



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CARIRI – UFCA  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO – PRPI  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E DA BIODIVERSIDADE – CCAB  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO REGIONAL  
SUSTENTÁVEL – PRODER**

**TEOBALDO GABRIEL DE SOUZA JÚNIOR**

**AÇUDE GRANDE DE CAJAZEIRAS-PB:  
UMA ANÁLISE DA SUA ÁGUA E DOS SEUS USOS**

**CRATO-CE  
2020**

**TEOBALDO GABRIEL DE SOUZA JÚNIOR**

**AÇUDE GRANDE DE CAJAZEIRAS-PB:  
UMA ANÁLISE DA SUA ÁGUA E DOS SEUS USOS**

**Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional Sustentável da Universidade Federal do Cariri, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento Regional Sustentável.**

**Área de Concentração: ciências ambientais;**

**Linha de Pesquisa: meio ambiente;**

**Sublinha de Pesquisa: qualidade dos sistemas aquáticos e controle da poluição.**

**Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ana Célia Maia Meireles**

**Coorientador: Prof. Ph.D. Carlos Wagner Oliveira**

**Autoriza-se a reprodução e a divulgação total ou parcial deste trabalho, por quaisquer meios convencionais ou eletrônicos, apenas para fins de estudos e pesquisas, desde que seja devidamente citada a fonte.**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Cariri  
Sistema de Bibliotecas

---

S713a Souza Júnior, Teobaldo Gabriel de.

Açude Grande de Cajazeiras-PB: uma análise da sua água e dos seus usos / Teobaldo Gabriel de Souza Júnior. – 2020.

164 f.: il. color. 30 cm.

(Inclui bibliografia p.121-133).

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Cariri, Centro de Ciências Agrárias e Biodiversidade, Mestrado em Desenvolvimento Regional Sustentável, Crato, 2020.

Área de Concentração: Ciências Ambientais.

Orientação: Profa. Dra. Ana Célia Maia Meireles.

Coorientação: Prof. Ph.D. Carlos Wagner Oliveira.

1. Qualidade de água. 2. Reservatório superficial. 3. Monitoramento hídrico remoto.

4. Poluição aquática I. Título.

CDD 546.22098134

---

Bibliotecário: João Bosco Dumont do Nascimento

CRB 3/ 1355

**TEOBALDO GABRIEL DE SOUZA JÚNIOR**

**AÇUDE GRANDE DE CAJAZEIRAS-PB:  
UMA ANÁLISE DA SUA ÁGUA E DOS SEUS USOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional Sustentável da Universidade Federal do Cariri, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento Regional Sustentável.  
Área de Concentração: ciências ambientais;  
Linha de Pesquisa: meio ambiente;  
Sublinha de Pesquisa: qualidade dos sistemas aquáticos e controle da poluição.

Aprovação em: 20 de março de 2020.

**Banca Examinadora:**




Prof.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> Ana Célia Maia Meireles (Orientadora/Presidente)  
Universidade Federal do Cariri – UFCA



Prof. Ph.D. Carlos Wagner Oliveira (Coorientador)  
Universidade Federal do Cariri – UFCA



Prof. Dr. Francisco José de Paula Filho (Membro Interno)  
Universidade Federal do Cariri – UFCA



Prof. Dr. Basílio Silva Neto (Membro Externo)  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE

Às minhas sempre amadas Ana Maria e Rafaella Roque,  
respectivamente mãe e esposa, dedico com amor este trabalho.

## AGRADECIMENTOS

Este trabalho contou, direta ou indiretamente, com a ajuda de muita gente! São tantos que temo deixar alguém de fora dos agradecimentos, contudo, mesmo ciente disso, assumo o risco ao redigir algumas linhas a esse respeito.

Ao ser (ou seres) regente(s) do universo pelo contínuo lançamento dos ventos ao meu favor fazendo com que, apesar de todas as dificuldades pelas quais passei na vida, as barreiras fossem transpostas e os obstáculos vencidos, de uma maneira ou de outra.

À minha mãe guerreira, D. Ana Maria, por acreditar em mim e torcer pelo meu sucesso me dispensando amor irrestrito e incondicional, apoiando absolutamente todos os projetos, estando ao meu lado até mesmo nas coisas que não entende muito bem.

Ao amigo Antonio Cavalcante (Toinho), por ceder espaço tão aconchegante na sua residência para que eu pudesse me instalar e desfrutar de concentração nos momentos de estudo, além de todo o apoio estrutural, prestado em conjunto com a minha mãe, durante as estadias no Cariri cearense.

À minha querida, amada e admirada esposa, Rafaella Roque, pela parceria, cumplicidade, paciência e compreensão durante as minhas ausências assim como pelos conselhos prestados através da experiência de quem já vivenciou todas as angústias proporcionadas pela pesquisa neste país! Sua crença em mim, mesmo nos momentos em que nem mais eu acreditava, foi combustível para seguir adiante.

A todos os membros da minha família e amigos de fé, especialmente Romeu Nunes, Núbia Cadete e Sylvia Calixto pelas boas energias lançadas e a ferrenha torcida nos bastidores.

Ao casal dinâmico desta pesquisa, Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Ana Célia e Prof. Ph.D. Carlos Wagner, pela respectiva orientação e coorientação. Muito obrigado pela serenidade e pela transferência dos seus saberes, predados sem os quais a execução e a redação deste trabalho seriam impossíveis!

Ao Prof. Dr. Francisco José de Paula Filho (Júnior) e ao bem humorado técnico da Central Analítica Me. Jorge Marcell Coelho Menezes pelos treinamentos de laboratório, providência dos equipamentos para análises no campo, mas, antes de qualquer coisa, pelo companheirismo, ótimas conversas e bons aconselhamentos em vários dos momentos de aflição.

Ao Prof. Dr. Basílio Silva Neto por, corriqueiramente, estar presente durante as aventuras da minha caminhada acadêmica e profissional, prestando pronta e atenciosamente suas inestimáveis contribuições sempre que solicitado.

Ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional Sustentável – PRODER da Universidade Federal do Cariri – UFCA, em particular à Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Celme Torres Ferreira da Costa e ao Prof. Dr. Paulo Renato Alves Firmino os quais carregarei comigo, cotidianamente, através da amizade e dos saberes repassados.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba – IFPB pela concessão do meu afastamento durante a reta final da pesquisa e às direções de ensino e geral do *campus* Cajazeiras, mormente, aos demais colegas de trabalho por, na “reta inicial” do mestrado, terem topado modificar os seus horários para que eu pudesse encaixar minhas atividades sem prejudicar o andamento dos ofícios de estudante de pós-graduação e de docente.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE *campus* Juazeiro do Norte, em especial à Prof<sup>a</sup>. Me. Yannice Tatiane da Costa Santos e às técnicas de laboratório Me. Adriana Simões e Me. Lucilene Queiroz, assim como a todo o restante da turma do Laboratório de Engenharia Ambiental e Sanitária – LEAS, sobretudo os(as) discentes Ana Júlia, Bárbara, Diana, Dynara, Ingrid, Laisa, Luiz Henrique, Lênine, Patrícia, Sinara, Suelho, Wana e Wedson. Sem a valorosa ajuda desses personagens não sei o que seria de mim, nem da presente dissertação, na seção que trata das análises das amostras da água.

Ao Ten.-Cel. Edênio Duarte, ao Ten. Edson Silva bem como aos demais homens do 5º Batalhão do Corpo de Bombeiros Militar do Estado da Paraíba pelo imprescindível apoio logístico na cessão da embarcação, seus condutores e coletes salva-vidas durante as coletas de campo na área central do Açude Grande.

A toda a turma de mestrandos do PRODER, biênio 2018-2020, principalmente às parceiras Maria Inácio, Orjana Palácio e Mirelle Tainá (minha ex-aluna e, depois, colega de *stricto sensu*), pessoas das quais sentirei grandes saudades da convivência.

Por fim, a aqueles que foram, são ou serão meus alunos, razão da minha contínua busca pelo aperfeiçoamento ético, moral e profissional.

Muito obrigado!

Vamos perdoar aquela gente  
Que não soube enxergar  
Um pouquinho na frente  
E secou tudo até a última fonte  
Queimou a floresta, matou a semente  
Vamos celebrar a nova civilização  
Que nasceu da destruição  
E já nasceu cuidando bem  
Pra não ter que aprender  
Perdendo tudo também  
(GESSINGER; MALTZ, 2007)



## RESUMO

A Região Administrativa do Nordeste possui o segundo maior contingente populacional do Brasil, conta com o menor volume de água do país e, ainda assim, apresenta muitas situações de descaso com esse precioso elemento. O açude Senador Eptácio Pessoa, conhecido na localidade como Açude Grande, fica na cidade de Cajazeiras-PB, um dos 1.262 municípios inseridos no polígono semiárido. Este reservatório superficial, reconstruído pelo Governo Federal no contexto da seca de 1915, encontra-se hoje degradado recebendo lançamento direto de efluentes sem qualquer tratamento. Sendo assim, o presente trabalho propôs: investigar a evolução histórica da deterioração do manancial com o intuito de estabelecer relação entre o aumento da urbanização e a perda da qualidade das suas águas superficiais. Para tanto se realizou, no período chuvoso e no período seco de 2019: avaliação da sua condição por meio da análise de 15 variáveis limnológicas; aplicação do Índice de Estado Trófico; e inferiu-se sobre a sua decadência empregando-se técnicas de geoprocessamento e Sensoriamento Remoto. Também foram realizadas 71 entrevistas com o objetivo de constatar como população e poder público enxergam e manejam atualmente o reservatório. Os resultados observados foram: o açude encontra-se eutrofizado; o crescimento urbano acelerado influenciou na degradação histórica; a população citadina, embora apresente noção acerca da perda de sua qualidade pelas agressões urbanísticas e reconheça a importância das águas para a região, aparenta pouco conhecer o seu valor histórico e não se sente responsável o suficiente para agir em prol da sua revitalização; que o poder público local vem, atualmente, tentando reverter o notável descaso com o Açude Grande; e que, embora próximo dessa condição, o reservatório ainda não atingiu um ponto crítico e irreversível para ser recuperado o que dá margem de possibilidade para uma futura requalificação.

**Palavras-chave:** qualidade de água, reservatório superficial, monitoramento hídrico remoto, poluição aquática.

## ABSTRACT

In Brazil, the northeast region has the second largest population and the least water volume in the country, although exhibit several negligences regarding such precious element. The Epitácio Pessoa Senator Lake, locally known as “Big Lake”, is located in Cajazeiras city, at Paraíba state, one of the 1,262 cities in the semiarid region. This open air reservoir, which was rebuilt by the federal government during the 1915 drought, is, now a days, found degraded due to direct launch of non-treated effluents. Thus, the current work proposed: to investigate the historic evolution of its deterioration aiming to establish relationship between the urbanization growth and the loss of its superficial water quality. Therefore was realized, in the rainy and dry seasons of 2019: evaluation of reservoir condition by means of 15 limnological variables; application of the Trophic Status Index; and it was inferred about its decline using techniques of geoprocessing and Remote Sensing. It was also carried out 71 interviews aiming to verify how the population and the public authorities currently sense and deal with the reservoir. As results it was observed: currently the lake is found eutrophic; the fast urban growth influenced in the historic degradation; the urban population, though is conscious about the loss of water quality due to hostile urbanization and recognizes the importance of the water for the region, appear to know little about its historical value and thus do not feel responsible enough to act toward its revitalization; the local public authority currently is trying to reverse the notorious disdain regarding the big lake; the lake did not yet reached its critical and irreversible point, though it is close to that, it can yet be recovered, what may give grounds for a possible requalification in the future.

**Keywords:** water quality, surface reservoir, remote water monitoring, water pollution.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Tipologia espacial das massas d'água superficiais do Brasil.....	26
<b>Figura 2:</b> Localização do município de Cajazeiras-PB.....	30
<b>Figura 3:</b> Climograma do município de Cajazeiras-PB .....	31
<b>Figura 4:</b> Gráfico comparativo de precipitação acumulada (mm) .....	32
<b>Figura 5:</b> Gráfico comparativo insolação total (horas e décimos).....	32
<b>Figura 6:</b> Pirâmide etária do município de Cajazeiras-PB .....	33
<b>Figura 7:</b> Evolução da capacidade dos açudes que abastecem a cidade de Cajazeiras (2009-2018) .....	35
<b>Figura 8:</b> Comportamento dos Sistemas Atmosféricos na Região Nordeste .....	36
<b>Figura 9:</b> Mapa de chuvas do nordeste brasileiro .....	37
<b>Figura 10:</b> Divulgação de audiência pública para tratar do saneamento básico de Cajazeiras-PB.....	38
<b>Figura 11:</b> Diagrama esquemático do espectro eletromagnético.....	42
<b>Figura 12:</b> Linha do tempo dos satélites LANDSAT lançados à órbita terrestre.....	44
<b>Figura 13:</b> Fluxograma das vertentes da pesquisa .....	47
<b>Figura 14:</b> Localização do Açude Grande.....	48
<b>Figura 15:</b> Crianças tomando banho e lavando cavalos (A); Trator se preparando para coletar água em recipiente tipo “pipa” (B); Homem pescando (C); Pessoas lavando motocicletas (D) .....	49
<b>Figura 16:</b> Ângulos “A” (montante vista sudeste), “B” (montante vista sudoeste), “C” (jusante vista leste) e “D” (jusante vista oeste) do vertedouro do Açude Grande em “sangria” do mês de abril de 2018 .....	52
<b>Figura 17:</b> Coleta de amostras para análises microbiológicas.....	54
<b>Figura 18:</b> Cabana, habitada por pessoas em situação de rua, montada às margens do Açude Grande .....	61
<b>Figura 19:</b> Fluxograma da operacionalização das imagens de satélites.....	65
<b>Figura 20:</b> Gráfico de reflectância versus comprimento de onda, para água limpa e para água com alga .....	67
<b>Figura 21:</b> Microbacia e rede de drenagem do Açude Grande de Cajazeiras-PB .....	69

<b>Figura 22:</b> Bairros que intersectam a microbacia do Açude Grande de Cajazeiras-PB .....	71
<b>Figura 23:</b> Representação hipsométrica do município de Cajazeiras-PB .....	72
<b>Figura 24:</b> Curva hipsométrica do principal córrego da microbacia do Açude Grande .....	73
<b>Figura 25:</b> Mapa de evolução da mancha urbana de Cajazeiras-PB ao longo dos anos .....	74
<b>Figura 26:</b> Densidade demográfica (habitantes/km <sup>2</sup> ) por setores censitários de Cajazeiras-PB .....	75
<b>Figura 27:</b> Quantidade de pessoas residentes por setores censitários de Cajazeiras-PB .....	76
<b>Figura 28:</b> Planta urbana da cidade de Cajazeiras-PB por bairros .....	77
<b>Figura 29:</b> Freqüentadores da orla (Leblon) do Açude Grande.....	78
<b>Figura 30:</b> Idade dos entrevistados .....	79
<b>Figura 31:</b> Sexo dos entrevistados .....	79
<b>Figura 32:</b> Estado civil dos entrevistados.....	80
<b>Figura 33:</b> Escolaridade dos entrevistados .....	80
<b>Figura 34:</b> Renda dos entrevistados.....	81
<b>Figura 35:</b> Situação de propriedade dos imóveis dos entrevistados .....	81
<b>Figura 36:</b> Número de pessoas por imóvel (residencial ou comercial).....	82
<b>Figura 37:</b> Tempo de fixação no local (residência ou empreendimento).....	82
<b>Figura 38:</b> Resultado da pergunta sobre residir nas proximidades do Açude Grande .....	83
<b>Figura 39:</b> Resultado da pergunta sobre freqüência de visitaçao ao Açude Grande .....	83
<b>Figura 40:</b> Intervalo de freqüência de visitaçao ao Açude Grande.....	83
<b>Figura 41:</b> Turno em que mais visita o Açude Grande .....	84
<b>Figura 42:</b> Finalidade das visitaçoes mais comuns ao Açude Grande .....	84
<b>Figura 43:</b> Resultado da pergunta sobre desabastecimento de água nos imóveis dos entrevistados .....	85
<b>Figura 44:</b> Síntese da espacialidade das entrevistas sobre o Açude Grande .....	85
<b>Figura 45:</b> Resultado do questionamento sobre já ter utilizado a água do Açude Grande .....	86
<b>Figura 46:</b> Freqüências dos tipos de uso evidenciados durante as entrevistas .....	86
<b>Figura 47:</b> Resultado da pergunta sobre atualmente ainda utilizar a água do Açude Grande .....	87
<b>Figura 48:</b> Risco de utilizaçao da água do açude onde 0 é nulo e 10 é risco extremo .....	88
<b>Figura 49:</b> Resultado do questionamento sobre sentir odores oriundos do Açude Grande .....	89

<b>Figura 50:</b> Resultado da pergunta sobre horário que sente odor mais forte vindo do Açude Grande .....	89
<b>Figura 51:</b> Mau cheiro vindo do Açude Grande onde 0 é mínimo e 10 é insuportável .....	90
<b>Figura 52:</b> Resultado da pergunta sobre conhecer algum trabalho de revitalização do Açude Grande .....	91
<b>Figura 53:</b> Resultado do questionamento sobre se sentir responsável pela atual condição do Açude Grande .....	91
<b>Figura 54:</b> Áreas de impacto ambiental no Açude Grande no ano de 2009 .....	93
<b>Figura 55:</b> Pontos de maior agressão do Açude Grande em 2019 .....	94
<b>Figura 56:</b> Embarcação do 5º Batalhão de Bombeiro Militar da Paraíba utilizada nas coletas .....	96
<b>Figura 57:</b> Pontos de coleta das amostras da água do Açude Grande .....	97
<b>Figura 58:</b> Mapa de delimitação de imóveis rurais cadastrados no município de Cajazeiras-PB .....	100
<b>Figura 59:</b> Gráfico <i>biplot</i> do período chuvoso .....	103
<b>Figura 60:</b> Gráfico <i>biplot</i> do período seco .....	104
<b>Figura 61:</b> Interpolações com as variáveis mais expressivas nos eixos componentes 1 e 2 da PCA .....	105
<b>Figura 62:</b> Meios “A” (para quantificação de CTT e CT) e “B” (para detecção de <i>E. Coli</i> )	107
<b>Figura 63:</b> Composições em RGB das imagens multiespectrais das missões LANDSAT utilizados na pesquisa .....	110
<b>Figura 64:</b> Imagens comparativas de NDWI do Açude Grande e dos açudes que abastecem Cajazeiras .....	111
<b>Figura 65:</b> Balanço hídrico climatológico - normal de 1961 a 1990 .....	113
<b>Figura 66:</b> Ilustração de análise de resposta espectral através dos valores registrados nos <i>pixels</i> .....	114
<b>Figura 67:</b> Gráfico de dispersão transparência de Secchi versus bandas analisadas .....	117
<b>Figura 68:</b> Gráfico de dispersão clorofila versus bandas analisadas .....	117
<b>Figura 69:</b> Gráfico dos percentuais de resposta espectral dos pontos estudados .....	118

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1:</b> Proprietários expropriados e importâncias recebidas.....	28
<b>Quadro 2:</b> Série histórica de 2009 a 2018 do volume d'água dos açudes que abastecem Cajazeiras-PB .....	34
<b>Quadro 3:</b> Resumo sintético das resoluções dos satélites LANDSAT .....	43
<b>Quadro 4:</b> Parâmetros de qualidade de água avaliados nas amostras.....	55
<b>Quadro 5:</b> Matriz de referência para o estabelecimento dos valores do IET <sub>SA</sub> .....	56
<b>Quadro 6:</b> Síntese das variáveis utilizadas na pesquisa .....	57
<b>Quadro 7:</b> Distribuição das aplicações das entrevistas .....	59
<b>Quadro 8:</b> Parâmetros morfométricos da microbacia do Açude Grande .....	70
<b>Quadro 9:</b> Evolução da população urbana, rural e total do município de Cajazeiras-PB.....	75
<b>Quadro 10:</b> Médias dos resultados encontrados nas análises físico-químicas dos períodos seco e chuvoso .....	98
<b>Quadro 11:</b> Eixos gerados para a realização de análise de PCA .....	102
<b>Quadro 12:</b> Resultados das análises microbiológicas.....	106
<b>Quadro 13:</b> Dados das respostas espectrais extraídas dos valores médios dos <i>pixels</i> .....	116
<b>Quadro 14:</b> Resumo dos resultados de clorofila-a e profundidade medida com disco de Secchi .....	117
<b>Quadro 15:</b> Resultado do Coeficiente de Correlação de Pearson.....	118

## SUMÁRIO

<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	iv
<b>RESUMO</b> .....	vii
<b>ABSTRACT</b> .....	viii
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	ix
<b>LISTA DE QUADROS</b> .....	xii
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	16
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	19
<b>2.1 Objetivo geral</b> .....	19
<b>2.2 Objetivos específicos</b> .....	19
<b>3 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	19
<b>3.1 Desenvolvimento sustentável</b> .....	19
<b>3.2 A água no mundo e no Brasil</b> .....	22
<b>3.3 A seca e a água no semiárido brasileiro</b> .....	24
<b>3.4 O Açude Grande</b> .....	27
<b>3.5 O município de Cajazeiras</b> .....	30
<b>3.6 Qualidade da água</b> .....	38
<b>3.7 Geotecnologias como ferramentas de auxílio de monitoramento</b> .....	41
<b>3.8 Estatística multivariada</b> .....	46
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	47
<b>4.1 Localização</b> .....	47
<b>4.2 Fundamento da escolha dos pontos de coleta das amostras de água</b> .....	50
<b>4.3 Coleta de dados da água</b> .....	53
<b>4.4 Procedimentos éticos da pesquisa com seres humanos</b> .....	57
<b>4.5 Estudo estatístico para população da entrevista</b> .....	58
<b>4.6 Aplicação das entrevistas</b> .....	59
<b>4.7 Operacionalização das imagens de satélite</b> .....	61
<b>4.8 NDWI e comparação das bandas equivalente às cores verdes e vermelhas</b> .....	66

4.9 Estatísticas para avaliação da qualidade da água .....	67
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>69</b>
5.1 Caracterização morfométrica e ocupação da microbacia do Açude Grande .....	69
5.2 Entrevistas sobre o Açude Grande.....	78
5.2.1 Perfil geral dos entrevistados e espacialidade da pesquisa .....	79
5.2.2 Entrevistas com a população .....	86
5.2.3 Entrevista com representante da prefeitura municipal.....	92
5.3 Análises de laboratório das amostras da água do Açude Grande.....	96
5.3.1 Análises físico-químicas .....	97
5.3.2 Análises microbiológicas .....	105
5.3.3 Índice de Estado Trófico e degradação do reservatório.....	107
5.4 Extrapolações com o uso do Sensoriamento Remoto – SR.....	109
5.4.1 Análise utilizando o método NDWI.....	111
5.4.2 Análise de bandas correspondentes às cores verdes e vermelhas .....	113
<b>6 CONCLUSÕES .....</b>	<b>119</b>
<b>7 SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS .....</b>	<b>121</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>121</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>134</b>
Apêndice A – Morador do entorno do Açude Grande (Classe M) .....	135
Apêndice B – Empreendimento próximo ao Açude Grande (Classe E) .....	137
Apêndice C – Utente do Açude Grande (Classe U) .....	139
Apêndice D – Pessoa em situação de rua estabelecido às margens do Açude Grande (Classe P) .....	141
Apêndice E – Representante da Prefeitura de Cajazeiras-PB (Classe C) .....	143
Apêndice F – Dados das Análises Físico-Químicas da Primeira Coleta (22/04/2019) .....	144
Apêndice G – Dados das Análises Físico-Químicas da Segunda Coleta (31/10/2019) .....	145
<b>ANEXOS .....</b>	<b>146</b>
Anexo A – Decreto n° 25.140, de 28 de junho de 2004.....	147
Anexo B – Mapa de Delimitação do Centro Histórico de Cajazeiras – IPHAEP, João Pessoa, 2003 .....	148



<b>Anexo C – Mapa de Delimitação da APP do Açude Grande e da zona com Esgotamento Sanitário na cidade de Cajazeiras – SUDEMA, João Pessoa, 2016.....</b>	<b>149</b>
<b>Anexo D – Certidão de Escritura Pública de Desapropriação da Área do Açude Grande .....</b>	<b>150</b>
<b>Anexo E – Certidão de Entrega do Açude Grande pelo Governo Federal ao Governo Estadual .....</b>	<b>152</b>
<b>Anexo F – Relatório de Obra da Inspeção Federal de Obras Contra as Secas .....</b>	<b>154</b>
<b>Anexo G – Cadastro Nacional da Pessoa Jurídica da AC3 .....</b>	<b>163</b>
<b>Anexo H – Logotipo do coletivo “Fórum Açude Grande” .....</b>	<b>164</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O paradigma do desenvolvimento sustentável emergiu como uma constante debatida entre os ambientalistas os quais, através de estudos e modelos matemáticos, constataram que na natureza “existem limites que devem ser respeitados” (BRAGA et al., 2005, p. 216) o que terminou por endossar o sentimento de que o uso desenfreado dos recursos pode comprometer o bem estar das diversas formas de vida do planeta, inclusive o da própria humanidade.

