uma ruptura as residências tanto dentro, como nas adjacências da área de APP seriam afetadas pela onda de cheia. Percebe-se que em todos os setores há pessoas com necessidades especiais e com pouquíssimas pessoas com treinamentos de emergência, o que agrava ainda mais a capacidade de lidar com eventos naturais de grande magnitude, como a ruptura do Gargalheiras.

Diante do exposto, entra-se na discussão do ordenamento territorial, como uma ferramenta importante do município regular as ocupações nas proximidades do rio, cabe ressaltar a importância da implantação de uma coordenadoria municipal de defesa civil, para que sejam levantadas as áreas de risco da cidade e a criação de um plano de contingenciamento para eventos extremos.

Recomenda-se que a gestão municipal, através da secretaria de educação promova palestras nas escolas de Acari, no sentido de preparar a população no sentido de como proceder em desastres, assim empoeirando a população e minimizando sua vulnerabilidade a inundações, bem como a seca.

Por mais que política nacional de segurança de barragens exista, o Estado potiguar, com sua imensidade de barragens, deve montar uma comissão permanente que trate de perto os estados de conservação das barragens.

Cabe ressaltar que o governo do estado fez o dever de casa tarde, ao somente em 16 de novembro de 2017, emitir a portaria sobre o estabelecimento do

conteúdo mínimo e o nível de detalhamento do Plano de Segurança da Barragem (das Inspeções de Segurança Regular e Especial, da Revisão Periódica de Segurança de Barragem, do Plano de Ação de Emergência e a qualificação dos responsáveis técnicos e a periodicidade de execução desta atividades) visto que, a ANA já tinha feito inspeções e emitido relatórios desde 2012, a respeito do estado de conservação na barragem Gargalheiras.

É importante que a equipe técnica da referida comissão seja concursada, tenha equipamentos técnicos de sondagem, para que sejam realizados monitoramentos periódicos nas barragens, tanto quando elas estiverem em 50% de sua capacidade como em 100 % de sua capacidade de volume. Com o apoio da defesa civil municipal, elencar cenários de risco e tentar prevenir os riscos de rupturas nas barragens do RN.

Aqui colocamos a importância do Fundo Estadual de Recursos Hídricos para custear essas pesquisas periódicas, como previsto na legislação das águas do estado do Rio Grande do Norte.

É importante cada vez mais empoderar a população e incentivar a participação nas reuniões do comitê da bacia hidrográfica, esse que é um grande meio institucional de levar as sugestões da população aos órgãos gestores das águas, no intuito de sempre que houver anomalias nas barragens, sejam corrigidas de imediato.

Portanto, podemos concluir que a barragem deve ser segura, e que deixar uma estrutura faraônica ruir gradativamente com uma cidade em um vale a jusante, é uma grande negligência, além de ser um atentado à vida da população de Acari.

8. REFERÊNCIAS

ANDRADE, M. C. **Geografia: ciência da sociedade**. São Paulo: Atlas, 1982, 143 p.

ABREU, Nair Júlia Andrade de.; ZANELLA, Maria Elisa. **Percepção de riscos de inundações**: estudo de caso no bairro Guabiraba, Maranguape – Ceará. Ver. OKARA: Geografia em debate, v.9, n.1, p. 90-107, 2015.

A CHUVA ANTES E DEPOIS DO AÇUDE ORÓS. Portal Orós. 2012. Disponível em: <<http://www.portaloros.com.br/2012/01/chuva-antes-e-depois-do-acude-oros.html>>. Acesso: em 14 mar. 2018.

ALMEIDA, Lutiane Queiroz. **Vulnerabilidades Socioambientais em Rios Urbanos: Bacia Hidrográfica do Rio Maranguapinho, Região Metropolitana de Fortaleza, Ceará**. 2010. 278 f. Tese de Doutorado – Departamento do Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2010.

_____. **Por uma ciência dos riscos e vulnerabilidade na geografia**. Rev. Mercator, Fortaleza, v. 10, n. 23, p. 83-99, set./dez. 2011.