Nesse contexto um desastre ambiental ocorrido na década de 1960, no Japão, foi importante marco. Referido evento consistiu no lançamento, por mais de vinte anos, da forma orgânica do mercúrio, oriundo dos processos da indústria Chisso, diretamente na baía de Minamata, situada no arquipélago sul daquele país, contaminando a água, a fauna marinha e a cadeia trófica de tal maneira que chegou à população local, acarretando problemas de saúde, mortes e ficando conhecido como “Mal ou Doença de Minamata” (SILVA et al., 2017, p. 51-52).

Logo, em se tratando de desenvolvimento sustentável, é imprescindível falar sobre a água, um dos recursos naturais mais estudados. Isso decorre do fato de este bem abiótico e inorgânico ser indispensável para a produção industrial e agrária e, antes de tudo, para a própria manutenção da vida haja vista que “todos os organismos necessitam de água para sobreviver, sendo a sua disponibilidade um dos fatores mais importantes para moldar ecossistemas” (BRAGA et al., 2005, p. 73).

No Brasil, país abundante em água doce por conter praticamente 15% do volume que circula na superfície da Terra (CRAVEIRO; MEDEIROS; MENDES, 2010, p. 99), este bem é irregularmente distribuído possuindo maiores concentrações nos estados menos densamente povoados. Além disso, uma das Regiões Administrativas mais populosas é a que mais sofre com a intermitência da sua oferta: o Nordeste brasileiro (que comporta, no seu interior, uma miríade de municípios) e também uma parcela do Estado de Minas Gerais o qual, mesmo pertencendo à região Sudeste, tradicionalmente melhor ofertada, tem vasta área ao norte inserida dentro do polígono semiárido (INSA, 2018).

A irregularidade das chuvas e as temperaturas relativamente elevadas são características climáticas marcantes dentro do perímetro semiárido brasileiro que, em conjunto com a natureza dos demais fatores, como solos rasos e pedregosos cobertos por

vegetação de caatinga, explicam o ambiente que configuram a paisagem onde ocorrem as secas e desafiam aqueles que se utilizam destes poucos recursos para sobreviverem (RAMALHO, 2013).

Conviver com a seca nessa região requer a construção de grandes obras de engenharia, quase que exclusivamente para represar água superficial (PEREIRA; CURI, 2013). A acumulação desse insumo foi condição necessária e suficiente para fixar, de acordo com Ramalho (2013, p. 110), mais de 40% da população do Nordeste no semiárido, o que demandou, já no final do século XIX, a implantação do Programa de Açudes Públicos, aqueles com capacidade razoável para ultrapassar um período de seca sem se exaurirem, embora com suas águas em constante uso (ASSUNÇÃO; LIVINGSTONE, 1993).

Associada às condições climáticas naturais nordestinas, observa-se um crescente índice de urbanização que, conforme Ojima (2013, p. 38), apresentou uma taxa de, aproximadamente, 46% entre os anos de 1970 a 2010.

Esse padrão de crescimento, por implicar a concentração de pessoas e atividades produtivas sobre um espaço restrito causa, necessariamente, impactos degradadores na natureza com efeitos sinérgicos persistentes e, embora outras atividades, como: agricultura, pecuária, mineração e produção de energia, também provoquem grandes impactos negativos sobre o meio, a urbanização, por gerar de forma concentrada seus impactos ambientais e difundi-los bem além dos limites das urbes, suscita uma atenção especial (JATOBÁ, 2011).

Inserido dentro do panorama exposto acima, encontra-se o reservatório superficial denominado Senador Epitácio Pessoa, que fica localizado na zona urbana do município de Cajazeiras, interior do Estado da Paraíba.

Conhecido popularmente como Açude Grande, este manancial, que foi construído pelos próceres da cidade ainda no século XIX e reconstruído pelo Governo Federal no contexto da seca de 1915, auxiliou no provimento de Cajazeiras até a década de 1960, época da inauguração do primeiro sistema adutor de abastecimento, oriundo do açude Engenheiro Ávidos, mais comumente chamado de Boqueirão, sendo, desde então, praticamente esquecido pelos órgãos ambientais, de gestão e de abastecimento público (COSTA et al., 2010a).

Tendo a ocupação da maior área de suas margens efetivada por pontos comerciais e, sobretudo, residências que vão desde um padrão econômico mais simples, em bairros

populares, até casas com alto padrão, nos bairros nobres e centrais, e servindo, também, como local de encontro para o uso recreativo ou até mesmo de “moradia” por pessoas sem residência fixa, o “Açude Grande” aponta, através de sua paisagem eivada de macrófitas do tipo *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms, que está degradado (SOUZA, 2015 e SILVA et al., 2014).

Apesar disso, observam-se diariamente diversos usos de suas águas para dessedentação de animais, atividades de pesca, lavagem de veículos e até para banho, ao passo em que esgotos, provenientes de várias localidades de Cajazeiras, vertem os efluentes sem tratamento para o seu interior (SOUZA, 2015, p. 35).

Diante disso questiona-se: será que o nível de degradação do manancial foi influenciado pelo crescimento da cidade no seu entorno? É possível inferir sobre a deterioração histórica do Açude Grande através das imagens de satélite? Atualmente a água do Açude Grande encontra-se imprópria para uso direto e representa um risco à saúde? As pessoas estabelecidas em torno do Açude Grande e os demais utentes conhecem sua história e sabem se existe risco ao utilizar sua água?

Assim, o presente trabalho realizou o estudo da evolução histórica da qualidade da água deste reservatório, relacionando o crescimento urbano ao aumento das concentrações de poluentes e contaminantes encontrados nas águas superficiais para, diante dos resultados, aferir se os atuais usos dados pela população ao açude apresentam riscos à saúde conforme o Índice de Estado Trófico e os normativos pertinentes tais como a portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde e as resoluções 357/2005 e 91/2008, respectivamente do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) e do Conselho Nacional dos Recursos Hídricos (CNRH).

Para tanto, foram feitas pesquisas bibliográficas e documentais buscando fontes que tratassem desde a construção do reservatório até os dias atuais; análises laboratoriais de amostras de água colhidas *in situ* nos períodos chuvoso e seco de 2019; análises das coleções de imagens de satélites das décadas de 1970, 1980, 1990, 2000, 2010 e do ano de 2019; e aplicação de entrevistas com moradores, donos de empreendimentos, frequentadores/utentes das proximidades do açude e representante do poder público vinculado à Prefeitura Municipal de Cajazeiras-PB, com o propósito de se estabelecer como ocorre o uso do reservatório no

presente e, o seu grau de importância para os que, de alguma maneira, dele se utilizam, estando os objetivos da investigação melhor descritos na próxima seção.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Investigar a evolução histórica da deterioração do Açude Grande, avaliando o seu Índice de Estado Trófico e a relação entre o aumento da urbanização e a perda da qualidade das suas águas superficiais.

### **2.2 Objetivos específicos**

- i. Compreender a importância do Açude Grande para a população da cidade de Cajazeiras, sobretudo para moradores, empreendedores e utentes do seu entorno;
- ii. Caracterizar morfometricamente o reservatório e identificar os seus principais pontos de entrada de contaminantes;
- iii. Avaliar a atual condição de degradação das águas superficiais do reservatório por meio de análises físico-químicas e microbiológicas de amostras de água colhidas *in situ*;
- iv. Comparar a pressão do crescimento urbano sobre a área do reservatório com o efeito sobre a qualidade da água, através do estudo da série histórica de imagens de satélite; e
- v. Identificar, a partir dos parâmetros limnológicos a serem avaliados, os riscos<sup>1</sup> de se utilizar atualmente as águas do Açude Grande, conforme preconizam os normativos pertinentes (portaria MS 2.914/2011; resoluções CONAMA 357/2005 e CNRH 91/2008).

## **3 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **3.1 Desenvolvimento sustentável**

Crescimento e desenvolvimento podem aparecer como sinônimos em dicionários da língua vernácula, entretanto, as discussões acadêmicas que envolvem o tema sustentabilidade podem dar cargas semânticas distintas a esses dois vocábulos, significando crescimento como,

---

<sup>1</sup> No presente trabalho, entende por risco toda probabilidade de perigo com geração de ameaça à integridade física de seres humanos e/ou do meio ambiente (FERREIRA, 2001, p. 648).

simplesmente, algo que ampliou de tamanho ou aumentou seu volume enquanto que desenvolvimento seria um substantivo que envolve várias vertentes tais como as sociais, econômicas e ambientais sem, no entanto, pressupor crescimento (SANTOS et al., 2017).

Ante essa concepção, o termo “desenvolvimento sustentável” há tempos vem sendo debatido, construído, desconstruído e (re)construído entre ambientalistas e nos meios científicos. Concebido, primordialmente, como ecodesenvolvimento nos anos de 1970 (ROMEIRO, 2012, p. 65) o tema anda em constante ebulição, mas, em um ponto há praticamente consenso: por serem finitos, os recursos naturais terrestres devem ser usados com racionalidade.

Ressalta-se que, corroborando com a visão de Rattner (1977, p. 16), não se equipara, no presente trabalho, o termo “finito” ao “esgotável”, a julgar por se compreender que esses elementos/recursos são capazes de serem, através de combinações químicas, incorporados temporariamente a bens de capital ou de consumo, porém são indestrutíveis, destacando-se que sua escassez está mais intimamente ligada à desequilibrada apropriação dos bens naturais pela sociedade.

É importante frisar que a definição clássica de recurso natural pode ser dada como “todo e qualquer componente da natureza que o homem pode usar em seu benefício” (CONTI; FURLAN, 2003, p. 87) e a esse respeito Milton Santos (2004, p. 20) diria preferir empregar o termo “recurso social”, já que, em sua concepção “se são naturais não são recursos, e para serem recursos têm que ser sociais”.

Nessa circunstância a Revolução Industrial, iniciada na Inglaterra na segunda metade do século XVIII, foi responsável por ocasionar uma drástica mudança nas relações da humanidade com a natureza através da aceleração e intensificação do uso dos recursos naturais que, por sua vez, geraram problemas sob o ponto de vista do equilíbrio ambiental (PEARSON, 2011, p. 21).

Dos problemas ambientais surgidos após o XVIII, até a sua real percepção, na segunda metade do século XX, vieram à tona, alicerçados por debates filosóficos, diversas versões sobre o que é o meio ambiente e sobre o que ficaria conhecido como “crise ambiental” (MENDONÇA; DIAS, 2019).

Assim, das várias visões sobre este ente concreto, podem ser destacadas duas linhas

centrais de pensamento: a reformista em que os problemas ambientais seriam ocasionados pelo desperdício de matéria e energia, combinados ao excesso da população e aos altos padrões de produção e consumo; e a perspectiva crítica que entende que a chamada crise ambiental se deve a um conjunto de variáveis interconexas, dadas em bases sociais, econômicas, culturais e políticas, estruturalmente desiguais, que conformam a sociedade capitalista (PINTO; ZACARIAS, 2009).

Essa segunda abordagem filosófica, de perspectiva crítica, seria reforçada através da Teoria Sistêmica proposta pelo biólogo austríaco Ludwig von Bertalanffy (1901-1972) que, entre os seus preceitos, rege que a compreensão da dinâmica das partes só pode ser entendida com base na dinâmica do todo, o que pressupõe que a sociedade, enquanto uma dessas partes, não pode estar de fora de uma análise mais profunda sobre natureza e meio ambiente (MENDONÇA; DIAS, 2019).

Imortalizada ainda no século XVIII, através das constatações do químico francês Antoine de Lavoisier, a máxima do pensamento que diz “na natureza nada se cria, nada se perde, tudo se transforma” geraria na sociedade hodierna uma percepção de que se dispunha de inesgotável suprimento de energia e de matéria, além da indefinida capacidade do meio para reciclar os elementos e absorver resíduos (BRAGA et al., 2005, p. 47).

No entanto, embora as premissas sejam verdadeiras a partir da ótica defendida por Lavoisier, o tempo de depuração do meio, através da reciclagem, transformação e reincorporação natural da matéria utilizada nos procedimentos de transformação humana, pode comprometer a qualidade de vida gerando níveis indesejáveis de poluição no solo, no ar e na água (BRAGA et al., 2005).

E é dentro desse prisma que a década de 1980 marcaria a consolidação do termo desenvolvimento sustentável, difundido através da Comissão Mundial do Desenvolvimento e Meio Ambiente montada, em 1984, pela Organização das Nações Unidas – ONU e que, coordenada pela primeira-ministra norueguesa Gro Harlem Brundtland, lançou em 1987 o documento intitulado “Nosso futuro comum”, também conhecido como relatório Brundtland. Referido relatório preconiza que a humanidade deveria prezar por atender às necessidades da geração presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender às suas próprias necessidades (BRAGA et al., 2005, p. 216).

Desde então a ONU vem se mantendo na vanguarda das discussões ambientais mundiais, sendo suas diversas reuniões e cúpulas sobre o tema imprescindíveis para orientar as tomadas de decisão a respeito de como se gerir de maneira racional “o solo, a água e outros” (ROMEIRO, 2012, p. 69) de modo que a riqueza gerada pela exploração dos recursos possa ser mais equanimemente distribuída.

Com o intuito de especificar melhor ações que pudessem corroborar com as tentativas de se evoluir as diversas nações do planeta, sobretudo as ainda distantes da realidade dos chamados “países desenvolvidos”, a ONU lança, no início dos anos 2000, uma agenda contendo uma série de recomendações que seriam informalmente conhecidas como os “8 Jeitos de Mudar o Mundo” que tinham um prazo de 15 anos para serem postos em prática (GARCIA; GARCIA, 2016, p. 196).

Os 8 Jeitos de Mudar o Mundo, cujo nome oficial eram “Objetivos de Desenvolvimento do Milênio – ODM”, foram instruções reforçadas, também, pelo lançamento, ainda por parte da ONU, da “Década da Educação para o Desenvolvimento Sustentável” que vigeu do ano de 2005 ao ano de 2014 (GADOTTI, 2008, p. 10). Ao final do prazo de duração desta agenda, após nova reunião da cúpula do órgão, surge, em 2015, mais uma gama de pontos a serem direcionados não só para os países menos desenvolvidos, mas para todo o globo a fim de que o mundo pudesse ter um futuro mais próspero, pacífico e sustentável: os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável – ODS.

De acordo com Garcia e Garcia (2016, p. 202) os ODS são 17 itens que “se apóiam em três pilares básicos: acabar com a pobreza, proteger o planeta e garantir a prosperidade para todos”, sendo importante destacar que a presente pesquisa está fortemente ligada aos objetivos de número 6 e 11, que propalam, respectivamente: assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos; e tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis.

### **3.2 A água no mundo e no Brasil**

Assim como os demais seres vivos, a humanidade sempre foi dependente da água para a sua sobrevivência. A passagem da condição de nômade para sedentário, vinculada à necessidade de produção de alimentos e domesticação de animais ocorrida por volta de 15 mil



anos atrás (SPOSITO, 2005, p. 12), demandou do homem uma maior proximidade com esse recurso, não sendo coincidência que grandes civilizações pretéritas, e que iriam originar as primeiras cidades, tenham se estabelecido em áreas às margens de caudalosos rios as quais podem ser citadas como exemplos: Mesopotâmia (atual Iraque), vale do Nilo (Egito), vale do Indo (centro-norte da Índia) e dos grandes rios chineses (Hoang-Ho e Yang Tsé-Kiang) (TAMDJIAN; MENDES, 2010, p. 273).

O padrão de crescimento imposto pelos seres humanos, principalmente após a revolução industrial na segunda metade do século XVIII, passou a utilizar mais vorazmente a cada dia os recursos hídricos disponíveis. Além disso, as atividades fabris e urbanas passaram a contaminar os mananciais através do lançamento das águas servidas (também chamadas de efluentes) nos rios e lagos, uma vez que a escala de lançamento desses dejetos passou a ser tamanho ao ponto de comprometer a capacidade de autodepuração aquática, que nada mais é do que sua propriedade de regeneração através da diluição das substâncias que recebe (PEARSON, 2011).

Estima-se que a massa volumétrica total de água da Terra gire em torno de 1.386.000.000 km<sup>3</sup>. Desse montante, apenas 0,003% seria apropriado para consumo humano já que todo o restante ou se encontra nos oceanos e mares e, portanto, é salgada; ou se encontra em locais de difícil acesso, como é o caso das geleiras e galerias profundas; ou, o que é pior, está poluída e, assim, inadequada para uso direto, sobretudo em virtude das pressões efetuadas por conta das demandas predatórias da população, as quais estão intimamente aliadas ao crescimento desordenado dos centros urbanos e à malversação desse bem nas áreas rurais (BRAGA et al., 2005, p. 73-74).

Além de ter uma diminuta quantidade própria para o consumo com fácil acesso, a água é irregularmente distribuída no espaço e no tempo, fato que pode ser constatado através da observação da existência de desertos e da variabilidade temporal das precipitações nas mais diversas regiões da Terra (BRAGA et al., 2005, p. 74) o que fomenta especial atenção de autoridades, gestores e também da sociedade civil, já engajada nas questões ambientais. Diante desse patamar, a preocupação com o abastecimento hídrico torna-se, atualmente, uma realidade presente no cotidiano de várias pessoas ao redor do mundo.

No Brasil essa preocupação com a água também se faz presente, sobretudo nos locais

de maior escassez. Até em pontos historicamente melhor abastecidos com esse recurso, como é o caso da região Sudeste, a atenção com esse bem já desponta como uma constatare potencializada, em grande parte, pela crise do estado de São Paulo desencadeada no biênio 2014-2015 (RIO; DRUMMOND; RIBEIRO, 2016 e CESAR NETO, 2015).

Mesmo considerado como abundante em recursos hídricos, o Brasil, país de dimensões continentais, replica a situação que ocorre no restante do mundo, e possui quantidades de massas de água irregularmente distribuídas. Quanto a essa afirmação, Craveiro, Medeiros e Mendes (2010, p. 105) destacam que 68% da água do Brasil se encontram na Região Norte, 16% na Região Centro-Oeste, 7% no Sul, 6% no Sudeste e somente 3% no Nordeste, sendo que, esta última Região possui a segunda maior população do país ficando atrás, apenas, do Sudeste enquanto que o Norte, com o maior percentual de água disponível, tem a menor população entre as Regiões Administrativas brasileiras (RAMALHO, 2013).

Além de contar com a menor parcela de água entre as demais regiões, o Nordeste “tem sua situação agravada por um regime pluviométrico irregular e pela baixa permeabilidade do terreno cristalino” (BORSOI; TORRES, 1997, p. 5). A situação descrita por Borsoi e Torres (1997) no Nordeste é especialmente crítica quando se considera que essa região detém a maior parcela do território semiárido do Brasil (que abrange, segundo o INSA, 2018, os seguintes estados: Paraíba, Pernambuco, Rio Grande do Norte, Ceará, Piauí, Alagoas, Sergipe, Bahia, Maranhão e Minas Gerais) e que, conforme Moura et al. (2007) possui médias de precipitações anuais inferiores a 800 mm.

### **3.3 A seca e a água no semiárido brasileiro**

Entende-se por secas os fenômenos naturais caracterizados “pelo atraso na precipitação das chuvas ou pela sua ocorrência abaixo do valor mínimo necessário à sobrevivência da vegetação” (PARAÍBA, 2011, p. 9) o que acarreta diversos problemas sociais e econômicos.

Anteriormente chamado de polígono das secas, por ter o maior número de ocorrência desse fenômeno no país, o semiárido brasileiro trata-se de uma grande porção de terras que, desde sua atualização, em 2017, intersecta todos os Estados do Nordeste brasileiro juntamente com grande parte do norte de Minas Gerais que fica no Sudeste do Brasil (INSA, 2018).

Desde o período da colonização há registros de secas nesta área, entretanto a preocupação com essa condição só veio a se tornar pública durante o Império, com Dom Pedro II, no século XIX, quando foram registradas milhares de mortes no sertão nordestino (IFPB, 2017).

A falta de conhecimento científico acerca da dinâmica hidrológica juntamente com a variabilidade das chuvas no semiárido, seguida de um considerável período de relativa abundância hídrica, possibilitou um volumoso assentamento de pessoas o que potencializou as perdas durante a estiagem que compreende os anos de 1877 a 1879 (CAMPOS, 2014).

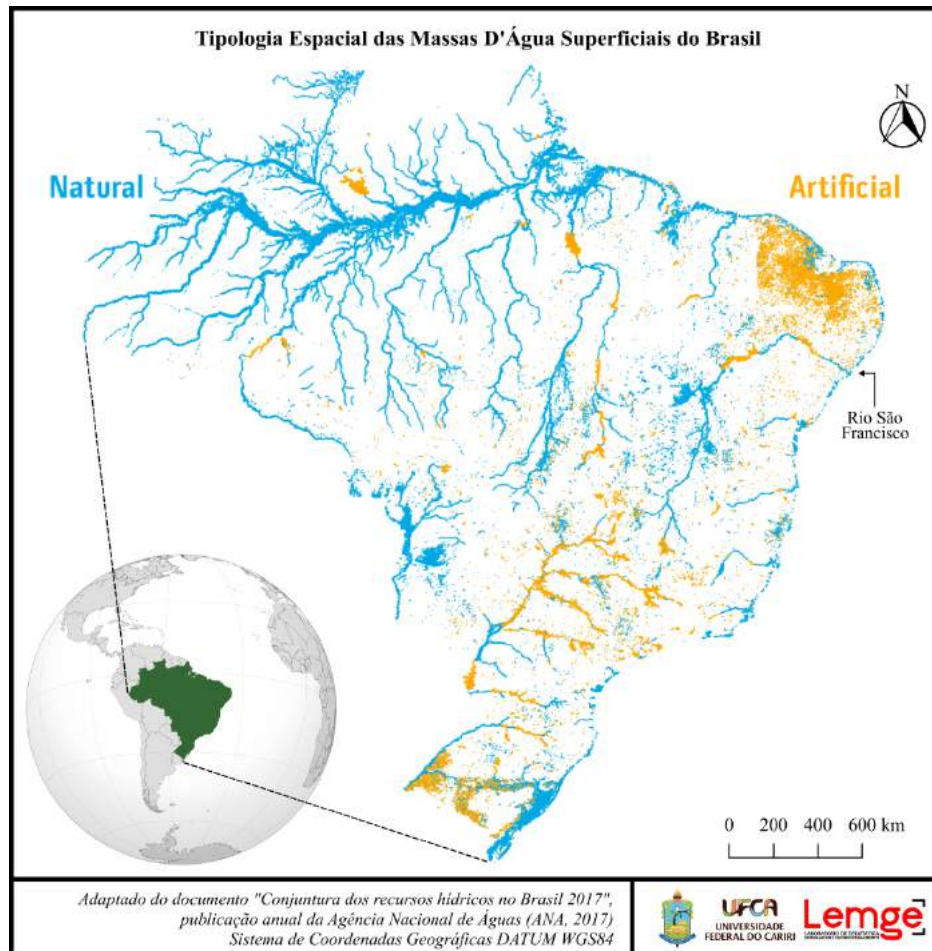
Referido período de insuficiência de chuvas chamou a atenção do mundo quando o jornalista e naturalista norteamericano, Herbert Huntington Smith (1851-1919), publicou uma matéria estimando centenas de milhares de mortes na região, tendo em vista que acompanhou de perto a situação por estar em uma expedição científica no Brasil (CAMPOS, 2014).

A partir de então se iniciariam as discussões sobre qual seria a melhor forma de contornar as dificuldades da área e é a esse respeito que Ab'Sáber (2007, p. 99) coloca em sua obra que o Brasil acompanharia, nesse sentido, “as preocupações e os programas que os Estados Unidos e a Austrália vinham de constituir para as suas respectivas regiões áridas”, vencendo, entre nós, “a ideia principal de construção de reservatórios”, de maneira que, ao longo dos anos, foi no Nordeste do país onde se concentraram as maiores reservas artificiais de água na superfície (Figura 1), sendo, conforme Esteves (1998, p. 89), o período mais profícuo das construções de barragens nesta região brasileira, o pós década de 1940.

Ventilava-se também: a perfuração de poços, muitas vezes inviabilizada por conta do solo cristalino que armazena água salobra ou salina (IFPB, 2017, p. 12); e a transposição de bacias como possíveis formas de se “remediar” as secas do semiárido. Todavia, conforme alerta Campos e Studart (2001, p. 6), naquele momento a construção de açudes “tratou-se de uma sábia decisão pois, dentro das limitações das técnicas existentes, optar pela transposição poderia ter retardado o início do lento programa de açudagem”, o que provavelmente seria capaz de causar ainda mais prejuízos hídricos ao Nordeste brasileiro.

Como se pode observar na Figura 1 há um vácuo considerável de rios perenes à nordeste do Brasil sendo o São Francisco, um dos poucos da área (AB'SÁBER, 2007), já que todos os demais, não representados dada a escala da projeção, são riachos temporários ou

efêmeros. Mesmo com suas superlativas dimensões o “velho Chico”, como é conhecido, só cobre, naturalmente, limitados espaços dos Estados de Alagoas, Bahia, Minas Gerais, Pernambuco e Sergipe, e muito embora sua transposição tenha sido idealizada ainda no século XIX, só veio se tornar uma realidade no início deste século XXI (NUNES, 2012).



**Figura 1:** Tipologia espacial das massas d'água superficiais do Brasil

**Fonte:** ANA, 2017, adaptado pelo autor

Também é importante atentar para a grande concentração de reservatórios dentro ou nas proximidades do Ceará o que sugere que as políticas públicas de açudagem no local também podem estar relacionadas ao peso da historiografia gerada a respeito desse Estado, fato no qual Carvalho (2012, p. 46) destaca a frutífera produção de alguns autores tais como: Giacomo Raja Gabaglia (1877), Viriato de Medeiros (1877), Marco Antonio de Macedo (1878), Thomas Pompeu de Souza Brasil (1909), Guilherme Studart (1910), Joaquim Alves (1958) e Thomas Pompeu Sobrinho (1958).

### 3.4 O Açude Grande

A história do Açude Grande se confunde com a própria história da interiorização do Estado da Paraíba, haja vista que as terras da capitania hereditária paraibana, que originariam o município de Cajazeiras, foram concedidas, pelo governador Jerônimo José de Melo, ao sesmeiro pernambucano Luís Gomes de Albuquerque em 7 de fevereiro de 1767 que, por sua vez, cedeu parte dessas terras aos patriarcas Ana Francisca de Albuquerque, sua filha, e Vital de Souza Rolim, após a contração do matrimônio destes, os quais transformaram seu dote em uma grande fazenda de gado, denominada “Sítio Cajazeiras”, onde foram construídos, no ano de 1804, a casa grande e um açude de pequeno porte para abastecê-la (IBGE, 2017).

Mais de cem anos depois, em 1915, a seca obrigou as autoridades da já instituída cidade de Cajazeiras-PB a se mobilizarem no sentido de dar serviço àqueles que foram flagelados por esse evento, e foi diante deste quadro triste e desolador, que arrastava consigo uma inseparável condição de miséria, que se iniciou, em dezembro daquele mesmo ano, pelo Governo Federal, através da Inspeção Federal de Obras Contra as Secas – IFOCS (atual Departamento Nacional de Obras Contra as Secas – DNOCS), a reforma e ampliação do reservatório que, por esse motivo, iria ficar conhecido como Açude Grande, obra que empregou 300 das quase mil pessoas que sofriam por serem afetadas pela escassez hídrica que assolava grande parte do Nordeste do Brasil (REIS, 1975).

De acordo com Reis (1975), em 1915 Cajazeiras já era considerada uma das mais importantes cidades do interior do Estado da Paraíba, não só pelo comércio, mas, principalmente pela sua população que já atingia algo em torno de 4.000 habitantes residindo em 458 casas. Na atualidade não é diferente, o município conta hoje com mais de 62 mil habitantes, sendo que pouco mais de 80% destes residem no núcleo urbano (IBGE, 2017) com parte ocupando boa parcela da área da bacia do Açude Grande em edificações das mais diversas, inclusive uma Escola Municipal denominada Antônio Tabosa Rodrigues, antigo Centro de Atenção Integral à Criança e ao Adolescente – CAIC, cujas terras foram desapropriadas pelo poder público.

A construção do Açude Grande não se furtou ao fato de seguir uma lógica de alimentação da chamada “indústria da seca” (BARBOSA, 2011), política forjada nos moldes clientelistas que formaria o que José Américo chamaria de “senhores de água” (ALMEIDA,

1982), isto é, pessoas abastadas que recebiam indenizações pela feitura de açudes em suas terras e que terminavam tendo o benefício de contar com este recurso dentro de suas propriedades, muito embora, fugindo um pouco desse paradigma rígido já que, durante muito tempo, as águas do dito reservatório serviram a toda a população da cidade.

O livro Estrada das Boiadas, organizado pela historiadora Rosilda Cartaxo<sup>2</sup> em 1975 traz, no capítulo escrito por Aarão Reis, a lista e as importâncias recebidas por aqueles proprietários tradicionais que tiveram parte de suas terras expropriadas pela obra, a qual está reproduzida no Quadro 1.

<b>PROPRIETÁRIOS INDENIZADOS</b>	<b>VALORES EM RÉIS</b>	<b>% DE INDENIZAÇÃO</b>
Raymundo Sezinando Coelho	6.000\$000	37,86%
Chripim Sezinando Coelho	1.377\$000	8,69%
Olidom Pereira Campos	1.000\$000	6,31%
Dom Moysés Coelho	600\$000	3,79%
Sabino Gonçalves Rolim e outros	418\$000	2,64%
Cezario Duarte Rolim	504\$000	3,18%
João Souza Rolim e outros	5.000\$000	31,55%
Epiphanio Gonçalves Sobreira Rolim	415\$000	2,62%
Chripim Sezinando Coelho (bemfeitorias)	533\$000	3,36%
<b>TOTAL</b>	<b>15:847\$000</b>	<b>100%</b>

**Quadro 1:** Proprietários expropriados e importâncias recebidas

**Fonte:** Reis, 1975, adaptado pelo autor

Uma curiosidade digna de nota é que, apesar de obra pública, o preço da construção do açude saiu abaixo do inicialmente orçado. No projeto, o montante estimado foi de 76:244\$096 (setenta e seis milhões, duzentos e quarenta e quatro mil e noventa e seis réis) mas a execução custou 73:201\$425 (setenta e três milhões, duzentos e um mil e quatrocentos e vinte e cinco réis), uma economia de 3:042\$671 (três milhões, quarenta e dois mil e seiscentos e setenta e um réis), com o m<sup>3</sup> saindo a um custo final de, aproximadamente, 28 réis (REIS, 1975, p. 71), o que seria, em reais, aplicando-se uma conversão hipotética proposta por Gomes (2007), aproximadamente R\$ 3,46 (três reais e quarenta e seis centavos) por metro cúbico.

Outro ponto importante a ser destacado é que, após a execução dos trabalhos de

<sup>2</sup> Rosilda Cartaxo foi professora, historiadora e escritora cajazeirense, nasceu em 31 de julho de 1921 e faleceu em 21 de junho de 2004, na cidade de João Pessoa. Deu importantes contribuições para a historiografia da sua região de origem sendo uma das suas mais importantes obras o livro Estrada das Boiadas (Roteiro para São João do Rio do Peixe), 1975. Fonte: <<http://www.ihgp.net/luizhugo/rosilda.html>>. Acesso em 30 de maio de 2019.

reconstrução do reservatório, o Governo Federal indenizou os proprietários de terra até a cota altimétrica 95 m (noventa e cinco metros) do projeto, conforme pode ser constatado nos documentos “Certidão de Entrega do Açude Grande pelo Governo Federal ao Governo Estadual” (Anexo E) e “Relatório de Obra da Inspetoria Federal de Obras Contra as Secas” (Anexo F). No entanto, o próprio relatório do IFOCS (Anexo F) deixa claro que o projeto foi mudado pelos engenheiros encarregados durante a sua execução, o que subiu a lâmina d’água em mais 2 m (dois metros), ou seja, até a cota altimétrica 97 m (noventa e sete metros), fato esse que é, até a atualidade, gerador de reivindicações por parte dos herdeiros daqueles que tiveram suas terras atingidas pela água, mas que não foram indenizados pelo poder público.

Dessa forma, encravado em área central do semiárido brasileiro (INSA, 2018), o Açude Grande é um valioso bem comum pertencente aos cajazeirenses<sup>3</sup>, e mesmo projetado para possuir considerável capacidade de armazenamento: 2.599.600 m<sup>3</sup> de água (REIS, 1975), não auxilia mais no abastecimento da cidade e, o que é mais grave, atua como receptor de esgoto de vários bairros de Cajazeiras.

O reservatório em questão cumpriu a função de auxiliar no abastecimento urbano até 1964, período em que foi inaugurado o primeiro sistema adutor de abastecimento de Cajazeiras oriundo do reservatório denominado Engenheiro Ávidos, também chamado informalmente de Boqueirão (COSTA et al., 2010b).

A aparente abundância de fornecimento de água proporcionada pela inauguração da adutora do Boqueirão, juntamente com a inércia da população e a omissão do poder público no decorrer dos anos em relação aos temas ambientais, foram fatores determinantes a causar a sua degradação. Tal fato contrariou os termos de entrega do manancial por parte do Governo Federal que, em 1916, instruiu o Governo do Estado da Paraíba (ANEXO E) a mantê-lo sempre “de serventia pública nas melhores condições de conservação” como se encontrava à época, o que acarretou, por bastante tempo, o seu completo esquecimento por parte dos órgãos

---

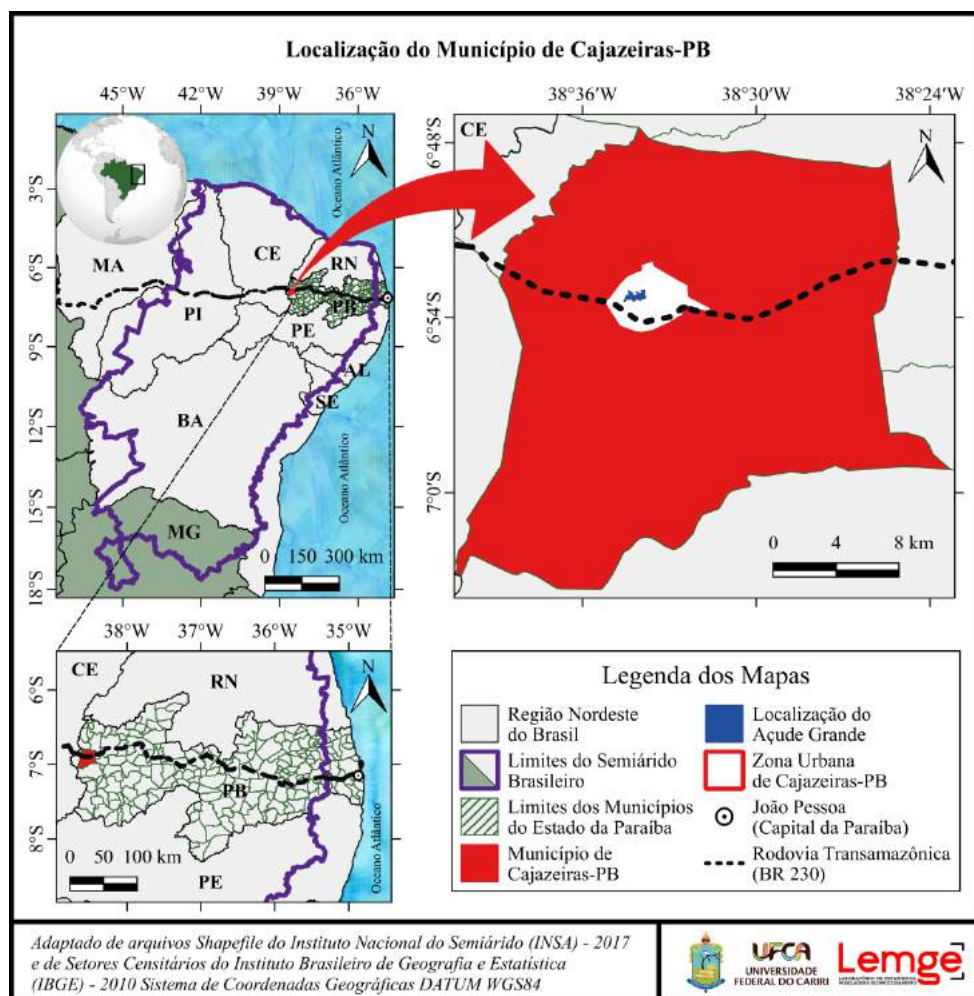
<sup>3</sup> O Açude Grande foi tombado pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico do Estado da Paraíba – IPHAEP (vide ANEXOS A e B) através do decreto nº 25.140 (PARAÍBA, 2004) e inspirou vários trabalhos culturais que deixaram como legado registros que vão desde cordéis e documentários locais a obras nacionais mais pujantes como o romance Carcará de autoria de Ivan Bichara, lançado originalmente pela José Olympio Editora em 1984.

ambientais e de gestão hídrica.

Mesmo com tamanho insuficiente para atender totalmente as atuais demandas de abastecimento da cidade, já que quando fora entregue à população existiam poucas residências e, atualmente são, somente de domicílios próprios ocupados, mais de 6.000 em conformidade com os dados do IBGE (2017), o Açude Grande vem se mantendo com relativa quantidade de água, tendo vertido (sangrado) durante os períodos de chuva dos quatro últimos anos: 2017, 2018, 2019 e 2020.

### 3.5 O município de Cajazeiras

Como já colocado em item anterior, as secas são fenômenos naturais que ocorrem frequentemente no semiárido brasileiro (CHACON, 2007) e nesse contexto se insere Cajazeiras (Figura 2) somado junto a outros 1.261 municípios.



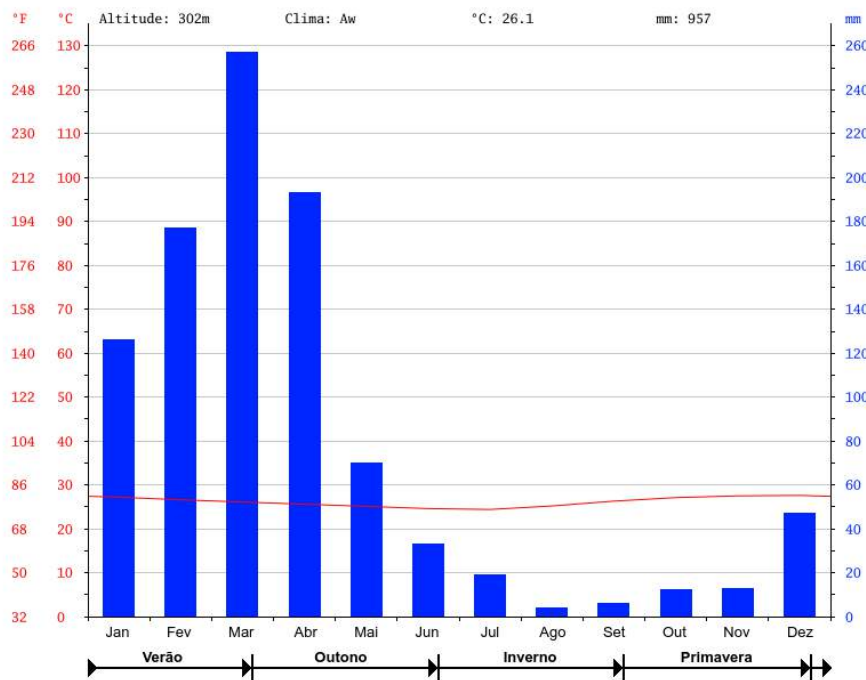
**Figura 2:** Localização do município de Cajazeiras-PB

Fonte: INSA – SIGSAB, 2018, adaptado pelo autor



Segundo dados do INSA (2013), este município paraibano localiza-se em um ponto que possui de 81% a 100% de chances de ser atingido em momentos de seca, quadro que pode ser agravado em virtude das mudanças climáticas globais. Apresenta um clima tropical do tipo C<sub>1</sub>S<sub>2</sub>A'a' de acordo com a classificação de Thornthwaite, que significa “seco e subúmido com grande deficiência distribuída por toda região semiárida” (FRANCISCO; SANTOS, 2018, p. 22).

Suas médias de temperatura, nos anos padrão, giram em torno dos 26 °C, a altitude em relação ao nível do mar fica por volta dos 300 metros e tem médias pluviométricas anuais um pouco acima de 900 mm (AESA, 2018) retratadas no climograma mostrado na Figura 3.



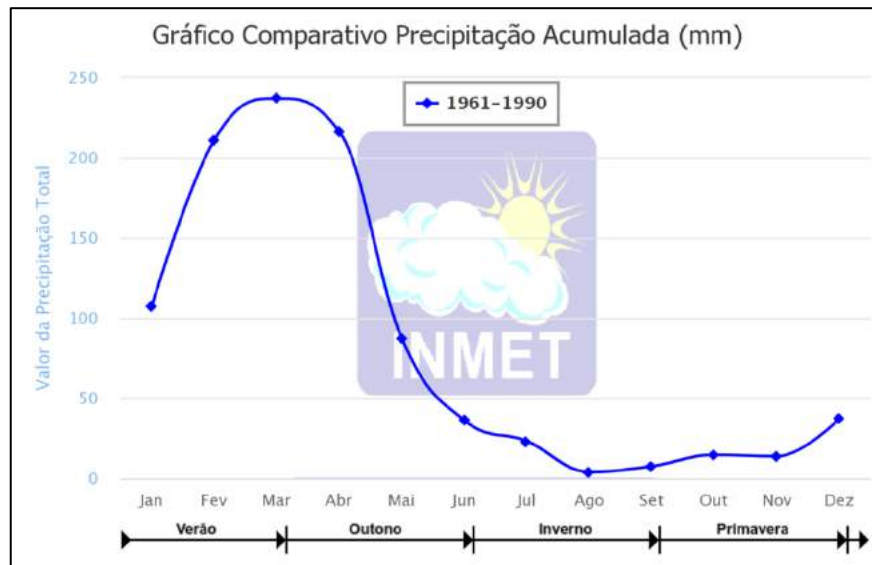
**Figura 3:** Climograma do município de Cajazeiras-PB

Fonte: CLIMATE-DATA.ORG, 2019, adaptado pelo autor

O climograma da Figura 3 demonstra, ainda, que os maiores registros de precipitações da localidade são concentrados no mês de março (final da estação do verão e início do outono) enquanto que os menores índices de chuva são registrados entre os meses de agosto e setembro (próximo do fim do inverno e início da primavera).