ÅMDAL, T. **The Norwegian approach to and guidelines for risk assessment for dams**. Proceedings of the International Symposium on New Trends and Guidelines on Dam Safety, pp. 321-327, L. Berga, Barcelona. 1998.

ANA – Agência Nacional de Águas (Brasil). **Relatório de segurança de barragens 2011**. Brasília: ANA, 2012.

_____. **Relatório de segurança de barragens 2011**. Brasília: ANA, 2013. 92 p.

_____. **Serviços analíticos e consultivos em segurança de barragem**. Relatório de visita técnica de inspeção. Barragem Marechal Dutra (Gargalheiras)-RN. Brasília-DF. 2015.

ANDRIOLO, F. R. **Barragens Contemporâneas: Conhecimento, Durabilidade, Riscos e Falhas. Cenário: Brasileiro**. In: III Simpósio de Segurança de Barragens e Riscos Associados. Comitê Brasileiro de Barragens, Salvador, Bahia, 2008.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Banco de Informações de Geração. 2014. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>>. Acesso em: 29 set. 2017.

ANCOLD. **Guidelines on risk assessment**. ANCOLD. 1994.

BALBI, Diego Antonio Fonseca. **Metodologias para a elaboração de planos de ações emergenciais para inundações induzidas por barragens**: estudo de caso: Barragem de Peti - MG. 2008. 336 f. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

BARBETTA, Pedro Alberto. **Estatística aplicada a ciências sociais**. 5. ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 2002.

BARTSCH, M.; e GUSTAFSSON, A. **Risk analysis of the Seitevare rockfill dam – Proceedings of the Twentieth Congress on Large Dams, Question 76, Volume I**, pp. 607-624, CIGB, Beijing. 2000.

BLAIKIE, P. M.; CANNON, T.; DAVIS, I. ; WISNER, B. **At risk: natural hazards, people's vulnerability, and disasters**. London: Routledge, 1994. 284p.

BOGARDI, Janos. **J. Hazards, risks and vulnerabilities in a changing environment: the unexpected onslaught on human security?** Global Environmental hazards. v. 14, n. 4, dez. p. 361-365, 2004.

BRANCO, S. M.; ROCHA, A. A. **Poluição, Proteção e Usos Múltiplos de Represas**. São Paulo: Editora Edgard Blucher. 1977.

BRASIL. Congresso Nacional. **Lei nº 12.334**, de 20 de setembro de 2010. Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens e altera a redação do Art. 35 da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, e do Art. 4º da Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 21 set. 2010. Seção 1. p. 1. Disponível em: <<http://www.in.gov.br>>. Acesso em: 14 mar. 2018.

_____. **Lei 12.608/2012**. Política Nacional de Proteção e Defesa Civil. Presidência da República, Brasília, DF. 2012.

_____. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. **Resolução nº 143**, de 10 de julho de 2012. Estabelece critérios gerais de classificação de barragens por categoria de risco, dano potencial associado e pelo volume do reservatório, em atendimento ao art. 7º da Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 04 set. 2012. Seção 1. p. 149. Disponível em: <<http://www.in.gov.br>>. Acesso em: 14 mar. 2018.

_____. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. **Resolução nº 143**, de 10 de julho de 2012. Estabelece Critérios Gerais de Classificação de Barragens Por Categoria de Risco, Dano Potencial Associado e Pelo Volume do Reservatório, em Atendimento Ao Art. 7º da Lei Nº 12.334, de 20 de Setembro de 2010. Brasília, DF, 04 set. 2012.

_____. Secretaria de Infraestrutura Hídrica. Ministério da Integração Nacional. **Manual de Segurança e Inspeção de Barragens**. Brasília: Cartaz, 2002.

_____. Agência Nacional de Águas. **Curso Segurança de Barragem**. 2011.

_____. Ministério da Viação e Obras Públicas. Inspectoria de Obras Contra as Secas. Memória e Projectos de Açudes, escritos pelos chefes Bernardo Piquet

Carneiro e José Ayres de Souza, apresentado ao Ministro da Viação e Obras Públicas, Miguel Arrojado Lisboa e Inspector da IOCS. Rio de Janeiro: Imprensa Nacional, 1910. P.69.