Nessa mesma lógica a Figura 4, construída pelo Instituto Nacional de Meteorologia, ilustra através de gráfico gerado com dados coletados na estação 82689-São Gonçalo (INMET, 2018), a qual dista, aproximadamente, 30 km da sede de Cajazeiras, os valores comparativos

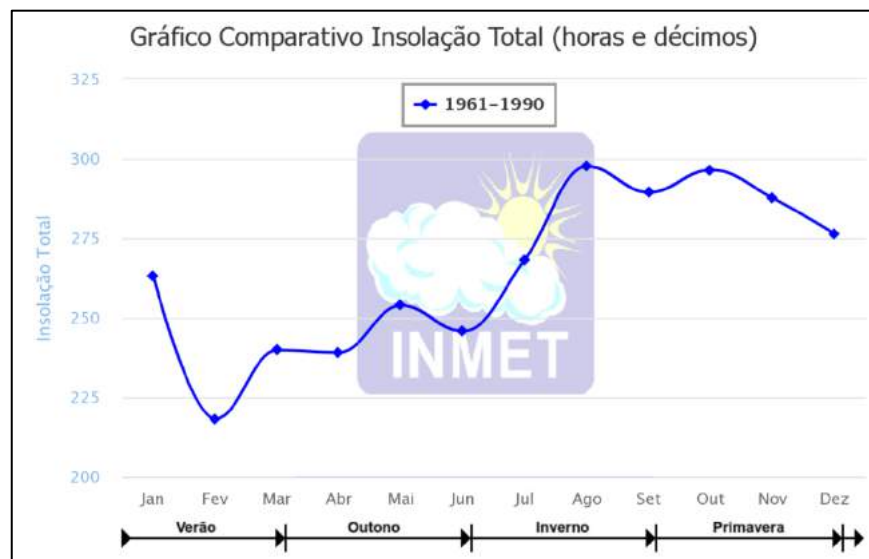
de precipitação acumulada na área.



**Figura 4:** Gráfico comparativo de precipitação acumulada (mm)

Fonte: INMET, 2018, adaptado pelo autor

Já a Figura 5, também construída com os dados da mesma estação do INMET, demonstra os valores de insolação da área, informação de bastante relevância na compreensão do comportamento do clima e balanço hídrico do local.



**Figura 5:** Gráfico comparativo insolação total (horas e décimos)

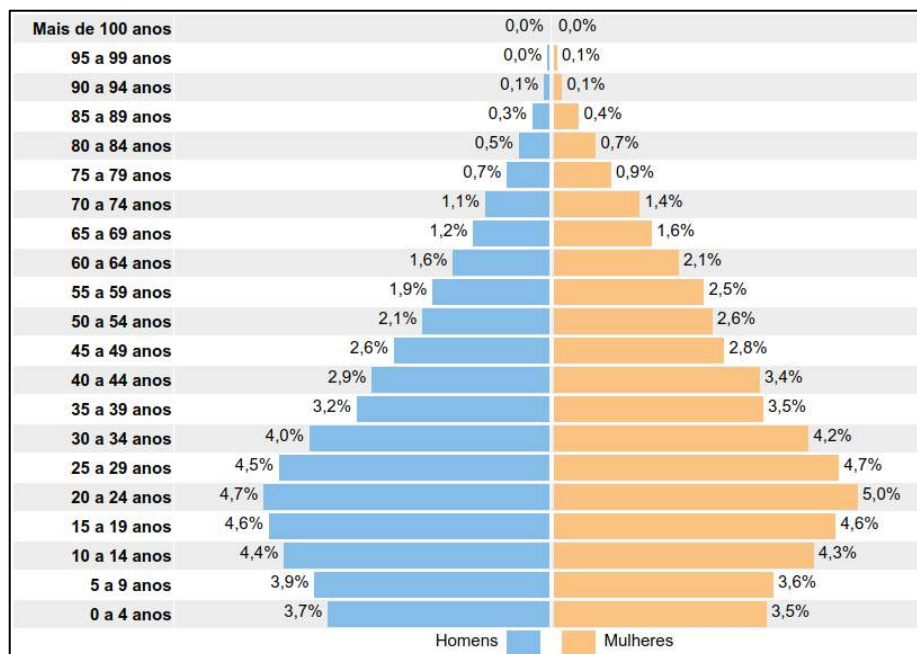
Fonte: INMET, 2018, adaptado pelo autor

Cajazeiras-PB situa-se no extremo oeste do seu Estado, integra a região metropolitana homônima e conta com uma área de 565,899 km<sup>2</sup> (IBGE, 2017). Possui uma população de médio porte (MEDEIROS et al., 2014a) estimada em torno de, aproximadamente, 62 mil

habitantes dos quais mais de 80% vivem na zona urbana (IBGE, 2017).

Pólo educacional do interior da Paraíba dispõe de três grandes faculdades particulares (Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Cajazeiras – FAFIC, Faculdade Santa Maria – FSM e Faculdade São Francisco da Paraíba – FASP), um *campus* da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, um *campus* do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba – IFPB além de diversas escolas públicas e particulares, fator bastante atrativo para moradores de cidades circunvizinhas e dos Estados limítrofes do Ceará, Rio Grande do Norte e Pernambuco e o que a “inscreveu no imaginário popular como a cidade que ensinou a Paraíba a ler” (ROLIM, 2010, p. 68).

Com um Índice de Desenvolvimento Humano – IDH considerado médio por situar-se numa faixa entre 0,600 e 0,699 de um indicador que varia de 0 a 1 (MEDEIROS et al., 2014a, p. 31), Cajazeiras tem mais da metade dos seus residentes em idade produtiva ou escolar e, conforme demonstra a sua pirâmide etária, retratada na Figura 6 (IBGE, 2017), apresenta características populacionais de locais que rumam em direção ao desenvolvimento já que sua base acusa diminuição do crescimento vegetativo (TAMDJIAN; MENDES, 2010, p. 360).



**Figura 6:** Pirâmide etária do município de Cajazeiras-PB

**Fonte:** IBGE, 2017

Também possui sistema de abastecimento público que é gerido pela empresa estatal Companhia de Água e Esgotos da Paraíba – CAGEPA (MEDEIROS et al., 2014b) e sua

demanda média *per capita* de água (litros/habitante/dia) foi, em 2014, de 136,8 conforme pontua Andrade (2015, p. 41), fato que suscita certa atenção já que a média de consumo do brasileiro gira em torno de 166,29 litros de água encanada (ABRANTES, 2016), o que indica que o consumo diário de litros de água por habitante de Cajazeiras representa 82% em relação à média nacional.

Atravessando o pior período de estiagem dos últimos 30 anos, iniciado no ano de 2012 (IFPB, 2017), os açudes principais que abastecem a urbe, a saber: Lagoa do Arroz, ao norte, e Açude Engenheiro Ávidos (Boqueirão), ao sul do município, tiveram os níveis reduzidos ao patamar de, respectivamente, 6% e 3% das suas capacidades totais de armazenamento no início de ano de 2018 (AESA, 2018) conforme mostram os valores sintetizados no Quadro 2.

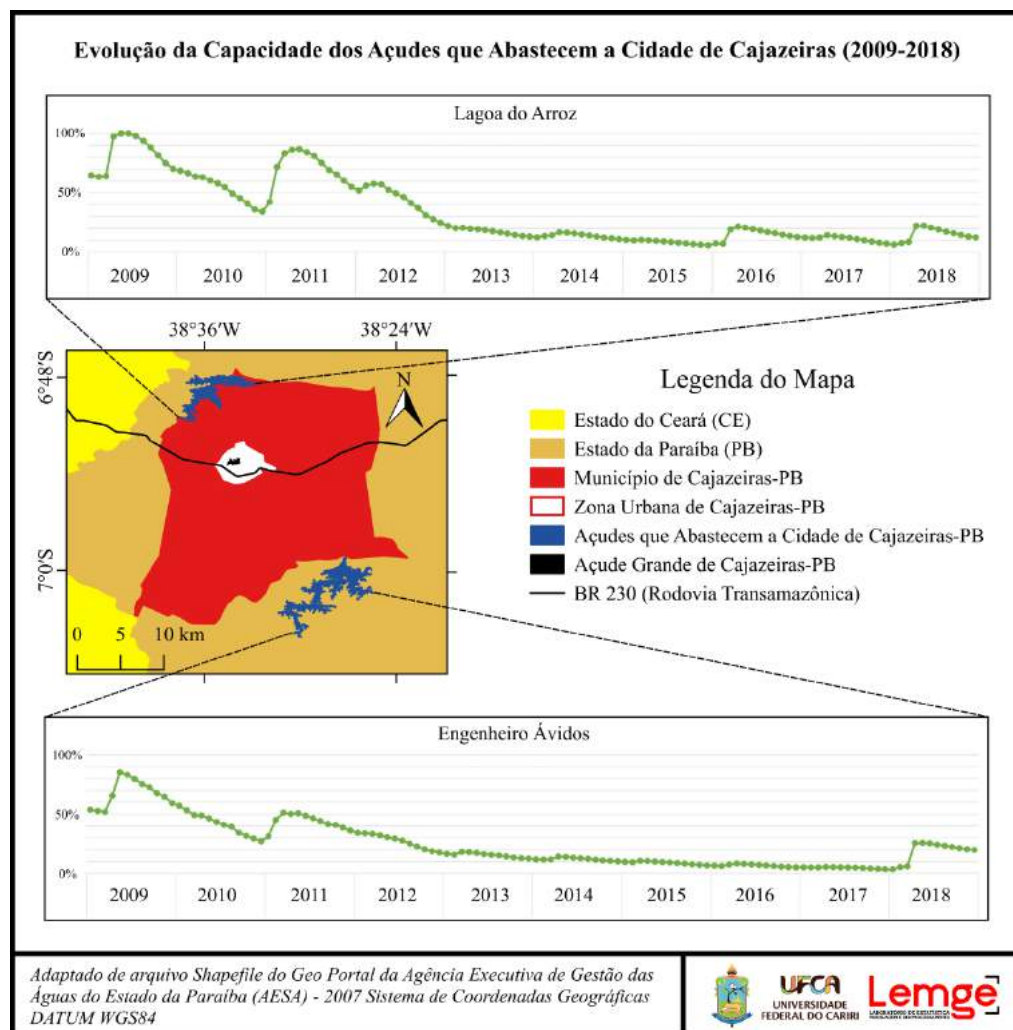
<b>Série histórica de 2009 a 2018 do volume d'água dos açudes que abastecem Cajazeiras-PB</b>										
<b>Lagoa do Arroz – Capacidade total em m<sup>3</sup>: 80.220.750</b>										
<b>Mês/Ano</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>
<b>Jan</b>	64,63%	68,50%	42,21%	51,74%	21,92%	12,30%	10,20%	7,28%	12,07%	6,24%
<b>Fev</b>	63,46%	66,51%	71,67%	56,00%	20,14%	13,41%	9,76%	6,98%	11,70%	7,53%
<b>Mar</b>	63,93%	63,58%	83,24%	57,58%	20,39%	14,18%	10,22%	19,01%	12,10%	8,55%
<b>Abr</b>	97,35%	63,11%	86,29%	56,99%	19,60%	16,60%	9,87%	21,37%	14,22%	22,03%
<b>Mai</b>	100,00%	60,41%	86,88%	52,43%	19,20%	16,25%	9,41%	20,49%	13,32%	22,15%
<b>Jun</b>	100,00%	57,88%	84,18%	49,39%	18,51%	15,57%	8,94%	19,35%	12,64%	20,49%
<b>Jul</b>	97,79%	54,71%	81,08%	46,44%	17,53%	14,82%	8,41%	18,07%	11,93%	19,01%
<b>Ago</b>	93,81%	49,23%	75,15%	41,34%	16,46%	13,86%	7,86%	16,82%	10,87%	17,13%
<b>Set</b>	88,21%	45,17%	69,09%	36,98%	15,46%	12,98%	7,28%	15,78%	9,87%	15,75%
<b>Out</b>	81,62%	40,91%	65,45%	30,95%	14,39%	12,07%	6,67%	14,57%	8,80%	14,39%
<b>Nov</b>	74,88%	35,97%	60,41%	27,68%	13,47%	11,47%	6,16%	13,47%	7,89%	12,90%
<b>Dez</b>	70,14%	34,12%	55,01%	24,67%	12,95%	10,82%	5,69%	12,61%	7,08%	12,30%
<b>Engenheiro Ávidos – Capacidade total em m<sup>3</sup>: 255.000.000</b>										
<b>Mês/Ano</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>
<b>Jan</b>	53,51%	56,82%	31,25%	34,02%	16,28%	11,67%	9,55%	6,43%	5,07%	3,24%
<b>Fev</b>	52,48%	52,96%	44,94%	33,70%	15,51%	11,51%	9,24%	6,07%	5,01%	5,27%
<b>Mar</b>	51,58%	49,02%	50,96%	33,22%	17,96%	11,61%	10,44%	7,32%	5,00%	5,85%
<b>Abr</b>	65,57%	48,67%	49,99%	31,89%	17,74%	13,93%	10,28%	8,15%	5,34%	25,52%
<b>Mai</b>	85,28%	46,11%	50,54%	30,45%	17,02%	13,73%	9,81%	7,85%	5,20%	25,64%
<b>Jun</b>	83,07%	43,21%	48,40%	29,26%	16,08%	13,03%	9,42%	7,49%	5,06%	25,16%
<b>Jul</b>	79,36%	40,85%	46,32%	27,55%	15,49%	12,54%	9,04%	7,03%	4,95%	24,09%
<b>Ago</b>	75,15%	39,31%	43,83%	24,92%	14,94%	12,05%	8,57%	6,59%	4,81%	23,15%
<b>Set</b>	72,49%	34,13%	41,39%	22,51%	14,10%	11,39%	8,04%	6,11%	4,40%	22,14%
<b>Out</b>	67,57%	31,53%	40,69%	20,11%	13,26%	10,80%	7,50%	5,55%	4,01%	21,09%
<b>Nov</b>	64,74%	29,30%	38,50%	18,60%	12,64%	10,42%	7,09%	5,27%	3,64%	20,11%
<b>Dez</b>	59,16%	26,99%	35,94%	17,50%	12,31%	9,99%	6,57%	5,05%	3,32%	19,59%

**Quadro 2:** Série histórica de 2009 a 2018 do volume d'água dos açudes que abastecem Cajazeiras-PB

Fonte: AESA, 2018

O Quadro 2 traz em destaque, na cor amarela, os anos de ocorrência do *El Niño* (2009, 2010, 2015, 2016 e 2018) e na cor azul o ano de ocorrência da *La Niña* (2017) dentro da série histórica, em conformidade com dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE através do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC (2019). Referidos fenômenos são responsáveis por desestabilizar os sistemas climáticos em boa parte do globo terrestre e, no caso do *El Niño*, agravar a situação da seca no sertão nordestino.

Com chuvas habitualmente distribuídas de maneira irregular ao longo do ano e concentradas, sobretudo, nos quatro meses iniciais, os gráficos da Figura 7 demonstram o comportamento, na década 2009-2018, dos registros de recarga dos açudes que atualmente abastecem a cidade.

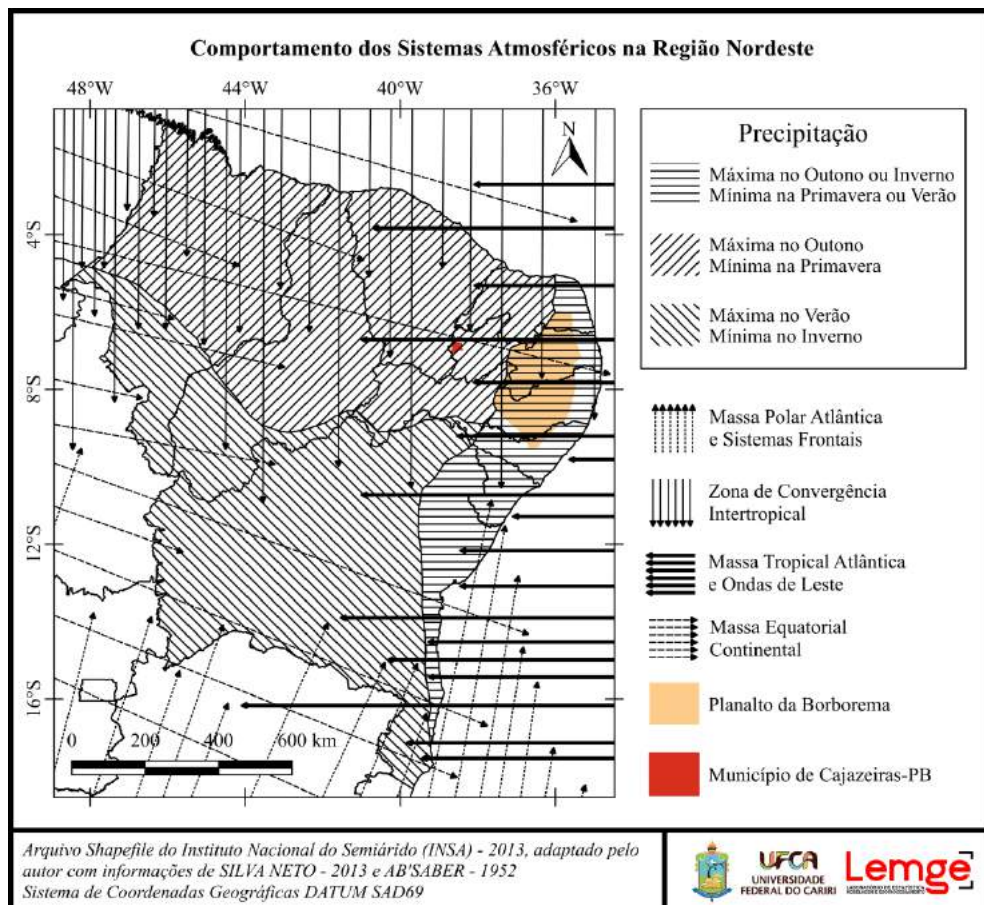


**Figura 7:** Evolução da capacidade dos açudes que abastecem a cidade de Cajazeiras (2009-2018)

**Fonte:** AESA – Geoportal e Website, 2018, adaptado pelo autor

Essa condição se deve, principalmente, ao comportamento da atuação conjunta entre o

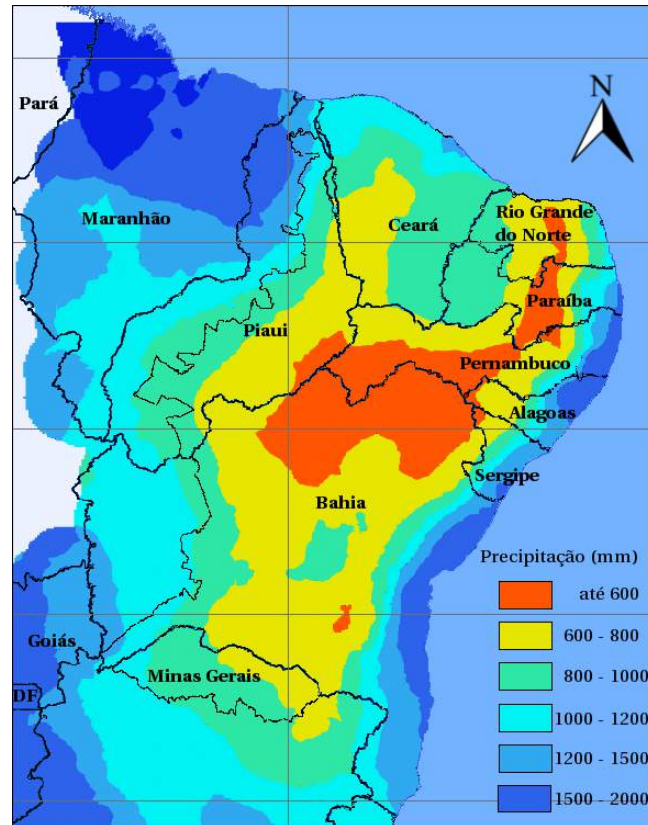
Planalto da Borborema e a posição geográfica de Cajazeiras, uma vez que ela está situada a sotavento deste relevo (AB'SÁBER, 2007, p. 84) que, por sua vez, fica posicionado a leste em relação à área central do município, configurando-se, assim, uma barreira natural à passagem da umidade da Massa Tropical Atlântica (como mostra a Figura 8), que condensa e precipita o seu maior volume antes de atingir os pontos mais a oeste do estado.



**Figura 8:** Comportamento dos Sistemas Atmosféricos na Região Nordeste

Fonte: Silva Neto, 2013 e Ab'Sáber, 1952, adaptado pelo autor

A Figura 8 mostra, ainda, que a área mais ao centro do Nordeste do Brasil, mesmo estando submetida aos sistemas geradores de precipitação oriundos de norte, sul, leste e oeste, apresenta uma nítida diminuição dos totais pluviométricos, influenciado pelas depressões interplanálticas semiáridas, a partir do oeste do Maranhão e dos litorais setentrional e oriental que seguem em direção aos Estados do Piauí, Ceará, Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte e da porção setentrional de Minas Gerais em direção ao Estado da Bahia originando um perímetro central mais árido (SILVA NETO, 2013, p. 23), em outras palavras: com médias pluviométricas baixas em relação às áreas vizinhas como demonstra a Figura 9.