_____. Ministério da Viação e Obras Públicas. Relatório apresentado ao Presidente da República dos Estados Unidos do Brasil pelo Inspetor da Inspetoria de Obras Contrarias as Secas, Aarão Reis. Rio de Janeiro: Imprensa Nacional, 1913.

_____. Ministério da Viação e Obras Públicas. Relatório apresentado ao Presidente da República dos Estados Unidos do Brasil Exmo. Arthur Bernardes pelo Ministro do Estado da Viação e Obras Publicas Dr. Francisco Sá. Rio de Janeiro: Imprensa Nacional, 1924. P.566-567.

BROWN, David. et al. **501 Desastres mais devastadores de todos os tempos**. Trad. Catharina Pinheiro. 1ª edição brasileira. São Paulo: Editora Lafonte, 2012.

BROWN e ROOT. **Reservoir safety – Floods and reservoir safety integration**. Final Report. Volume 1. Research Contract for Defra. 2002.

CAMPOS, José Nilson B. Secas e políticas públicas no semiárido: ideias, pensadores e períodos. Programa de Recursos Hídricos, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza/CE, Brasil. 2014.

CARDOSO, M. **Percepção de riscos ambientais de trabalhadores catadores de materiais recicláveis em um aterro controlado do município de Duque de Caxias/ RJ**. 2009. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca, Rio de Janeiro.

CASTRO, C. M.; PEIXOTO, M. N. O.; RIO, G. A. P. **Riscos Ambientais e Geografia**: Conceituações, Abordagens e Escalas. In: Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ. Rio de Janeiro: UFRJ, Vol. 28-2, 2005 p. 11-30.

CEA, technologies Inc. dam safety interest group. **Dam risk assessment**: A guide. 2003.

CÉLIX, M.R. e ZARAGOZA, G. **Risk and safety** – Proceedings of the International Symposium on New Trends and Guidelines on Dam Safety, pp. 93-96, L. Berga, Barcelona. 1998.

CIGB. **Risk assessment in dam safety management. A reconnaissance of benefits, methods and current applications**. Boletim 130. 2005.

COLLISCHONN, W.; TUCCI, C. E. M. **Análise de Rompimento Hipotético da Barragem de Ernestina**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, vol. 2, n.2, julho/dezembro de 1997, pp. 191-206.

COMITÊ BRASILEIRO DE BARRAGENS (CBDB). **XXIX Seminário Nacional de Grandes Barragens** - 50 anos do acidente de Vajont – Itália (1963-2013). 2013. Disponível em: <http://www.cbdb.org.br/site_antigo_2013/img/45geral2.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2017.

_____. **Main brazilian dams: design, construction and performance.** ICOLD Publications, Brasil, 653 p. 1982.

COSTA, Walter Duarte da. **Geologia de Barragens.** São Paulo: Oficina de Textos, 2012.

CRANDALL, Roderic (1910). **Geografia, Geologia, Suprimento d'água, Transportes e Açudagem nos Estados Orientais do Norte do Brasil.** [S.l.]: Acervo Osvaldo Lamartine de Faria.

CRESPO, Antônio Arnot. **Estatística fácil.** Ed. 17. São Paulo: Editora Saraiva, 2002.

CRUZ, P. T. 100 **Barragens Brasileiras: casos históricos, materiais de construção projeto.** 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 1996.

CUTTER, S. L. **Living with risk: The geography of technological hazards.** Londres: Arnold, 1993.

_____. **The vulnerability of science and the science of vulnerability.** Annals of the Association of American Geographers, v.93, n.1, p.1-12, 2003.

CYGANIEWICZ, J.M; e SMART, J.D. **U.S. Bureau of Reclamation's use of risk analysis and risk assessment in dam safety decision making.** Proceedings of the Twentieth Congress on Large Dams, Question 76, Volume I, pp. 351-369, CIGB, Beijing. 2000.