**Figura 9:** Mapa de chuvas do nordeste brasileiro

Fonte: IRPAA, 2019

Sendo assim, embora o fluxo de ar predominante, dentro da Paraíba, siga no sentido leste-oeste, conforme indica o Atlas Eólico do Estado elaborado por Camargo Schubert Engenheiros Associados (2014, p. 46), as maiores precipitações do território ficam concentradas antes da barreira natural do planalto da Borborema, portanto, em sua porção leste.

Finalmente, sobre o esgotamento sanitário em Cajazeiras, informações prestadas pela CAGEPA indicam que, em 2019, dos 23.183 prédios atendidos com o abastecimento público, apenas 15,74% tinham esgoto tratado (verificar ANEXO C), isto é, apenas parte de quatro dos 21 bairros da cidade são assistidos pela estação de recepção de efluentes da empresa, sendo eles: Centro, Nazaré Lopes, Pôr do Sol e Tancredo Neves.

Os dados do IBGE (2017) dão conta que 54,8% dos domicílios de Cajazeiras estão classificados como possuindo esgotamento adequado, ou seja, com resíduos líquidos sendo tratados ou direcionados a fossas sépticas, o que significa que todo o restante dos efluentes (de 45,2% dos imóveis) possuem destino desconhecido o que sugere que podem estar contaminando o solo e a água superficial e subterrânea.

A esse respeito o Plano Nacional de Saneamento Básico – PLAN SAB (BRASIL, 2019) indica que é o Nordeste a região que, em números absolutos, possui o maior déficit de atendimento em relação aos serviços com esgotamento sanitário do Brasil (p. 32).

O mesmo documento estabelece que até 2033, 85% das residências urbanas e rurais devem possuir um esgotamento sanitário mais adequado (p. 140) o que mobilizou a prefeitura de Cajazeiras no sentido de moldar seu plano de metas a fim de captar recursos federais para melhorar seus indicadores já que o prazo final de submissão de propostas foi até dezembro de 2019, o que exigiu, inclusive, a realização de audiências públicas para este fim (Figura 10).



**Figura 10:** Divulgação de audiência pública para tratar do saneamento básico de Cajazeiras-PB

**Fonte:** Site da Prefeitura Municipal, Cajazeiras, 2019

### 3.6 Qualidade da água

A água apresenta-se na natureza nos estados sólido, gasoso ou líquido. Acredita-se que essa última condição, por ser a forma mais frequentemente encontrada na Terra, foi essencial para conformar a vida como nós a conhecemos haja vista que, de acordo com o que já foi salientado, é a água o elemento fundamental para estabelecer os ecossistemas e as atividades humanas (BRAGA et al., 2005) e é nesse sentido que faz-se mister a manutenção da sua qualidade.

Referindo-se sobre a qualidade da água, é importante destacar a dificuldade de



encontrá-la, naturalmente, em estado de pureza, isto é, totalmente livre de elementos orgânicos ou inorgânicos, sobretudo porque muitos desses elementos são “essenciais para a sobrevivência dos organismos aquáticos” (BRAGA et al., 2005, p. 76), sem falar que, por suas características específicas, muitas vezes a água é chamada de “solvente universal” vide a sua capacidade de dissolução e transporte de vários elementos naturais ou artificiais (*idem*).

Em relação a isso Pufal (2001, p. 16) reitera que “a água existente na natureza não apresenta suas características básicas, ou seja não é inodora, incolor e insípida” e ainda que “sendo a água o solvente universal, os corpos d’água apresentam cor e cheiro devido às substâncias dissolvidas ou suspensas”.

Ante o exposto, quando mencionado, o termo “qualidade da água” refere-se a uma condição em que ela possa apresentar características químicas, físicas e microbiológicas que sejam aceitáveis para consumo e usos diversos (SILVA et al., 2010).

No Brasil, seguindo padrões estabelecidos internacionalmente, as legislações tratam sobre os parâmetros para classificação, consumo ou demais usos dos corpos de água, sendo as principais delas a portaria MS 2.914/2011 e a resolução CONAMA 357/2005 com suas alterações e complementações posteriores.

Um dos padrões utilizados para avaliar a deterioração e a perda da qualidade da água de um reservatório, e que será aplicado nessa pesquisa, é o chamado Índice de Estado Trófico – IET<sup>4</sup>. Esse indicador classifica os corpos d’água em função do seu enriquecimento por nutrientes e o seu efeito em relação ao crescimento excessivo das algas ou ao aumento da infestação de macrófitas aquáticas que podem causar: odores; mortandade de peixes e mudanças na biodiversidade aquática; redução na navegação e capacidade de transporte; modificações na qualidade e quantidade de peixes de valor comercial; e contaminação das

---

<sup>4</sup> Outro padrão utilizado para se determinar a qualidade da água é o Índice de Qualidade das Águas – IQA, criado em 1970, nos Estados Unidos, pela *National Sanitation Foundation* – NSF. O IQA passou a ser utilizado no Brasil a partir de 1975, introduzido nas metodologias da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB e posteriormente adotado por outros estados brasileiros (ANA, 2019). Tradicionalmente, o índice utiliza nove parâmetros para a realização de seu cálculo, a saber: oxigênio dissolvido – O.D., coliformes termotolerantes – CTT, potencial hidrogeniônico – pH, demanda bioquímica de oxigênio – DBO, alteração na temperatura da água, nitrogênio total, fósforo total, turbidez e resíduo total os quais são, na sua maioria, indicadores da contaminação causada pelo lançamento de esgotos (PAULINO; TEIXEIRA, 2012, p. 244).

águas destinadas ao abastecimento público (ANA, 2019).

Conforme Paula Filho (2014, p. 25), a eutrofização de um corpo d'água se dá devido ao aumento dos níveis de nutrientes encontrados no seu interior, fato que pode ampliar o crescimento de algas e outras plantas aquáticas. De acordo com Lamparelli (2004, p. 7), o processo de eutrofização pode acontecer naturalmente, de forma mais lenta, ou pode ser induzido pela ação humana ao que Paula Filho (2014, p. 25) reitera que as principais causas artificiais desse fenômeno são: lançamentos de esgotos não tratados e de fertilizantes agrícolas nos mananciais.

Listados por Valente, Padilha e Silva (1997), alguns dos principais problemas ocasionados pelo processo de eutrofização dos corpos hídricos são: aumento em demasia de plantas aquáticas submersas e flutuantes (macrófitas), que podem dificultar a navegação de barcos e liberar toxinas capazes de causar sabor e mau cheiro na água; consumo de grandes quantidades de oxigênio através da decomposição das macrófitas depositadas no fundo do corpo hídrico quando da sua morte; e alterações na acidez da água.

A associação entre o crescimento desenfreado de fitoplâncton e macrófitas é tão grande que muitos autores o consideram como o próprio sinônimo de eutrofização. O aguapé *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms, por exemplo, libera o oxigênio da sua fotossíntese para fora da água e provoca, quando em excesso, sombreamento que evita a fotossíntese de algas além de tornar o meio propício para a reprodução de insetos, inclusive aqueles que são vetores de doenças (VALENTE; PADILHA; SILVA, 1997).

Habitualmente compõem o IET os seguintes parâmetros: concentrações de fósforo total e clorofila-a na coluna de água, transparência medida pela profundidade de desaparecimento do disco de Secchi e, em determinadas situações, pode ser preciso também avaliar a intensidade e a magnitude da ocorrência das plantas aquáticas no espelho de água (PAULINO; TEIXEIRA, 2012, p. 241).

Deste modo, o monitoramento aquático, até a atualidade, é mais comumente feito através de coletas *in loco* em um processo “caro e muito trabalhoso, envolvendo equipes de campo e análises de laboratório frequentes” (VILELA, 2010, p. 68), no entanto avanços tecnológicos, sobretudo, na área do Sensoriamento Remoto e do geoprocessamento, tem surgido como uma alternativa para auxiliar na supervisão não só da quantidade, mas também

da qualidade das águas superficiais (NOVO, 2007).

Nesse sentido justifica-se a escolha do IET, em detrimento de outros métodos, em virtude desses demandarem nos seus cálculos muitas variáveis as quais, na maior parte das vezes, não são Componentes Ópticamente Ativos – COAs, isto é, componentes que, com a atual tecnologia disponível a bordo dos satélites, não podem ser captados remotamente, sendo, para a presente pesquisa, mais exequível, a adoção do Índice de Estado Trófico (NOVO, 2019).

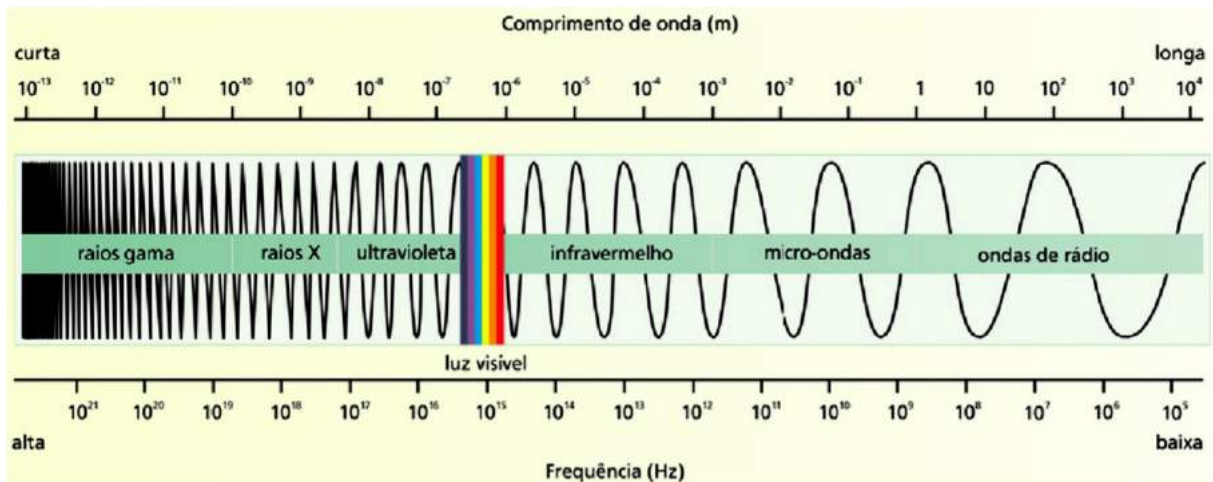
Dessa maneira, com o intuito de melhorar a relação custo benefício, acelerando o processo de avaliação do estado das águas superficiais, diversas pesquisas têm sido feitas com a intenção de estabelecer as melhores aplicabilidades para as geotecnologias e a esse respeito o próximo tópico trará maiores detalhes.

### **3.7 Geotecnologias como ferramentas de auxílio de monitoramento**

Sensoriamento Remoto e geoprocessamento são ferramentas de geotecnologia muito em voga que auxiliam nos processos de monitoramento ambientais e, embora não tenham sido baratas quando do seu desenvolvimento e implantação (já que ambos dependem de todo um aparato de *hardwares*, *softwares*, constelações de satélites lançados à órbita terrestre e estações de controle de recepção em terra), se tornaram, em longo prazo, economicamente mais acessíveis através sua da ampla difusão global (BARBOSA; NOVO; MARTINS, 2019).

Nesse contexto, Silva Neto (2013, p. 32) destaca que o “geoprocessamento possibilita maior versatilidade na combinação dos dados observados acerca do fenômeno em estudo, facilitando assim o cruzamento destes para obtenção de respostas”. Por conseguinte os chamados Sistemas de Informações Geográficas – SIGs, que unem técnicas de geoprocessamento e Sensoriamento Remoto – SR, se tornaram muito eficazes na vigilância do meio ambiente.

As imagens de satélite permitem uma visão sinóptica e multitemporal da Terra tornando a superfície, até mesmo do local mais ermo, monitorável. Essas imagens orbitais diferem das registradas por câmeras fotográficas comuns pelo fato de separarem a energia refletida ou emitida pelo alvo, em diversas bandas de frequência do espectro eletromagnético, conforme representa a Figura 11 (FLORENZANO, 2011).



**Figura 11:** Diagrama esquemático do espectro eletromagnético

Fonte: Florenzano, 2011

A Radiação do Espectro Eletromagnético – REM (Figura 11) é uma forma de energia emitida ou refletida por qualquer corpo que esteja em uma temperatura acima do “zero absoluto”, o que equivale a, aproximadamente,  $-273\text{ }^{\circ}\text{C}$  (VILELA, 2010, p. 18) e é medida em: **frequência**, dada pela unidade de hertz (Hz) e seus múltiplos; e **comprimento de onda** representado pela unidade do metro (m) e seus submúltiplos (FLORENZANO, 2011, p. 11).

Assim os sensores de captação remota, dependendo da tecnologia empregada, são capazes de registrar o comportamento dos alvos em frequências visíveis e não visíveis ao olho humano com a ressalva de que, quanto mais distantes da superfície, maior a sensibilidade às interferências e ruídos, circunstância em que os equipamentos a bordo dos satélites podem registrar, por exemplo, a energia proveniente das nuvens em detrimento da energia oriunda do alvo pretendido (FLORENZANO, 2011, p. 10).

No entanto, os avanços científicos no setor aeroespacial tem tornado o SR uma opção cada vez mais viável para o monitoramento do planeta e, a esse respeito, o projeto LANDSAT (*Land Remote Sensing Satellite*) vem sendo desenvolvido e aprimorado desde a década de 1960 pela *National Aeronautics and Space Administration* – NASA e pelo *United States Geological Survey* – USGS, com objetivo exclusivo de observação dos recursos naturais (SILVA NETO, 2013), o que oferece um grande acervo de imagens do planeta desde o primeiro quartel da década de 1970.

As tecnologias utilizadas no SR diferem, basicamente, quanto aos modelos operantes que podem ser: **ativos** – quando possuem sua própria fonte de radiação, a exemplo dos

radares – ou **passivos** – quando registram irradiações diretas ou refletidas de fontes naturais, dependendo, assim, de uma fonte de radiação externa para que possam trabalhar como é o caso das câmeras fotográficas comuns que necessitam de alguma fonte de luz – (IBGE, 1999, p. 57). Além disso, os equipamentos utilizados no SR também apresentam variações em relação às suas **resoluções**.

Florenzano (2011, p. 18-19) destaca que cada sensor apresenta as seguintes resoluções: **espacial**, que é a capacidade do sensor distinguir objetos em função do seu tamanho; **espectral**, que diz respeito à capacidade do sensor em captar as imagens do objeto em função da sua resposta dentro do espectro eletromagnético; **radiométrica**, que se trata da capacidade do sensor discriminar a energia emitida ou refletida pelo alvo; e também a taxa de revisita de um sensor ao mesmo ponto que é a **resolução temporal**.

LANDSAT	SENSOR	RESOLUÇÕES			
		Espacial	Espectral	Radiométrica	Temporal
1	MSS	80 metros	5 bandas	6 bits	18 dias
2	MSS	80 metros	5 bandas	6 bits	18 dias
3	MSS	80 metros	5 bandas	6 bits	18 dias
4	TM	30 metros	7 bandas	8 bits	16 dias
5	TM	30 metros	7 bandas	8 bits	16 dias
6	Houve falha no seu lançamento.				
7	ETM+	30 metros	9 bandas	8 bits	16 dias
8	OLI	30 metros	11 bandas	16 bits	16 dias

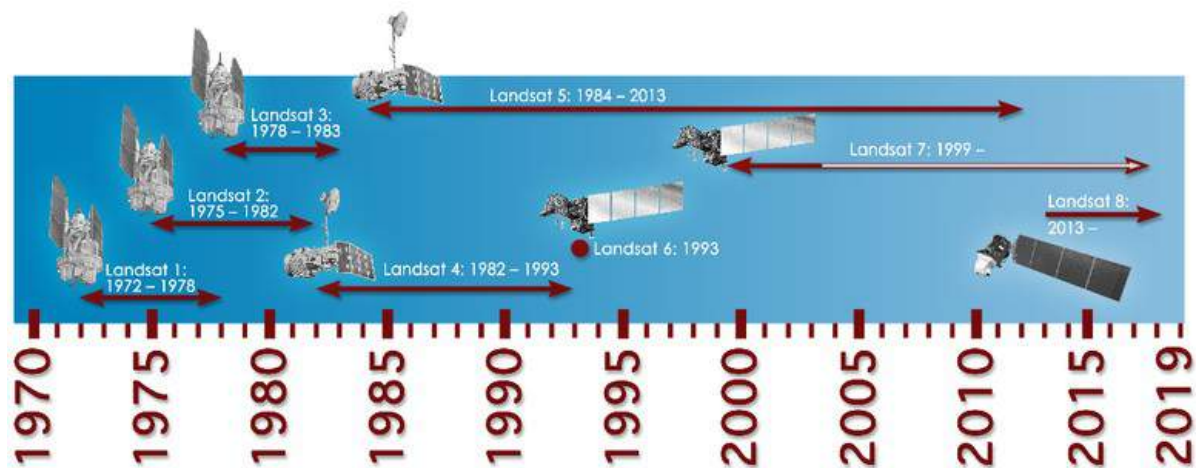
**Quadro 3:** Resumo sintético das resoluções dos satélites LANDSAT

**Fonte:** Autoria própria, 2019

O Quadro 3 procura sintetizar, de maneira simplificada, as principais diferenças entre as resoluções dos satélites da série LANDSAT, que são passivos e dependem da energia emitida e refletida do sol para captarem a REM dos seus alvos, sendo importante ressaltar que foi destacado o aspecto de melhor desempenho apresentado por cada sensor, uma vez que muitos dos satélites lançados possuíam mais de um dispositivo com resoluções distintas. Também não são destacados, na resolução espectral, os limites intervalares de cada banda dentro do espectro eletromagnético a julgar pela função meramente ilustrativa do quadro.

A Figura 12 ilustra a linha do tempo contendo os lançamentos e a vigência dos satélites das missões LANDSAT. Sobre isto, destaca-se que o sombreamento existente entre o

tempo de duração da vida útil de um dispositivo ao outro, permitiu uma ininterrupta alimentação de informações sobre a superfície do planeta mesmo que contando com tecnologias distintas<sup>5</sup>, conforme dito anteriormente.



**Figura 12:** Linha do tempo dos satélites LANDSAT lançados à órbita terrestre

Fonte: INPE, 2019, adaptado pelo autor

O portfólio disponibilizado através dessa missão permite um amplo monitoramento dos recursos superficiais do planeta com possibilidade, inclusive, de se verificar sua espacialidade e temporalidade, sobretudo, face à órbita polar dos dispositivos que, combinados com a rotação no sentido oeste-leste da Terra perfazem uma cobertura global.

Embora hoje exista um número bem maior de satélites e com tecnologias mais modernas do que o LANDSAT, o embasamento para a sua utilização se baseia em dois preceitos principais: a antiguidade das informações disponíveis, as quais permitiram uma janela temporal maior de estudo; e por conta de o compêndio de informações estarem disponibilizadas gratuitamente nos *sites* do INPE e do USGS, onde as coleções de imagens podem ser mais facilmente adquiridas, mediante cadastro pessoal simples.

Destarte, diante das possibilidades apresentadas, a comunidade científica tem se mobilizado no sentido de explorar ao máximo as potencialidades do Sensoriamento Remoto, sendo o monitoramento da qualidade da água uma das mais proeminentes opções.

<sup>5</sup> Para informações mais aprofundadas ver características principais dos satélites das missões LANDSAT em: <<http://www.dgi.inpe.br/documentacao/satelites/landsat>> e em <[https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/sat/conteudo/missao\\_landsat.html](https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/sat/conteudo/missao_landsat.html)>. Acesso em 31 de maio de 2019.

Nessa lógica, trabalhos como os de: Machado e Baptista (2016) “Sensoriamento Remoto como ferramenta de monitoramento da qualidade da água do Lago Paranoá (DF)”;

Lopes (2013) “Uso de Sensoriamento Remoto na obtenção de parâmetros de qualidade da água em lagos”; Vilela (2010) “Metodologia para monitoramento da qualidade da água de reservatórios utilizando Sensoriamento Remoto”; e Pufal (2001) “Uso de Sensoriamento Remoto na obtenção de parâmetros de qualidade da água em lagos” se tornam exemplos da afirmativa anunciada.

Assim sendo, algoritmos dos mais variados são utilizados contendo valores captados nas bandas dos satélites (razão, multiplicação etc.) e experimentados utilizando-se a verdade constatada em campo, para, em seguida, serem testados estatisticamente (Regressão Linear, Coeficiente de Pearson etc.) para se estabelecer correlação, fato recorrente nos exemplos de pesquisas citados anteriormente.

Particularmente, no presente estudo, a etapa das inferências da perda da qualidade da água foi baseada em métodos desenvolvidos por: Pereira, Galo e Velini (2011), que utilizaram imagens multiespectrais Ikonos para inferir sobre a condição do reservatório de Itupararanga, localizado no estado de São Paulo; Pufal (2001), que comparou a profundidade de Secchi com dados obtidos através das imagens do satélite LANDSAT 5 no lago Paranoá e no lago do Descoberto, ambos em Brasília-DF; e, sobretudo, Vilela (2010), que comparou os níveis de cinza das imagens dos LANDSAT 5 e 7 com parâmetros limnológicos estudados no reservatório de São Simão, que se localiza no Estado de Goiás.

No caso do estudo de Vilela (2010), base para as extrapolações realizadas nessa investigação, os dados de campo foram tabulados e, utilizando as bandas espectrais correspondentes às cores azul, verde e vermelha (para se detectar os níveis respectivos de transparência de Secchi, clorofila-a e turbidez), o autor construiu uma linha de tendência a partir de uma função polinomial e enquadrou os resultados obtidos em faixas de absorção de energia luminosa.

Como só utilizou arquivos dos LANDSAT 5 e 7, Vilela trabalhou com valores absolutos da escala de cinza de cada banda citada, isto é, de 0 a 255, uma vez que estes satélites possuem 8 *bits* de resolução radiométrica. Nesse sentido, adaptou-se a metodologia empregada pelo pesquisador citado, transformando os valores absolutos da escala de cinza em

valores relativos (percentuais), visando abranger uma maior janela temporal, dado que os sensores dos satélites aqui trabalhados (LANDSAT 1, 5 e 8) possuem características e resoluções distintas.

Ainda baseado nas pesquisas de Vilela (2010) foram analisadas, nessa dissertação, as bandas captadas pelos satélites que correspondem às cores vermelha e verde haja vista que são essas que aparentam guardar íntima relação com os dados de transparência de Secchi e presença de clorofila-a na água.