DNOCS. **Registros.** Divisão de Comunicação Social. Disponível em: <http://www.dnocs.gov.br/php/comunicacao/registros.php?f_registro=2&>. Acesso em: 10 abr 2018.

_____. **Açude Público Marechal Dutra.** Boletim do DNOCS, n.4, v.19, p.132-159, maio 1959.

DWAF. **Water Act nº 38 – 1998,** www.dwaf.gov.za. 1998.

ENVENENAMENTO POR CHUMBO NÃO ACABOU COM IMPÉRIO ROMANO. Conhecimento Hoje. Disponível em: <<http://conhecimentohoje.com.br/Recentes711.htm>>. Acesso em: 20 abr. 2018.

ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE. **Decreto Nº 16.038,** de 2 de maio de 2002. Regulamento Geral do Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio Grande do Norte. Natal/RN. 2002.

ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE. Potraria Nº 10, DE 16 de Nov. 2017.

_____. **Lei nº 6.908,** de julho de 1996. Política Estadual de Recursos Hídricos. Natal/RN. 1996.

FAITH AND COMMUNITY EVENTS APRIL 5-10. Duluth News Tribune. 2016. Disponível em: <<http://www.duluthnewstribune.com/news/3999951-faith-and-community-events-april-5-10>>. Acesso em: 20 abr. 2018.

FOSTER, M.; FELL, R.; SPANNAGLE, M. **Analysis of Embankment Dam Incidents**. UNICIV Report nº R-374. UNSW, Sydney, Austrália, 1998.

GARBRECH, G. **Sadd-el-Kafara**: the world's oldest large dam. Water Power and Dam Construction, July Geoslope, 2004.

GUERRA, Phelipe; GUERRA, Theófilo. **Contra as Secas**. 1909.

HARTFORD, D.N.D.; STEWART, R.A. **PREP – A low risk approach to dam safety prioritisation**. ANCOLD Bulletin 112, August 1999, pp. 65-75.

HOWLEY, I.; MCGRATH, S.; e STEWART, D. **A business risk approach to prioritising dam safety upgrading decisions, Proceedings of the Twentieth Congress on Large Dams**. Question 76, Volume I, pp. 261-277, CIGB, Beijing. 2000.

HUGHES, A. K. **Reservoir legislation in the UK: past, present and future – an update**, 1998, Proceedings of the ICOLD European Symposium: Dams in European Context, Geiranger, Norway, pp. 193-194, Midttømme, Honningsvåg, Reep, Vaskinn et Westernen. 2001.

HUGHES, A. K.; KITE, P. **Reservoir legislation in the UK: past, present and future**. Proceedings of the international symposium on New Trends and Guidelines on Dam Safety, pp. 3-7, L. Berga, Barcelona. 1998.

HULSING, Harry. **Measurement of peak discharge at dams by indirect methods**: U.S. Geological Survey Techniques of Water-Resources Investigations. 2. ed. Washington, D.C: U.S. Government Printing Office, 1968.

IBGE – Sinopse Setores Censitários. 2017. Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br/sinopseporsetores/?nivel=st>> Acesso em: 15 maio 2018.

INTERNATIONAL COMMISSION ON LARGE DAMS (ICOLD). **Register of Dams: General Synthesis**. 2014. Disponível em: <http://www.icold-cigb.org/GB/World_register/general_synthesis.asp>. Acesso em: 28 set. 2017.

_____. **80 years**: dams for human sustainable development. Paris: CIGB/ICOLD, 2008.

_____. **Risk assessment in dam safety management**: a reconnaissance of benefits, methods and current applications. Bulletin 130. Paris: ICOLD, 2005, 276 p.

ISDR/UN/WMO. **Terminology on Disaster Risk Reduction**. Online. IDSR, 2009. Disponível em <<http://www.unisdr.org/eng/library/lib-terminology-eng.htm>>. Acesso em: 27 fev. 2009.

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

_____. **Dam and Public Safety**. USA: Water Resources Technical Publication. Denver: U. S. Department of the Interior. 1980.

JOHNSON, D. **Risk is not a four letter word**: ten years of success using a risk-based dam safety approach in Washington. 2000. Disponível em: <<http://www.ecy.wa.gov/programs/wr/dams/images/pdfs/asdso-rp.pdf>>. Acesso em: 25 mar. 2018.

JOHNSON, F. A.; ILLES, P. A Classification of Dam Failures. *Water Power and Dam Construction*, London, V.28, n.12, Dec. 1976. p. 43-45.

KUPERMAN, Selmo Chapira,; RE, Giacomo. **Análises de riscos e metodologia de tomada de decisão para barragens**: evolução do sistema empregado pela Sabesp. XXIV Seminário Nacional de Grandes Barragens. 2003.

LADEIRA, J. E. R. **Avaliação de Segurança em Barragem de Terra, Sob o Cenário de Erosão Tubular Regressiva, por Métodos Probabilísticos. O Caso UHE . São Simão**. 2007. 210 p. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2007.

LAGGEF 2017. Laboratório de Geoprocessamento e Geografia Física (LAGGEF). Ceres/Caicó/RN. Imagem disponível em: <<http://www.jairsampaio.com/imagens-que-impressionam-acude-itans-de-caico/>> Acesso em: 21 mar. 2018.

LAURIANO, André William. **Estudo de Ruptura da Barragem de Funil: Comparação Entre os Modelos FLDWAV e HEC-RAS**. 2009. 193 f. Dissertação de Mestrado – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

Lei Orgânica Municipal. Câmara Municipal de Acari-RN, 16 de Nov. de 2017.

LEONE, Frederic.; VINET, Freddy. **La vulnérabilité, un concept fondamental au coeur des methods d'évaluation des risques naturels**. In : LEONE, F.; VINET, F. La vulnérabilité des sociétés et des territoires face aux menaces naturelles: analyses géographiques. Montpellier: Université Paul Valéry, Collection Géorisques, n. 1, 144p. 2006.

LIEBER, Renato Rocha., LIEBER, Nicolina Silvana Romano. **Risco e precaução no desastre tecnológico**. *Cadernos Saúde Coletiva*, 13(1):67-84, 2005.

LIEBER, R.R.; ROMANO-LIEBER, N.S. **O conceito de risco**: Janus reinventado. In: MINAYO, M.C.S.; MIRANDA, A.C. *Saúde e ambiente sustentável: estreitando os nós*. Rio de Janeiro: Ed. Fiocruz/Abrasco, p.69-111. 2002.

_____. Risco, incerteza e as possibilidades de ação na saúde ambiental. Revista Brasileira de Epidemiologia. v6. n2. p.121-134. 2003.

LJ&GODT, T. **The Norwegian regulations and guidelines on dams: dam safety in an uncertain habitat**", Proceedings of the International Symposium on New Trends and Guidelines on Dam Safety, pp. 9-11, L. Berga, Barcelona. 1998.

MACINTYRE. A. **A short history of ethics**. New York: Ed. Touchstone. 1996.

MARANGON, Márcio. **Tópicos em Geotecnia e Obras de Terra**. Juiz de Fora: Universidade Federal de Juiz de Fora, 2004.

MARQUES FILHO, J. **Maciços experimentais de laboratório de concreto compactado com rolo aplicado às barragens**. Tese de doutorado em Engenharia. 2005.

MCCULLY, P. extraído do capítulo 4 – When Things Fall Apart: The Technical Failure of Large Dams - do livro **Silenced Rivers: The Ecology and Politics of Large Dams**, 2001 Disponível em: <<http://www.irn.org/basics/ard/pdf/srdamsafety.pdf>>. Acesso em: 01 fev. 2018.

MCDONALD, L.; COOPER, B.; e WAN, C. **Some lessons from use of risk assessment to aid dam safety evaluation**. Proceedings of the Twentieth Congress on Large Dams, Question 76, Volume I, pp. 279-302, CIGB, Beijing. 2000.