### **3.8 Estatística multivariada**

A estatística multivariada consiste em um conjunto de métodos utilizados em situações nas quais muitas variáveis são simultaneamente avaliadas, tornando a análise muito complexa diante de métodos comuns de estatística univariada (MINGOTI, 2005, p. 23). Um desses métodos é conhecido pela sigla PCA, do inglês *Principal Component Analysis*.

Segundo Mingoti (2005, p. 59), PCA é uma estrutura de análise “introduzida por Karl Pearson em 1901 e fundamentada no artigo de Hotelling de 1933 [que] busca explicar a estrutura de variância e covariância de um vetor aleatório, composto por p-variáveis aleatórias através da construção de combinações lineares das variáveis originais”. Essa mesma autora destaca que, para utilizar a metodologia, não é preponderante que as variáveis sigam uma distribuição normal.

Ao se aplicar o método PCA, pode-se obter uma generalização da situação avaliada em cada ponto levando-se em consideração todas as variáveis utilizadas em determinado estudo. Conforme Hongyu, Sandanielo e Oliveira Junior (2015) a PCA agrupa um conjunto de variáveis originais inicialmente correlacionadas entre si, em um conjunto substancialmente menor de variáveis não correlacionadas, mas que contém a maior parte da informação do conjunto original as quais são postas em eixos lineares, denominados componentes, no qual o primeiro eixo aponta quais variáveis explicam a maior variância dos dados estudados, o segundo eixo aponta aquelas variáveis que foram responsáveis pela segunda maior variância e assim sucessivamente.

A técnica foi empregada com o intuito de se averiguar o comportamento das variáveis limnológicas nos pontos de coletas de amostras, a contribuição dessas no conjunto geral dos

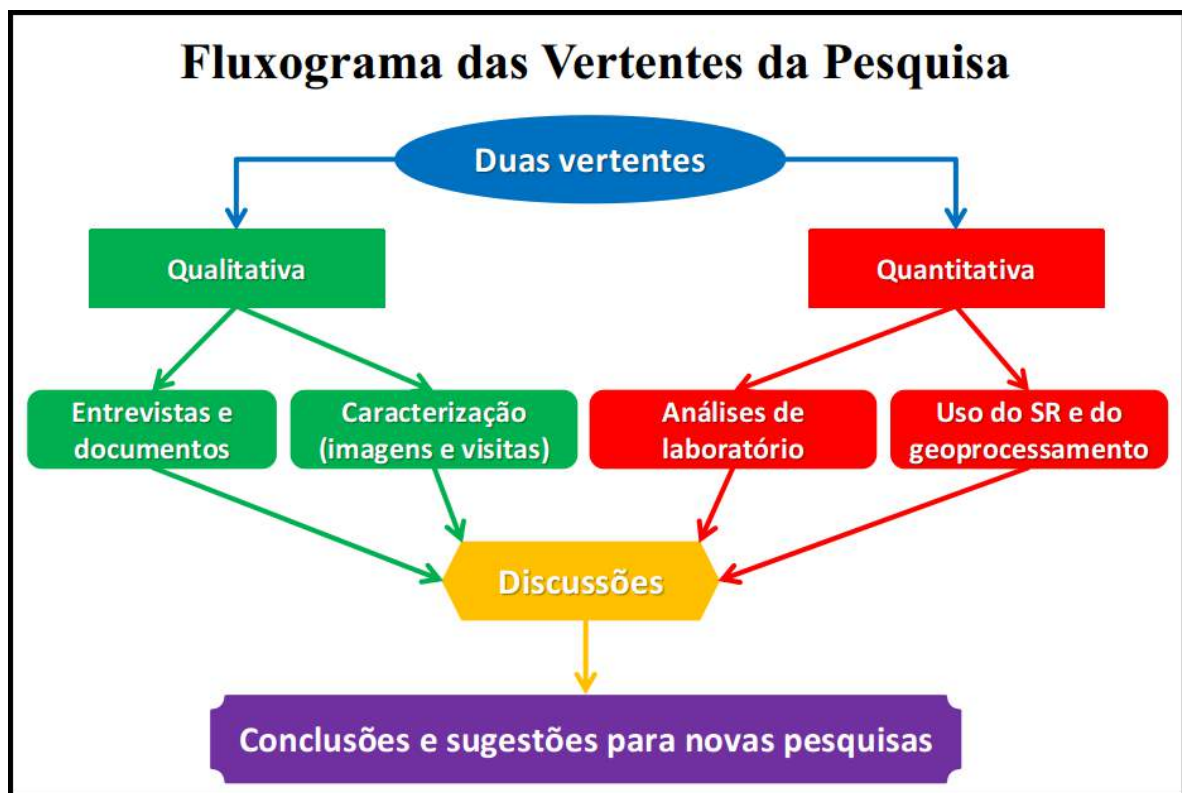


dados e para ser mais uma ferramenta de análise para se comparar se há mudanças na dinâmica da água do reservatório quando comparados os períodos chuvoso e seco.

#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

Conforme Marconi e Lakatos (2003, p. 164) “nas investigações, em geral, nunca se utiliza apenas um método ou uma técnica, e nem somente aqueles que se conhece, mas todos os que forem necessários ou apropriados para determinado caso”, é ainda necessário, de acordo com as autoras, uma combinação de duas ou mais técnicas, usadas concomitantemente para se chegar às respostas da pesquisa.

Nesse caso, com enfoque nos recursos empregados, a Figura 13 ilustra como se deu o fluxo das vertentes seguidas no presente estudo os quais serão mais bem detalhados nas seções adiante.



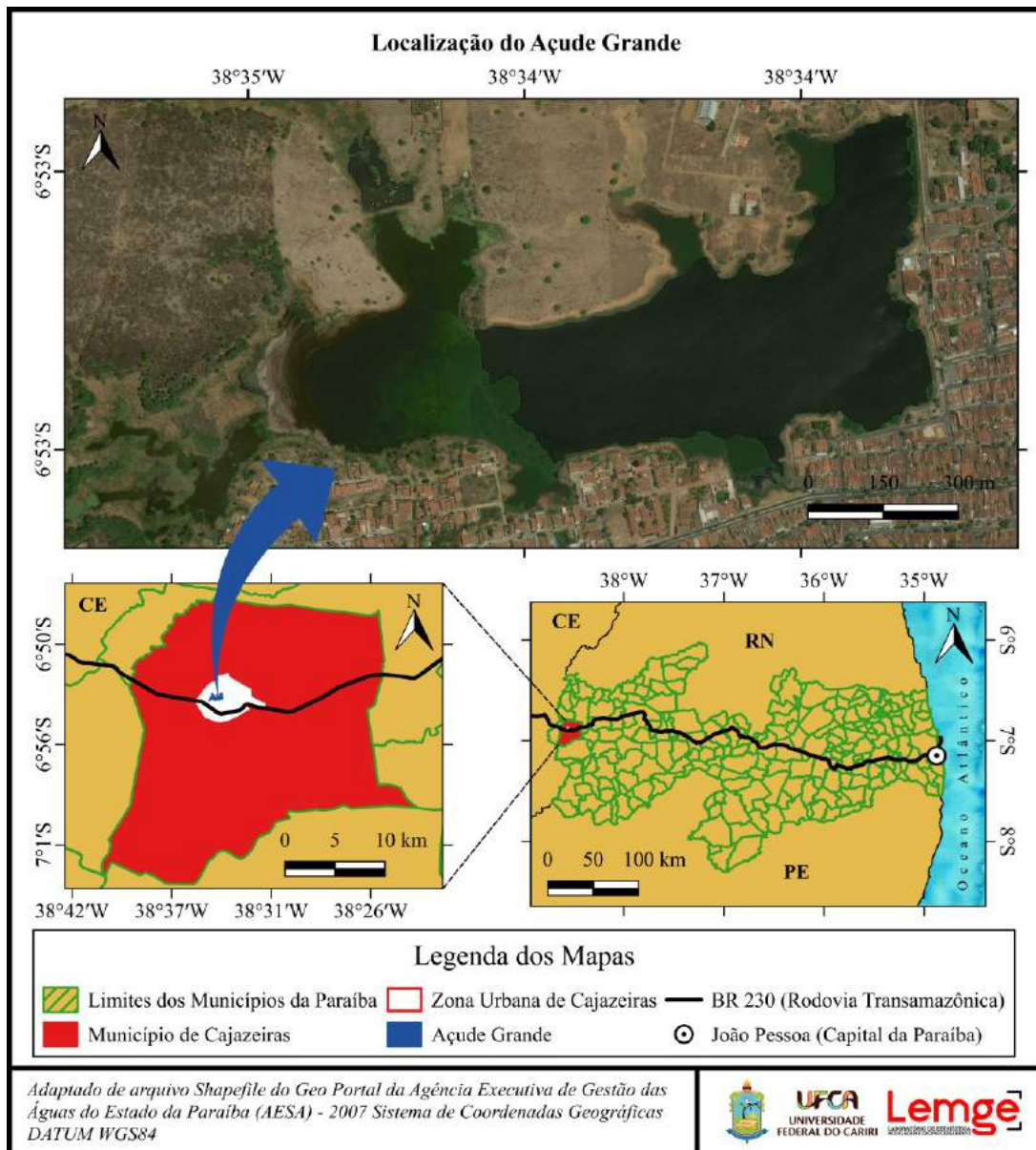
**Figura 13:** Fluxograma das vertentes da pesquisa

Fonte: Autoria própria, 2019

#### 4.1 Localização

O objeto desse estudo foi o açude Senador Epitácio Pessoa (Figura 14), situado no

município de Cajazeiras no estado da Paraíba, que tem os seus limites máximos estabelecidos, aproximadamente, entre as coordenadas geográficas: 6°53'25"S e 38°34'33"W; 6°53'18"S e 38°33'50"W; 6°53'10"S e 38°34'22"W; 6°53'02"S e 38°33'52"W.



**Figura 14:** Localização do Açude Grande

**Fonte:** AESA – Geoportal, 2018, adaptado pelo autor

A cidade de Cajazeiras, não fugindo ao padrão das demais sociedades contemporâneas, tampouco do modelo de crescimento predominante, se expandiu em torno de uma grande fonte de água: o centenário açude Senador Epitácio Pessoa ou, simplesmente, “Açude Grande”.

Inserido na sub-bacia hidrográfica do Rio Piranhas que, por sua vez, compõe a bacia

hidrográfica do Rio do Peixe (AESAs, 2018), o manancial<sup>6</sup> em questão, passou a se portar como receptáculo de parte dos efluentes de Cajazeiras o que gera a suspeita de que se encontra com utilização imprópria para o consumo humano direto e represente risco mesmo para emprego indireto, conquanto se observe ao seu redor uso e ocupação intensificada, assim como pessoas que, das mais inadequadas formas, se valem do manancial (Figura 15).



**Figura 15:** Crianças tomando banho e lavando cavalos (A); Trator se preparando para coletar água em recipiente tipo “pipa” (B); Homem pescando (C); Pessoas lavando motocicletas (D)

**Fonte:** Autoria própria (A, B e C), 2018 e Arruda (D), 2014

Embora o Açude Grande não atue mais, oficialmente, como provedor hídrico para a urbe citada, desconsiderar a sua existência, usos dados por parte da população e capacidade

<sup>6</sup> Quando da sua reconstrução pelo Governo Federal (iniciada no ano de 1915 e entregue em 1916), a função primordial do Açude Grande era auxiliar no abastecimento urbano e, assim, amenizar um pouco os rigores climáticos da área onde se encontra visto a periodicidade da ocorrência das secas na Região (RAMALHO, 2013).

volumétrica de armazenamento de água é insensato, dado à peculiaridade climática, já detalhada, do Nordeste brasileiro.

Nesse sentido, os atuais reservatórios que, de fato, abastecem Cajazeiras, embora sejam de superior volume e contem com a promessa de serem, futuramente, também, reabastecidos através da técnica de transposição de bacias, com águas provenientes do Rio São Francisco<sup>7</sup>, apresentaram notáveis baixas em seus estoques na última década (AESAs, 2018).

#### **4.2 Fundamento da escolha dos pontos de coleta das amostras de água**

Inicialmente foram definidos 8 (oito) pontos para a execução das coletas de amostras de água e comparação com as imagens de satélite. No entanto, após reconhecimento de campo efetivado através de incursão realizada no dia 23 de março de 2019, juntamente com avaliações preliminares de imagens orbitais recentes percebeu-se que, aproximadamente, 1/3 da área superficial do açude, em sua seção oeste, é tomada por macrófitas flutuantes da espécie *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms. Tal condição impede a navegação no referido setor e gera dados equivocadas sobre a leitura de qualidade da água através das imagens de satélite, tendo em vista que a resposta espectral desse tipo de vegetação difere da resposta esperada da água.

Assim, fíndou-se optando por 6 (seis) pontos amostrais para representar a qualidade superficial da água do Açude Grande (“PA”, “PB”, “PC”, “PD”, “PE” e “PF”), cujas coordenadas podem ser conferidas nos Apêndices “F” e “G”. Por motivo de limitações técnicas, temporais e em concordância com o objetivo da pesquisa, não foram definidas amostras de águas profundas deste manancial, sobretudo porque, conforme preconiza Novo (2007, p. 6) “os sensores remotos monitoram apenas a camada mais superficial da coluna de água”, sendo limitada à profundidade medida no disco de Secchi (transparência de Secchi).

Justifica-se que, por ter sido construído na confluência dos riachos de terceira ordem

---

<sup>7</sup> Segundo dados do Ministério da Integração, a obra do São Francisco já dispõe de 98,40% de execução concluída em seu Eixo Norte (MI, META 3N, 2019), que é aquele referente à região desse estudo, sendo que o seu horizonte prevê o atendimento total a 12 milhões de habitantes, de 89 municípios, em todos os estados atendidos pela sua construção, até o ano de 2025 (NUNES, 2012, p. 378).

Caieira (a noroeste do centro do reservatório) com o Boi Morto (a sudoeste do centro do reservatório) os quais formam o curso do riacho de quarta ordem denominado Cazemiro (a leste do centro do reservatório), o lago do Açude Grande possui dois barramentos que, juntos, somam uma distância de 453 metros de comprimento com, até, 25 metros de largura por 8 metros de altura (REIS, 1975).

Diante disso, o fundamento para a escolha dos pontos fixos de coletas de amostras às margens (“PA”, “PB” e “PC”) se baseia no fato de que, quando da sua obra de reconstrução, pelo então IFOCS em 1915, o manancial, embora já dentro da cidade, não era severamente afetado pela pressão antrópica oriunda da faixa urbana, contudo, o avançar do tempo fez sua orla adquirir formas de uso e ocupação diversificadas.

Com 6,4 km aproximados de perímetro, o reservatório tem hoje algo em torno de 12,51% de interface com área verde (0,8 km), 32,41% de interface com solo exposto (2,07 km) e o restante, 55,08%, de interface com a zona urbanizada (3,53 km), segundo aplicação de metodologia proposta por Gomes et al. (2013) para caracterização da Área de Proteção Permanente – APP do reservatório (verificar também o ANEXO C), em consonância com a resolução nº 303/2002 do CONAMA, os quais ficam bem próximos dos três pontos amostrais já mencionados.

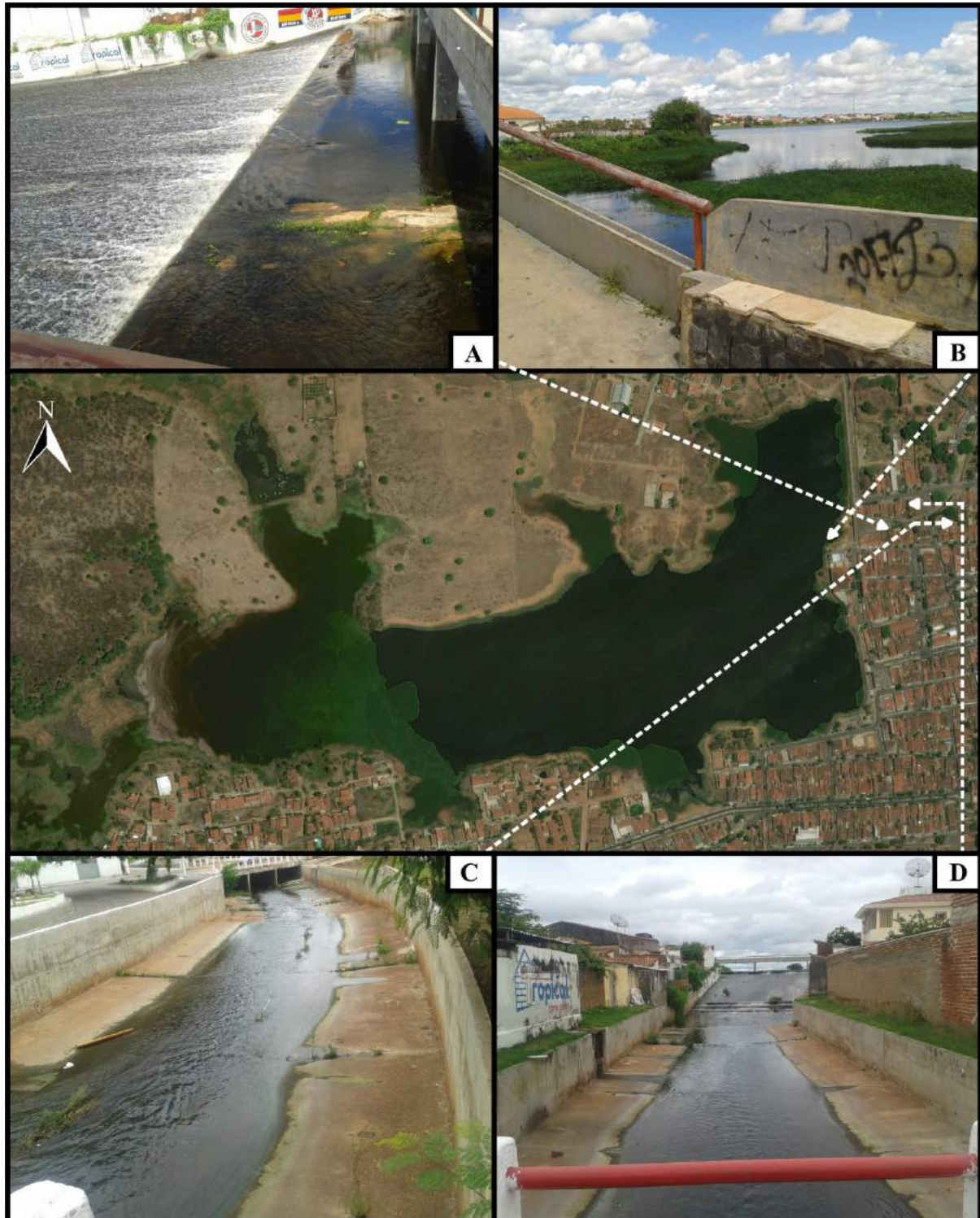
O ponto “PC”, por tratar-se do vertedouro do açude (sendo, portanto, o exutório da microbacia), e por estar em maior contato com a zona antropizada, apresenta uma síntese do estado da água superficial do lago uma vez que, de certa forma, resume tudo o que nele é lançado e sinergicamente transformado diariamente, além de ser um local de fácil acesso para qualquer morador de Cajazeiras conforme ilustra a Figura 16.

Já os pontos fixos “PD”, “PE” e “PF”, foram definidos em seções com distanciamento regular de, no mínimo, 200 metros entre um e outro, sempre seguindo pela a parte mais central do manancial com duas finalidades: para que não houvesse interferência do reflexo do fundo ou mesmo dos elementos que estão dispostos às suas margens (como edificações diversas), além de evitar sobreposição de *pixels*<sup>8</sup> durante as análises a serem realizadas com as imagens do satélite LANDSAT, obedecendo às metodologias propostas por Pufal (2001) e

---

<sup>8</sup>*Pixel* é a menor fração de uma imagem digital a conter dados.

Vilela (2010); e para que se pudesse inferir sobre os níveis de poluição e contaminação superficiais em toda a extensão do reservatório.



**Figura 16:** Ângulos “A” (montante vista sudeste), “B” (montante vista sudoeste), “C” (jusante vista leste) e “D” (jusante vista oeste) do vertedouro do Açude Grande em “sangria” do mês de abril de 2018

**Fonte:** Autoria própria, 2018

Referido conjunto de pontos centrais (“PD”, “PE” e “PF”) foi localizado utilizando-se embarcação cedida pelo 5º Batalhão do Corpo de Bombeiros Militar do Estado da Paraíba e equipamento receptor de GNSS (*Global Navigation Satellite System*) da marca Garmin modelo Etrex 30x com precisão/PDOP máxima de 3m o que, portanto, atende à necessidade da pesquisa visto que a melhor resolução das imagens orbitais utilizadas é de 90 m<sup>2</sup> por *pixel*.

É também, apenas nos pontos centrais anteriormente citados, onde foram realizadas as leituras da profundidade de Secchi (NOERNBERG et al., 1996) para se determinar *in loco* o grau de transparência da água, informações essas comparadas aos dados obtidos no tratamento das imagens do LANDSAT e também essenciais para a determinação do nível de estado trófico (IET) do lago.

#### **4.3 Coleta de dados da água**

Para se comparar os dados da expansão urbana (obtidos através de registros históricos e das técnicas de geoprocessamento) com a condição atual da qualidade de água do Açude Grande, as amostras foram colhidas *in situ*, nos períodos: chuvoso (abril) e seco (outubro) do ano de 2019. Logo após os momentos de recolha, as porções amostrais foram levadas a laboratório para que fossem analisados parâmetros físicos, químicos e microbiológicos<sup>9</sup> uma vez que estes são os principais indicadores considerados na avaliação da qualidade dos corpos hídricos (DONCATO et al., 2013).

Nesse sentido todas as coletas seguiram fielmente os protocolos sugeridos pelo Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras da CETESB (2011) e pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (AWWA/APHA/WEF, 2012) sendo realizadas em duplicatas e em frascos de 200 ml (Figura 17) previamente higienizados e esterilizados, acondicionados em caixa térmica e imediatamente levados para execução das análises.