MCGRATH, S. **To study international practice and use of risk assessment in dam management**. The Winston Churchill Memorial Trust of Australia. 2000.

MASCARENHAS, Flavio Cesar Borba. **Modelação Matemática de Ondas Provocadas por Ruptura de Barragens**. 1990. 291 f. Tese de Doutorado - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1990.

MELO, Alexandre Vaz de. **Análises de risco aplicadas a barragens de terra e enrocamento: estudo de caso de barragens da Cemig GT**. Dissertação de Mestrado em Geotecnia. 168 f. Escola de Engenharia. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2014.

MELO, Josandra Araújo Barreto de. **Ordenamento territorial e sustentabilidade: um diálogo possível?**. Caminhos de Geografia Uberlândia v. 11, n. 33 março/2010 p. 220 – 229.

MENESCAL, R. A. **Gestão da Segurança de Barragens no Brasil – Proposta de um Sistema Integrado, Descentralizado, Transparente e Participativo**. Tese de Doutorado – Curso de Engenharia Civil, UFC, Fortaleza, 2009.

MIRANDA, Antônio Nunes de. **Notas de aula: inspeção de barragens**. 2016. Disponível em:

<https://capacitacao.ead.unesp.br/conhecerh/bitstream/ana/111/1/material_didatico_-_parte_i.pdf>. Acesso em 21 mar. 2018.

MORAES, A. C. R. **Geografia: pequena história crítica**. 6ª. ed. São Paulo: Hucitec, 1987, 138 p.

_____. Ordenamento territorial: uma conceituação para o planejamento estratégico. In: MORAES, A. C. R. **Meio ambiente e ciências humanas**. 4ª. ed. São Paulo: Annablume, 2005, p. 139-149.

MUNASINGHE, Mohan. ; CLARKE, Caroline. **Disaster prevention for sustainable development: economic and policy issues**. Washington (DC): IDNDR/The World Bank, 1995.

NOÉLIA, Francisca. **Fotos da construção do Açude Marechal Dutra, o nosso Gargalheiras**. Publicação no Facebook, 2018. Disponível em: <<https://www.facebook.com/francisca.noelia.3/posts/898827416966477>>. Acesso em: 09 maio 2018.

OLIVEIRA, Francisca Leiliane Souse de. **Indicadores de vulnerabilidade e risco local: o caso do município de Pacoti, CE**. Tese (doutorado). 223f. Fortaleza, 2018.

OOSTHUIZEN, Chris; e ELGES, Heinrich. **Risk analysis of dams in South Africa – 13 years on** – Proceedings of the International Symposium on New Trends and Guidelines on Dam Safety, pp. 337-344, L. Berga, Barcelona. 1998.

PELLING, Mark. **The vulnerability of cities: natural disaster and social resilience**. London: Earthscan, 2003.

PENMAN, A.D.; SAXENA, K.R.; e SHARMA, V.M. **Instrumentation, monitoring and surveillance**. Embankment dams. A. A. Balkema, Roterdão. 1999.

PIMENTA, M. L. B. **Abordagens de riscos em barragens de aterro**. Lisboa: LNEC, 570 p. 2009.

PORTAL ESTADO DE MINAS. **Minas tem quase 100 barragens sem fiscalização**. Disponível em: <http://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2015/11/17/interna_gerais,708767/minas-tem-quase-100-barragens-sem-fiscalizacao.shtml>. Acesso em: 23 mar. 2018.

PORTAL R7 NOTÍCIAS. **Minas tem 29 barragens em risco, aponta relatório: estudo divulgado em 2014 classifica represas que se romperam em Mariana como inseguras**. Disponível em: <<http://noticias.r7.com/minas-gerais/minas-tem-29-barragens-em-risco-aponta-relatorio-12112015>>. Acesso em: 22 mar. 2018.

ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE. Potraria Nº 10, DE 16 de Nov. 2017.

QUARANTELLI, Enrico. L. (ed.) **What is a disaster?** Londres e Nova York: Routledge, 1998.