---

<sup>9</sup> Ressalta-se que, das características a serem analisadas, as físicas são aquelas que podem ser percebidas pelos sentidos tais como odor, sabor, temperatura, cor e turbidez. As características químicas dizem respeito a substâncias presentes na água e que podem alterar suas características qualitativas e quantitativas entre as quais se destacam: pH, presença de nitratos e fosfatos. Já as características microbiológicas dizem respeito à identificação positiva de microrganismos presentes na água.



**Figura 17:** Coleta de amostras para análises microbiológicas

**Fonte:** Autoria própria, 2019

Assim as amostras dessa pesquisa foram caracterizadas em parâmetros avaliados de acordo com as metodologias que estão descritas no Quadro 4. Todas as análises inerentes aos dados quantitativos listados foram executadas nos laboratórios de Saneamento Ambiental e na Central Analítica da Universidade Federal do Cariri – UFCA *campus* Juazeiro do Norte e nos laboratórios de Engenharia Ambiental e Sanitária – LEAS e de Microbiologia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE *campus* Juazeiro do Norte, exceto aquelas realizadas *in situ* com equipamentos levados a campo.

Parâmetros como cor verdadeira (associada aos sólidos dissolvidos), turbidez (associada aos níveis de sólidos em suspensão) e condutividade elétrica (que diz respeito ao nível de íons presentes na água) foram determinados por meio de espectrofotômetro, turbidímetro e condutivímetro, respectivamente, além dos compostos que produzem odor, como sulfeto, os quais embora sejam parâmetros físicos, fornecem indicações preliminares importantes para a caracterização da qualidade química da água (CASALI, 2008).

Nas análises químicas foram avaliados: pH, e a concentração de nitrato, nitrito, parâmetros estes previstos na Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde, além de O.D. e o já mencionado sulfeto que são previstos na resolução 357/2005 do CONAMA.

A temperatura também foi medida e, embora não seja encontrada explicitamente na legislação como um parâmetro a ser avaliado, foi importante registrá-la porque seu valor é “diretamente proporcional à velocidade das reações químicas, à solubilidade das substâncias e



ao metabolismo dos organismos presentes no meio aquático” (LOURENÇO, 2018, p. 33).

PARÂMETRO	MÉTODO
Nitrato	Espectrofotométrico – salicilato de sódio (RODIER, 1975)
Nitrito	Espectrofotométrico – Diazotação com NED (AWWA / APHA / WEF, 2012)
Cor verdadeira	Espectrofotométrico (AWWA / APHA / WEF, 2012)
Clorofila-a	Espectrofotométrico (AWWA / APHA / WEF, 2012)
Fósforo total	Espectrofotométrico – Neutralização com ácido sulfúrico e ácido ascórbico (AWWA / APHA / WEF, 2012)
Sulfeto	Titulométrico – iodométrico (AWWA / APHA / WEF, 2012)
Coliformes termotolerantes	Tubos múltiplos para determinação do número mais provável (AWWA / APHA / WEF, 2012)
Coliformes totais	Tubos múltiplos para determinação do número mais provável (AWWA / APHA / WEF, 2012)
<i>Escherichia coli</i> ( <i>E. coli</i> )	Ágar EMB em placa de petri (AWWA / APHA / WEF, 2012)
Profundidade de Secchi	Utilização de disco de Secchi (PUFAL, 2001)
Oxigênio dissolvido – O.D.	Utilização de pHmetro e Oxímetro portátil
pH	Utilização de pHmetro e Oxímetro portátil
Temperatura	Utilização de pHmetro e Oxímetro portátil
Condutividade elétrica	Utilização de condutímetro portátil
Turbidez	Utilização de turbidímetro portátil

**Quadro 4:** Parâmetros de qualidade de água avaliados nas amostras

**Fonte:** Autoria própria, 2019

Já as análises microbiológicas determinaram o número mais provável (NMP) de coliformes termotolerantes (CTT), coliformes totais (CT) e identificação positiva ou negativa de *Escherichia coli* – *E. coli* (CASALI, 2008) sendo todos comparados com o que rege a resolução 357/2005 do CONAMA e suas atualizações posteriores.

É importante salientar que todos esses parâmetros servem para apresentar um quadro geral sobre a condição do Açude Grande, no entanto, os dados principais confrontados com os registros das imagens de satélite foram: clorofila-a e profundidade/transparência de Secchi, duas das três variáveis que compõe o Índice de Estado Trófico – IET, sendo a terceira o

fósforo total, que não se trata de um Componente Óticamente Ativo – COA e, portanto, não é detectável pelos sensores orbitais (BARBOSA; NOVO; MARTINS, 2019, p. 44).

Também se faz mister deixar claro que a metodologia utilizada para se estabelecer o IET trata-se de proposta desenvolvida por Rolim (2016). Referida autora desenvolveu um índice próprio de trofia, após comparação estatística de dados secundários com os índices de Carlson (1977), Toledo (1983) e Lamparelli (2004).

A esse respeito, através de estudo realizado em 18 reservatórios cearenses, Rolim (2016, p. 99) desenvolveu protocolo voltado exclusivamente para aplicação em reservatórios do semiárido, o qual chamou de IET<sub>SA</sub>. Referida fórmula está descrita na Equação 1 e é utilizada em conjunto com a matriz de referência exposta no Quadro 5.

$$IET_{SA} = q_{Pt}^{0,330} * q_{Cla}^{0,332} * q_{Transp}^{0,338} \quad (1)$$

Em que:

$IET_{SA}$  = Índice de estado trófico para reservatórios no semiárido

$q$  = Classe de qualidade de água em relação à variável (“ $q$ ” pode variar de 0 a 100)

$Pt$  = Fósforo total

$Cla$  = Clorofila-a

$Transp$  = Transparência da água medida através da profundidade de Secchi

<b>Matriz de referência para o estabelecimento dos valores do IET<sub>SA</sub></b>					
<b>Níveis Tróficos</b>	<b>Fósforo (mg/L)</b>	<b>Clorofila-a (µg/L)</b>	<b>Secchi* (m)</b>	<b>IET<sub>SA</sub></b>	<b>DESIGNAÇÃO QUALITATIVA</b>
<b>Oligotrófico</b>	0,01 – 0,013	0,02 – 3,36	2,8 – 1,2	[0 – 40)	<b>Não impactado a pouco impactado</b>
<b>Mesotrófico</b>	0,013 – 0,036	3,36 – 11,01	1,2 – 0,7	[40 – 60)	<b>Pouco degradado</b>
<b>Eutrófico</b>	0,036 – 0,064	11,01 – 31,31	0,7 – 0,5	[60 – 80)	<b>Criticamente degradado a poluído</b>
<b>Hipereutrófico</b>	0,064 – 0,290	31,31 – 98,79	0,5 – 0,3	[80 – 100]	<b>Extremamente poluído</b>

\*Valor de transparência de Secchi inversamente proporcional aos demais dados.

**Quadro 5:** Matriz de referência para o estabelecimento dos valores do IET<sub>SA</sub>

**Fonte:** Rolim, 2016, adaptado pelo autor

Embora o método apresente limitações, já que não analisa a presença de organismos vivos maléficos (como bactérias e protozoários patogênicos), nem verifique a presença de substâncias tóxicas (a exemplo de metais pesados e pesticidas), trata-se de uma boa ferramenta capaz de auxiliar na avaliação de como o acelerado aporte de nutrientes, ocasionado de maneira artificial, pode inviabilizar um lago causando a chamada eutrofização cultural, tendo em conta que o outro tipo de eutrofização (a natural), embora possível, necessita de longo tempo para acontecer (PAULINO; TEIXEIRA, 2012, p. 236).

Além disso, a opção específica de uso da metodologia do IET<sub>SA</sub> deriva do fato de que muitos estudos de trofia<sup>10</sup> foram desenvolvidos puramente para regiões de climas temperados, não sendo conveniente adaptá-los para estudos em zonas tropicais semiáridas (MS, 2006, p. 60).

Dessa maneira, o Quadro 6 resume de quais pontos foram coletadas, de que forma e em quais tipos de análises as 15 (quinze) variáveis desse estudo foram utilizadas.

Clorofila-a <sup>1 4 5 6</sup>	Cor verdadeira <sup>1 5</sup>	Temperatura <sup>1 5</sup>
Disco de Secchi <sup>3 4 6</sup>	Oxigênio dissolvido <sup>1 5</sup>	Condutividade elétrica <sup>1 5</sup>
Fósforo total <sup>1 4 5</sup>	pH <sup>1 5</sup>	Coliformes termotolerantes <sup>2</sup>
Nitrato <sup>1 5</sup>	Turbidez <sup>1 5</sup>	Coliformes totais <sup>2</sup>
Nitrito <sup>1 5</sup>	Sulfeto <sup>1 5</sup>	<i>Escherichia coli</i> <sup>2</sup>
<sup>1</sup> Análise realizada em todos os pontos <sup>2</sup> Análise realizada apenas nos pontos “PA”, “PB” e “PC” <sup>3</sup> Análise realizada apenas nos pontos “PD”, “PE” e “PF” <sup>4</sup> Variável utilizada no IET <sub>SA</sub> <sup>5</sup> Variável utilizada na PCA <sup>6</sup> Variável utilizada na comparação com as imagens de satélite		

**Quadro 6:** Síntese das variáveis utilizadas na pesquisa

**Fonte:** Autoria própria, 2019

#### 4.4 Procedimentos éticos da pesquisa com seres humanos

No que concerne a presente investigação, a fase das entrevistas prezou pelo respeito à vida, à ética e a dignidade. Dessa forma, nomes e dados pessoais dos respondentes, bem como as emissões de suas opiniões serão mantidos no absoluto anonimato visando eliminar

<sup>10</sup> Etimologicamente "trofia" significa alimentação da mesma maneira em que eutrófico significa “muito alimentado”, ou “alimentado em excesso”.

desconforto ou constrangimento que possa ser causado ao grupo voluntariamente participante.

Todas as informações coletadas ficarão de posse do pesquisador, não sendo repassadas a terceiros sem a expressa autorização dos indivíduos envolvidos. Assim, a divulgação das respostas tem fins científicos respeitando a confiabilidade entre o entrevistador e os seus informantes.

Ademais foram seguidos todos os ritos recomendados na Resolução 510 do Conselho Nacional de Saúde do Ministério da Saúde (2016), aplicada para pesquisa com seres humanos em ciências sociais, tendo sido via eletrônica da proposta do estudo submetida ao Conselho de Ética na Pesquisa – CEP através da Plataforma Brasil (2019) e aprovada pelo parecer registrado sob protocolo de número 3.242.654, e Certificado de Apresentação de Apreciação Ética – CAEE com o código 09446919.9.0000.5698.

#### **4.5 Estudo estatístico para população da entrevista**

Tomando-se por base que a estatística é uma ciência vital na produção científica e que ela envolve “coleta, classificação, sumarização, organização, análise e interpretação de dados” (MARTINS; DOMINGUES, 2014, p. 2), é de primeira importância explicar quais foram os critérios de escolha e dimensionamento da amostra.

Sabendo que amostra é “um subconjunto de unidades elementares selecionados de uma população” e que uma amostra representativa reflete “as mesmas características da população de onde foi retirada” (LAPPONI, 2005, p. 9-10), para a determinação da população a ser entrevistada, considerando uma pesquisa com 90% de confiança e chances de 10% de erro, utilizou-se a seguinte relação (Equação 2):

$$E = Zc \sqrt{\frac{1}{4n}} \quad (2)$$

Em que:

$E$  = erro tolerável

$Zc$  = valor crítico de acordo com o nível de confiança

$n$  = número de observações

Definido o tamanho da amostra, aproximadamente 68 pessoas, essa quantidade foi o

ponto de partida para a estimativa das classes a serem abordadas, acrescentando-se, ainda, 10% acima do valor inicialmente dimensionado, de maneira que as classes fossem divididas da seguinte maneira ilustrada no Quadro 7.

<b>Classe</b>	<b>Descrição</b>	<b>Roteiro de Perguntas</b>	<b>Participantes</b>
M e E	Morador e Empreendimentos do entorno	Apêndices A e B	35
U	Utentes	Apêndice C	35
P	Pessoa em situação de rua	Apêndice D	5
C	Representante da Prefeitura Municipal	Apêndice E	1
<b>TOTAL PROPOSTO</b>			<b>76</b>

**Quadro 7:** Distribuição das aplicações das entrevistas

**Fonte:** Autoria própria, 2019

Ressalta-se que, dada a sazonalidade de sua presença, as entrevistas com pessoas em situação de rua (Classe “P”) poderiam ou não ocorrer, sendo estabelecido um máximo de 5 (cinco) participantes para esse seguimento. Já a entrevista com representante da Prefeitura Municipal foi prevista para acontecer com servidor vinculado à Secretaria de Desenvolvimento Rural e Meio Ambiente – SEDRUMA de Cajazeiras-PB.

#### **4.6 Aplicação das entrevistas**

Além das averiguações de campo, análises das imagens de satélite e registros fotográficos realizados com o intuito de caracterizar o ambiente estudado, os dados qualitativos da presente investigação foram adquiridos por meio de execução de entrevistas obtidas junto aos moradores, empreendedores, frequentadores e desfrutadores do açude, com a finalidade de identificar as suas diversas maneiras de utilização (SANTOS; NOVIKOFF; SANTOS, 2017).

Os instrumentais administrados junto aos atores das proximidades do manancial tiveram a intenção de verificar como se dá a compreensão acerca do atual emprego do reservatório por parte dessas pessoas, haja vista o que preconizam Marconi e Lakatos (2003, p. 195) ao afirmarem que esse é um procedimento bastante usado em diversas investigações “para a coleta de dados ou para ajudar no diagnóstico ou no tratamento de um problema social”.

Os questionamentos trabalhados na fase qualitativa (previamente aprovados pelo

Conselho de Ética na Pesquisa – CEP) foram direcionados às cinco classes de pessoas, de forma administrada, visando minimizar possíveis inconsistências nas respostas prestadas (GIL, 1989) sendo sua operacionalização descrita adiante.

Para se aplicar os questionários nas classes “M” e “E”, objetivando uma boa representatividade, foi realizado um processo de amostragem sistemática (BONAFINI, 2015, p. 17) onde, com a ajuda do *software* de geoprocessamento QGIS (2016), foi selecionada aleatoriamente uma residência ou comércio e, a partir de então, a cada 100 metros de distância, aproximadamente, aplicou-se o instrumento em outras residências e/ou empreendimentos.

A escolha desse método justifica-se por não se conhecer o número oficial exato de casas ou pontos comerciais que fazem interface com o perímetro urbanizado do manancial, lembrando-se que, 55,08% dos 6,4 km de perímetro das margens do Açude Grande, são de interface urbanizada o que resulta em, aproximadamente, 3,53 km de tal zona ocupada com ruas, residências e/ou pontos comerciais e gerando um total de 35 entrevistas (1 por 100 m).

Na classe “U” aplicou-se a ferramenta de coleta nos horários mais movimentados da orla do açude, utilizando-se, novamente, do método de amostragem sistemática, sendo essas entrevistas executadas em paridade com as classes “M” e “E”, isto é, 35 no total.

Essa metodologia de indexação com as classes anteriores foi utilizada por não se saber a quantidade total de pessoas que utilizam as margens do açude para fins recreativos e/ou desportivos.

Durante a pesquisa com essa classe “U”, foram estabelecidos pontos fixos, nas áreas mais movimentadas da orla, sendo abordada uma pessoa a cada 5 minutos até a completa execução de todas as entrevistas para esse grupo.

As entrevistas da classe “P” não foram aplicadas visto que, entre julho e agosto de 2019 (período de execução das entrevistas), não foram encontradas pessoas em situação de rua nas áreas percorridas às margens do Açude Grande, o que não significa que esses personagens inexistam. A Figura 18, por exemplo, evidenciou, em trabalho realizado por Arruda (2014, p. 75), a esporádica presença desses indivíduos nos espaços visitados.



**Figura 18:** Cabana, habitada por pessoas em situação de rua, montada às margens do Açude Grande

**Fonte:** Arruda, 2014

O instrumental de coleta com a classe “C”, que diz respeito a servidor da área ambiental vinculado à prefeitura do município de Cajazeiras-PB, foi aplicado em interlocutor no interior da sede da própria Secretaria de Desenvolvimento Rural e Meio Ambiente – SEDRUMA e, por razões éticas, assim como os demais entrevistados, não será identificado, o que gerou um montante final de 71 aplicações, excluídas as entrevistas das cinco pessoas em situação de rua (“P”), que como mencionado, não foram localizadas nas incursões de campo.

As perguntas das entrevistas, conforme podem ser constatadas nos Apêndices A, B, C, D e E, versaram basicamente sobre: histórico, degradação ambiental, políticas de revitalização, uso das margens, bem como sobre odores característicos provenientes do açude e sobre a consciência do perigo do uso atual da água do manancial para a saúde pública; já para o representante da prefeitura, as perguntas trataram de saber sobre ações desenvolvidas pelo poder público municipal no intuito de revitalizar ou conscientizar a população a respeito da importância do Açude Grande para os cajazeirenses.

#### **4.7 Operacionalização das imagens de satélite**

Os dados quantitativos gerados nesse estágio da pesquisa foram efetuados em duas fases: a primeira consistiu na coleta de imagens contendo o Modelo Digital de Elevação – MDE da missão SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) através da qual foi possível realizar a morfometria da microbacia do Açude Grande, utilizando as fórmulas empregadas

por Silva Neto et al. (2012) na caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Gramame-PB. Citado estudo obteve os seguintes dados: área, perímetro, comprimento axial, comprimento de drenagem, comprimento do córrego principal, comprimento do talvegue principal, fator de forma (Equação 3), índice de compacidade (Equação 4), índice de circularidade (Equação 5), densidade de drenagem (Equação 6), sinuosidade da drenagem (Equação 7), densidade de rios (Equação 8), extensão do percurso superficial (Equação 9), contagem do número total de córregos e ordem hierárquica da drenagem.

Equação 3:

$$Kf = A/L^2 \quad (3)$$

Em que:

$Kf$  = fator de forma

$A$  = área da bacia

$L$  = comprimento axial da bacia

Equação 4:

$$Kc = (0,28 * P)/\sqrt{A} \quad (4)$$

Em que:

$Kc$  = índice de compacidade

$P$  = perímetro da bacia

$A$  = área da bacia

Equação 5:

$$Ic = (12,57 * A) / P^2 \quad (5)$$

Em que:

$Ic$  = índice de circularidade

$A$  = área da bacia

$P$  = perímetro da bacia

Equação 6:

$$Dd = L/A \quad (6)$$

Em que:



$Dd$  = densidade de drenagem

$L$  = comprimento de drenagem (comprimento total dos córregos ou rios)

$A$  = área da bacia

Equação 7:

$$Sin = Lr/Lt \quad (7)$$

Em que:

$Sin$  = sinuosidade da drenagem

$Lr$  = comprimento do córrego ou rio principal em km

$Lt$  = comprimento do talvegue principal em km

Equação 8:

$$Dr = Nc/A \quad (8)$$

Em que:

$Dr$  = densidade de rios

$Nc$  = número total de córregos ou rios da bacia

$A$  = área da bacia

Equação 9:

$$Eps = \frac{1}{2 * Dd} \quad (9)$$

Em que:

$Eps$  = extensão do percurso superficial

$Dd$  = densidade de drenagem

Na segunda fase de operacionalização de dados quantitativos com utilização de Sensoriamento Remoto, foram empregadas imagens multiespectrais de cobertura do município de Cajazeiras, adquiridas dos sistemas orbitais dos satélites LANDSAT e disponibilizadas gratuitamente, juntamente com as imagens do MDE, nos *sites* do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE e do serviço de pesquisa geológica dos Estados Unidos (*United States Geological Survey – USGS*) através da sua plataforma *Earth Explorer*.

Tal expediente teve como finalidade investigar a influência da pressão antrópica ocasionada pelo crescimento da cidade na diminuição da qualidade da água no Açude Grande.

O emprego de tais técnicas fez-se necessário porque, como há anos o Açude Grande não é oficialmente monitorado sistematicamente por nenhum órgão governamental, ambiental ou de abastecimento, são as geotecnologias as únicas ferramentas capazes de prover informações para se investigar e inferir sobre a evolução histórica da degradação da qualidade de sua água à medida que, com o crescimento populacional do núcleo urbano de Cajazeiras, ocorria a ocupação do seu entorno, sendo as imagens do LANDSAT os registros com maior janela temporal para tal empreitada.

Reforça-se a necessidade do uso da metodologia justificando que, conforme pontuam Silva, Martins e Araújo (2014), o geoprocessamento, tendo surgido com o progresso da computação a partir da segunda metade do século XX, trata-se de um poderoso artifício que gera um complexo banco de dados capaz de auxiliar na interpretação e na análise dos fenômenos espaciais permitindo um melhor planejamento das atividades humanas.

Frisa-se que todas as imagens foram processadas no *software* gratuito do tipo *open source* QGIS versão 2.18 Las Palmas de G. C. (2016) e as respectivas datas de aquisição foram 19/09/1973, 11/08/1984, 24/05/1990, 10/10/2000, 23/09/2011, 22/04/2019 e 31/10/2019, sendo cada uma dessas imagens referentes à linha 232, ponto 65, DATUM WGS 84/UTM zona 24N.

É importante destacar que, a não linearidade das datas dá-se devido ao fato de que os dias com presenças de muitas nuvens interferem na resposta final do alvo pretendido o que afeta diretamente a qualidade da imagem gerada pelo sistema de captação orbital. Sendo assim, os registros utilizados foram aqueles que apresentaram dias de céu limpo sob o Açude Grande e a cidade de Cajazeiras-PB, característica que pôde ser verificada na pré-visualização oferecida pelos sítios de busca de arquivos dessa natureza.

A escolha da distância temporal entre os anos de aquisição das imagens possui a seguinte explicação: 1973 marca o início da disponibilização das imagens do LANDSAT 1 (que foi lançado à órbita terrestre um ano antes), não existindo, portanto, registros anteriores deste satélite; 1984 marca o início da operação do LANDSAT 5 satélite utilizado nas pesquisas de Pufal (2001) e Vilela (2010) o que alinha os dados obtidos por estes

pesquisadores com o presente estudo; e os demais anos referem-se aos intervalos mais próximos em que são realizadas as pesquisas censitárias no Brasil, o que permitiu interligar, de maneira mais orgânica, o crescimento populacional, com o aumento da área urbana no entorno do perímetro do açude e a diminuição da qualidade da sua água.