QUINTELA, A. C.; CARDOSO, J. L.; MASCARENHAS, J. M. **Aproveitamentos hidráulicos a Sul do Tejo**. Direcção Geral dos Recursos e Aproveitamentos Hidráulicos, Lisboa. 1987.

RUUD, A.M.; MIDTTØMME, G.H. **Norwegian Guidelines on Dam Break Analysis – From theory to practice**. Proceedings of the international symposium on New Trends and Guidelines on Dam Safety, pp. 259-265, L. Berga, Barcelona. 1998.

SANTOS, Milton. **Metamorfose do espaço habitado**. Ed. Hucitec, 5 ed. São Paulo, 1997.

SANTOS, M.; SILVEIRA, M. L. **O Brasil: território e sociedade no início do século XXI**. 2ª. ed. Rio de Janeiro/São Paulo: Record, 2001, 473 p.

SANTOS, M. O dinheiro e o território. In: SANTOS, M. et. al. **Território, territórios: ensaios sobre o ordenamento territorial**. 3ª. ed. Rio de Janeiro: Lamparina, 2007, p. 13-21.

SADD-EL-KAFARA DAM. Structurae. 2008. Disponível em: <<https://structurae.net/structures/sadd-el-kafara-dam>>. Acesso em: 01 fev. 2018.

SANDILANDS, N.M.; e FINDLAY, J.W. **Development of a risk based approach to dam safety management**. Proceedings of the Twentieth Congress on Large Dams, Question 76, Volume I, pp. 133-148, CIGB, Beijing. 2000.

SANTOS, Nelson César Fernandes; et al. (2005). **Caracterização morfológica e cadastro dos açudes na Bacia Hidrográfica do Rio Piranhas-Açu-RN**. [S.l.]: EMPARN.

SCHNEIDER, J. **Sicherheit und Zuverlässigkeit im Bauwesen, Grundwissen für Ingenieure**. VDF, Hochschulverlag AG an der ETH Zurich. 1994.

SCHNITTER, Nicholas J. **Roman dams: Water Supply and Management**, Vol. 3, Pergamon Press, Londres. 1979.

SIDY'S, Portal. **Gargalheiras resiste até março, garante engenheiro da Caern**. 2013. Disponível em: <<http://www.sidys.com.br/wpcontent/uploads/2013/11/gargalheiras.jpg>>. Acesso em: 22 mar. 2018.

SILVA, Adriano Wagner da. **Engenharia nos sertões nordestinos: o Gargalheiras, a Barragem Marechal Dutra e a comunidade de Acari, 1909-1958**. 190 f. 2012.

SMITH, Keith. **Environmental hazards: assessing risk and reducing disaster**. 3.ed. London: Routledge, 392p., 2001.

SOARES, Canindé. **Barragem Gargalheiras**. 2009. Disponível em: <<http://canindesoares.com/site/wp-content/uploads/2009/06/gargalheira.jpg>>. Acesso em: 23 abr. 2018.

_____. **Barragem Passagem Traíras**. 2009. Disponível em: <<http://canindesoares.com/site/wpcontent/uploads/2009/06/PassagemTrairas2339.jpg>>. Acesso em 23 abr. 2018.

SÓRIA, M. A. Z. (Org.). **As Barragens e a Água do Mundo**: Um livro Educativo que explica como as barragens ajudam a administrar a água do mundo. CIGB-ICOLD. 2008.

SOUZA, Lucas Barbosa e, ZANELLA, Maria Elisa. **Percepção de riscos ambientais: teoria e aplicações**. 2 ed. 240 p. Edições UFC. Fortaleza – CE, 2010.

SOUZA, Jhonathan Lima de, et al. **Percepção da população face ao risco de desastre tecnológico na ponte de Igapó, Natal/RN, Brasil**. IV Congresso Internacional de Riscos. Coimbra, PT. 2017.

TAWIL, A. H. **Dams and Safety Practices in Canada**, Proceedings of the International Conference on Safety of Dams – Coimbra / 23-28 de abril de 1984, A. A. Balkema / Rotterdam / Boston, 1984.

UNISDR - United Nations Office for Disaster Risk Reduction. **Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction**: Risk and poverty in a changing climate. Geneva, Switzerland: UNISDR, 2009.

UNITED NATIONS WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME (WWAP). **The United Nations World Water Development Report 2014**: Water and Energy. Paris: UNESCO, 2014.

USBR. **Guidelines for achieving public protection in dam safety decision making** (Replaces 1997 guidelines). Technical Service Center, Denver, Colorado. 2003.

_____. **Dam Safety Risk Analysis Methodology. Version 3.3.1**. Technical Service Center, Denver, Colorado. 2003a.

UOL NOTÍCIAS. **O que se sabe sobre o rompimento das barragens em Mariana (MG)**. Disponível em: <<http://noticias.uol.com.br/cotidiano/ultimas-noticias/2015/11/06/o-que-se-sabe-sobre-o-rompimento-das-barragens-em-mariana-mg.htm>>. Acesso em: 22 mar. 2018.

_____. **Mortes, danos ambientais e sequelas marcam tragédias com barragens no país**. Disponível em: <<http://noticias.uol.com.br/cotidiano/ultimas-noticias/2015/11/06/mortes-danos-ambientais-e-sequelas-marcam-tragédias-com-barragens-no-pais.htm>>. Acesso em: 22 mar. 2018.

VEESAERT, Chris J. **Lessons from dam incidents** – Curso de segurança de barragens e planos de emergência, textos de apoio, INAG, Lisboa, PT. 1996.

VEYRET, Yvette. **Os riscos**: o homem como agressor e vítima do meio ambiente. São Paulo: Contexto, 2007.

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 pseudo-bidimensional**. 2010. 217 f. Dissertação de Mestrado - Curso de Engenharia Civil, UFRJ/COPPE, Rio de Janeiro, 2010.

VIANNA, Luiz Filipe Venturi. **Metodologias de análise de risco aplicadas em planos de ação de emergência de barragens** [manuscrito]: auxílio ao processo de tomada de decisão / Luiz Filipe Venturi Vianna. – 2015.

VIEGA PINTO e Faria, R. **Incidentes, acidentes e rupturas de barragens**. Capítulo 3, Curso de Exploração e Segurança de Barragens, INAG, Lisboa. 2001.

WORLD COMMISSION ON DAMS. **Dams and Development**. A new framework for decisionmaking, Report of the World Commission on Dams. Editora Earthcan, Londres, GB, 2001.

VIEIRA JUNIOR, L. P.; SALLES, M. F. **A tecnologia do concreto aplicada ao projeto de barragens**. Melhores práticas tecnologia do concreto. Concreto & Construções. Ano XXXIX, nº 63, 2011, 15-23p.

WATSON, D.; e PERERA, S. **Risk assessment issues for dam safety management**. Proceedings of the Twentieth Congress on Large Dams, Question 76, Volume I, pp. 313-324, CIGB, Beijing. 2000.

WILLIINGHOEFER, Matheus. **Avaliação do Risco de Rompimento da Barragem de uma Pequena Central Hidrelétrica na Bacia do Rio do Peixe/Bonumá**. Florianópolis, SC. 2015.

WHITE, G. F.; KATES, R. W.; BURTON, I. **Knowing better and losing even more: the use of knowledge in hazards management**. In: Environmental Hazards. v. 3, n. 3-4, set./dez., p. 81-92, 2001.

ZUFFO, Monica Soares Resio. **Metodologia para avaliação da segurança de Barragens**. Campinas, SP: 2005. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/257858/1/Zuffo_MonicaSoaresResio_M.pdf>. Acesso em: 30 mar. 2018.

50 ANOS DE UMA TRAGÉDIA SERTANEJA. Blog de Altaneira. 2010. Disponível em: <<http://www.blogdealtaneira.com.br/2010/03/50-anos-de-uma-tragedia-sertaneja.html>>. Acesso: em 14 mar. 2018.