Já 2019 foi escolhido por representar a contemporaneidade dentro da série histórica do estudo, além de ser o ano da coleta das amostras de água que foram analisadas em laboratório, o que exigiu investidas no período chuvoso (dias 22/04 e 06/05) e no período seco (21/10 e 31/10).

Também foi confeccionado um mapa com a evolução da mancha urbana de Cajazeiras-PB, com o apoio de documentos oriundos das diversas fontes citadas no decorrer do trabalho e somados às imagens de satélite, com a finalidade de se observar o comportamento do Açude Grande ao longo da sua história.



**Figura 19:** Fluxograma da operacionalização das imagens de satélites

Fonte: Autoria própria, 2019

Assim o fluxograma ilustrado na Figura 19 busca resumir como se deu a utilização das imagens de satélite na geração dos resultados aqui discutidos e, conforme se demonstra, para melhor analisar o processo histórico de degradação do Açude Grande utilizando o Sensoriamento Remoto – SR, as técnicas utilizadas nessa pesquisa se concentram,

basicamente, em dois eixos e nesses foram aplicadas as seguintes técnicas: Índice de Diferença Normalizada de Água (*Normalized Difference Water Index – NDWI*); e análises das respostas espectrais das bandas das imagens equivalente às cores verdes e vermelhas. Referidas técnicas são trabalhadas no tópico a seguir.

#### 4.8 NDWI e comparação das bandas equivalente às cores verdes e vermelhas

O NDWI refere-se a uma técnica de tratamento dado por meio de operação matemática com bandas do espectro eletromagnético captadas por satélites, que auxilia na identificação de corpos d'água. De acordo com Brenner e Guasselli (2015, p. 3695) o índice “foi concebido com a finalidade de delinear ambientes de águas abertas, automatizando a determinação do limiar entre água e terra (vegetação terrestre e solos)”.

Assim, a concepção do NDWI baseia-se no fato de que o elemento água absorve energia em comprimentos de onda do infravermelho próximo e ondas curtas de infravermelho, o que permite que a operação dada pela Equação 10, gere um produto que destaca os corpos hídricos expostos (BRENNER; GUASSELLI, 2015).

$$NDWI = \frac{Bv - Bivp}{Bv + Bivp} \quad (10)$$

Em que:

*NDWI* = índice de diferença normalizada da água

*Bv* = banda do satélite correspondente à cor verde

*Bivp* = banda do satélite correspondente ao infravermelho próximo

A água é um complexo alvo para ser analisado através das técnicas de SR. Isso se dá, basicamente, por causa das características óticas inerentes desse elemento os quais podem ser afetados pela sua plasticidade (vento na sua superfície) e alta capacidade de diluir e transportar diversas substâncias, o que acaba por alterar suas características de resposta em relação ao seu estado de repouso e de pureza.

A respeito da atuação do vento Novo (2019, p. 18) deixa claro que

Quanto maior é a extensão do lago na direção preferencial do vento, maior será o efeito do vento sobre a estrutura térmica do lago e sobre a rugosidade de sua superfície, aspectos que podem afetar a representatividade das informações extraídas de imagens de Sensoriamento Remoto.

Também é importante destacar que a mesma autora deixa claro, ainda, que a qualidade da água depende de muitas características ambientais e, a grande maioria destas, não é constituída por componentes passíveis de captação com SR, no entanto, ela frisa que variáveis como: sólidos totais, turbidez, transparência e clorofila-a são exceções que permitem monitoramento remoto (NOVO, 2019, p. 19).

Nesse sentido faz-se essencial a aferição da verdade de campo, de cada caso, para que esta seja comparada ao que é captado nos sensores orbitais. O trabalho de Vilela (2010), por exemplo, correlaciona a clorofila-a com as bandas dos sensores satélites que captam o intervalo espectral correspondente à cor verde (aproximadamente 492 nm ~ 577 nm); e transparência, comumente medida com o disco de Secchi, com as bandas dos sensores que captam o intervalo referente à cor vermelha (aproximadamente 622 nm ~ 780 nm).

A esse respeito, a Figura 20 traz gráfico que ilustra a resposta espectral esperada de um corpo d'água considerado limpo e de outro com algas. Nela é possível observar que na resposta da água com algas existem dois picos de reflectância sendo o maior no intervalo que compreende a cor verde e um secundário e, portanto, menor, no intervalo que compreende a cor vermelha.

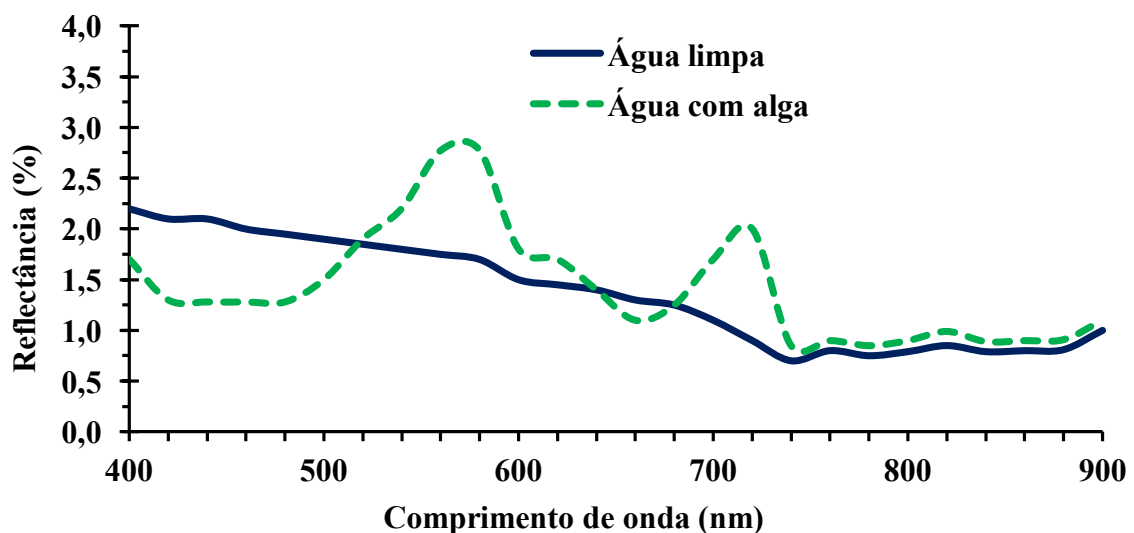


Figura 20: Gráfico de reflectância versus comprimento de onda, para água limpa e para água com alga

Fonte: Han, 1997, apud Pufal, 2001, p. 10

#### 4.9 Estatísticas para avaliação da qualidade da água

Na operacionalização dos dados quantitativos atinentes à qualidade da água, foram

utilizadas métricas de estatística descritiva e Análise de Componentes Principais (PCA) através dos programas estatísticos *R Statistical* (*R development Core Team*, 2018) e *Past – Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis* (HAMMER et al., 2001).

Bernardi et al. (2009) destaca que a PCA inicia-se com o cálculo dos autovalores e seus correspondentes autovetores de uma matriz de variâncias-covariâncias ou de uma matriz de correlações entre variáveis, no entanto, para uma correta aplicação é necessário, antes, realizar a normalização de dados visando diminuir a distância numérica entre as variáveis a fim de que estas apresentem pesos que possam ser comparáveis.

Essa normalização de dados é necessária porque as medidas das variáveis são, corriqueiramente, dadas em unidades distintas e normalmente apresentam valores numéricos discrepantes entre si, assim, para tal correção, utiliza-se a fórmula dada de acordo com a Equação 11 (MINGOTI, 2005, p. 60).

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma} \quad (11)$$

Em que:

$Z$  = valor normalizado / escore normalizado

$X$  = escore bruto / valor bruto da variável

$\mu$  = média do conjunto de dados da variável analisada

$\sigma$  = desvio padrão do conjunto de dados observado

Referida fórmula, depois de aplicada, resulta em novos escores cujas médias se igualam a zero e o desvio padrão resulta em valor 1 (um), para cada uma das variáveis, as quais, diante disso, podem ser empregados em *software* estatístico que realize o tipo de análise citada.

A utilização da técnica permitiu averiguar quais, dentre os parâmetros avaliados, foram aqueles que mais contribuíram para a variabilidade dos dados obtidos, os pontos mais afetados e o comportamento durante os períodos: chuvoso e de estiagem do ano de 2019.

Para a comparação da relação entre os respectivos parâmetros de transparência de Secchi e clorofila-a versus a resposta espectral da água nos dias das coletas de campo nas



Os dados morfométricos da microbacia<sup>11</sup> do Açude Grande, foram delimitados através do *software* de geoprocessamento QGIS, versão 2.18 Las Palmas G. C. (2016) os quais estão discriminados no Quadro 8.

<b>Parâmetro</b>	<b>Valor</b>
Área da Bacia (km <sup>2</sup> )	35,90
Perímetro da Bacia (km)	41,63
Comprimento Axial da Bacia (km)	9,61
Comprimento de Drenagem (km)	35,61
Comprimento do Córrego Principal (km)	11,71
Comprimento do Talvegue Principal (km)	8,97
Fator de Forma – <i>Kf</i>	0,3887
Índice de Compacidade – <i>Kc</i>	1,9454
Índice de Circularidade – <i>Ic</i>	0,2603
Densidade de Drenagem – <i>Dd</i> (km/km <sup>2</sup> )	0,9919
Sinuosidade da Drenagem – <i>Sin</i>	1,3054
Número Total de Córregos	17
Tipo de Drenagem (Ordem hierárquica)	4
Extensão do Percurso Superficial – <i>Eps</i>	0,5041
Densidade de Rios – <i>Dr</i> (canais/km <sup>2</sup> )	0,4735
Espelho D'água (m <sup>2</sup> )	438.726,00

**Quadro 8:** Parâmetros morfométricos da microbacia do Açude Grande

Fonte: Autoria própria, 2019

Conforme Faustino (1996) apud Teodoro et al. (2007, p. 139), a área em questão configura-se como uma microbacia por possuir menos do que 100 km<sup>2</sup>. Trata-se, também, de uma área com formato não circular sendo alongada, já que possui um Índice de Compacidade (*Kc*) de 1,9454, e com baixa suscetibilidade para inundação por possuir um Fator de Forma (*Kf*) menor do que 0,5 (SILVA NETO et al., 2012).

Apresenta um número total de 17 córregos e sua hierarquia de drenagem é de ordem 4, segundo dados de arquivo *Shapefile* que demonstra a drenagem do Estado da Paraíba e pode ser encontrado no Geo Portal da AESA (2018).

Com rede de drenagem de natureza dentrítica, isto é, possuindo ramificações semelhantes aos de uma árvore, muito comum em áreas de clima tropical (Howard, 1967), dos

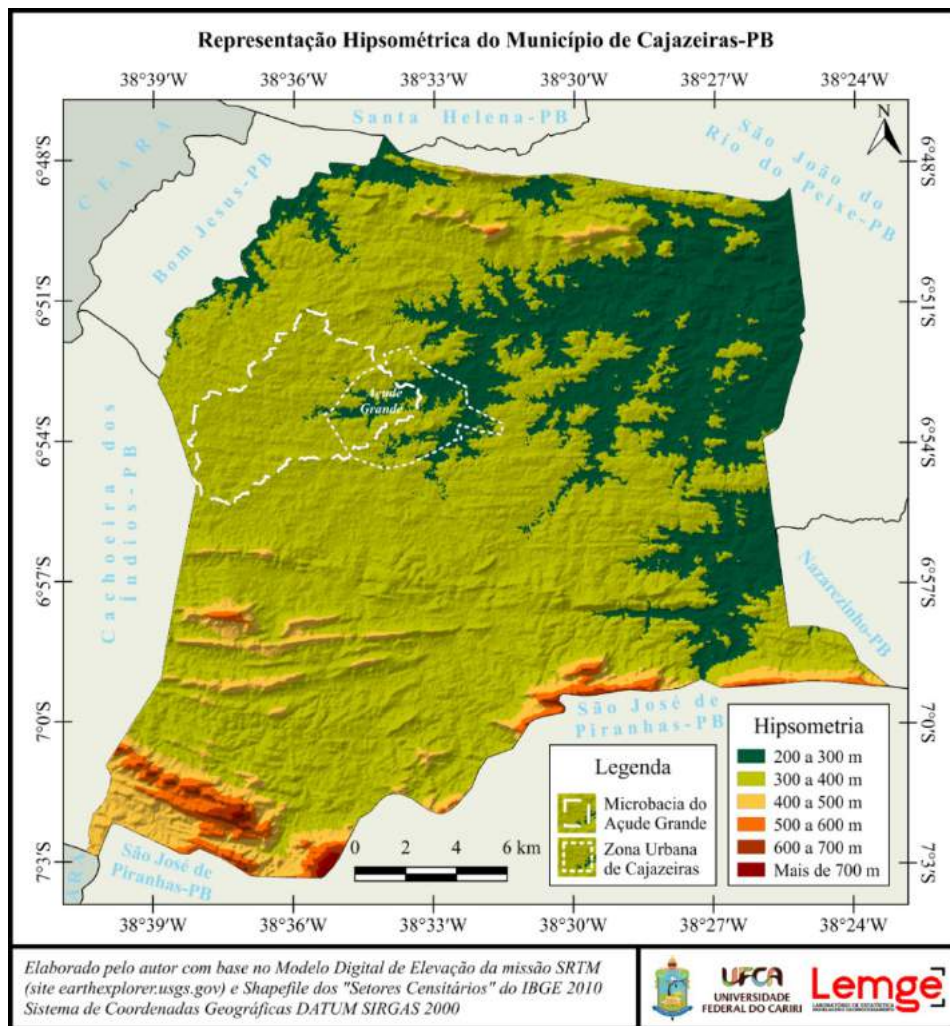
<sup>11</sup> Para entender melhor os conceitos de bacia, sub-bacia e microbacia hidrográfica, ler TEODORO, V. L. I. et al. O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Revista Uniara**, N.20, p. 137-156, 2007.





características urbanizadas devido à ocupação acelerada do Bairro João Bosco Braga Barreto conforme demonstra a Figura 22.

A hipsometria de Cajazeiras, Figura 23, evidencia que o Açude Grande foi construído em uma das seções de menor altitude do município e, nesse sentido, mostra que o reservatório também ajudou na ocupação da região leste da cidade.



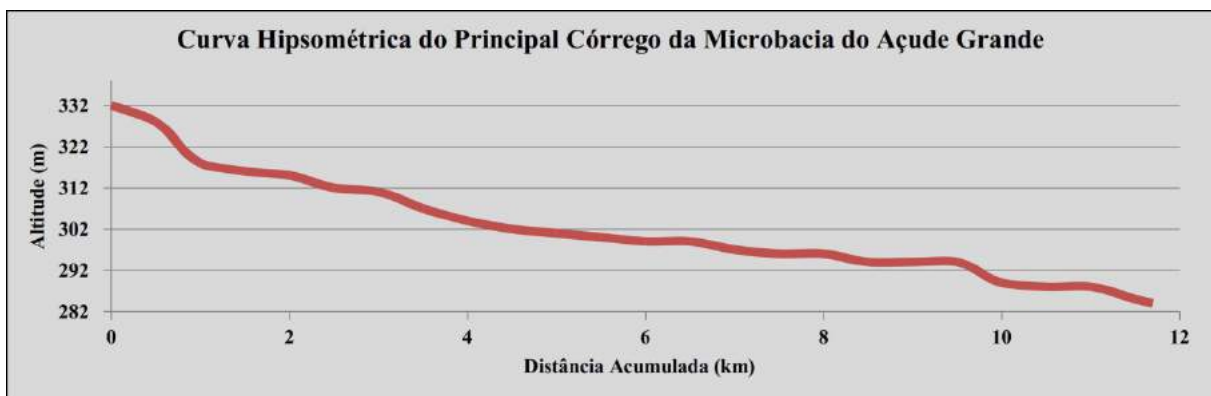
**Figura 23:** Representação hipsométrica do município de Cajazeiras-PB

**Fonte:** Autoria própria, 2019

A respeito da afirmação anterior, informações que podem ser encontradas na página 2 do Relatório de Obra da Inspeção Federal de Obras Contra as Secas – IFOCS (ANEXO F) indicam que, quando da sua reconstrução, em 1915, a “barragem-vertedouro” original do Açude Grande foi modificada para esta finalidade. Segundo texto do referido documento, o antigo sangradouro era “inaproveitável em sua maior parte” e “deixava escoar as águas do açude na parte mais povoada da cidade, determinando-lhe, assim, grandes prejuízos no tempo

das cheias”, dessa maneira, ainda citando o Relatório do IFOCS, o novo vertedouro ficou “à direita da primeira barragem de terra, em terreno firme, entre as duas barragens”.

A Figura 24 aponta que a curva hipsométrica do maior córrego da microbacia do reservatório, com pouco menos de 12 km de extensão, apresenta um desnível, entre suas cotas altimétricas, de 50m e, nesse sentido, ajudou a reforçar a necessidade de que, além de ponto para estocagem de água, o Açude Grande agisse como regulador da vazão de considerável parte das chuvas que caem sobre a seção oeste do município de Cajazeiras.



**Figura 24:** Curva hipsométrica do principal córrego da microbacia do Açude Grande

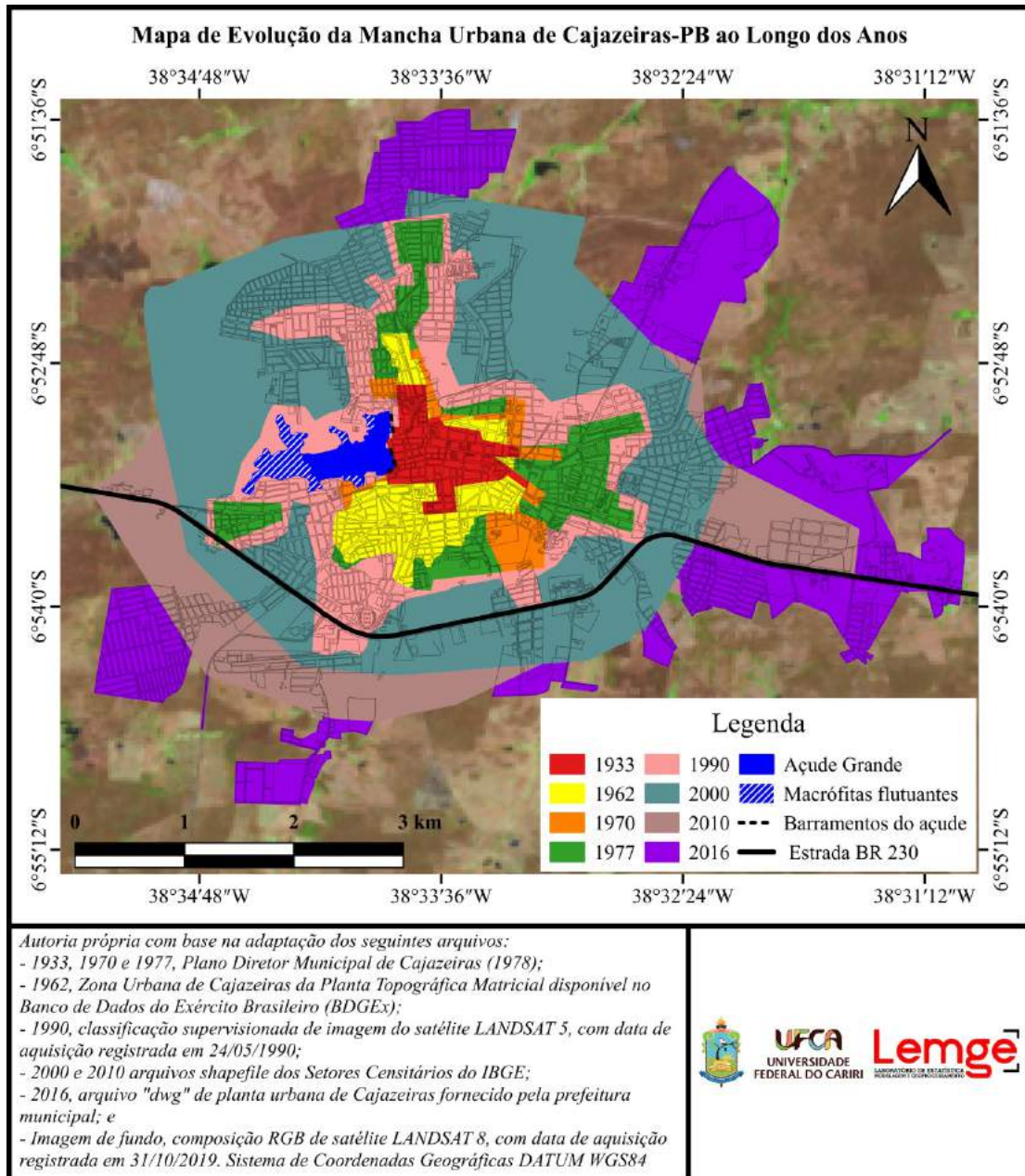
**Fonte:** Autoria própria, 2019

Nessa perspectiva, a Figura 25 retrata como se deu a evolução da mancha urbana da sede do município entre 1933 e 2016. Assim, sobre esse produto cartográfico, é importante frisar que o mesmo trata-se de uma generalização elaborada com a prerrogativa de prover uma noção sobre as etapas de ocupação das áreas que, atualmente, compõe a urbe, e que a mesma foi dada não através de limites rígidos, mas, mediante consulta de várias fontes distintas sendo elas: Plano Diretor Municipal de Cajazeiras, planta topográfica georreferenciada do banco de dados do Exército brasileiro (BDGEx), classificação supervisionada de imagem do satélite LANDSAT 5, *shapefiles* dos setores censitários do IBGE dos anos 2000 e 2010, planta municipal de Cajazeiras do ano de 2016 e imagem do satélite LANDSAT 8.

Desse modo, pode-se deduzir que até a década de 1960 o núcleo de Cajazeiras se desenvolvia com maior força no sentido sul e, de certa forma, se distanciando das margens do Açude Grande.

Contudo, após esse período, seguindo-se pelas décadas de 1970 até a atualidade, houve um expressivo crescimento horizontal em todos os sentidos, inclusive às margens da

represa, sem contar no espraiamento urbano que, segundo Nadalin e Iglioni (2015, p. 92) trata-se do “crescimento urbano que é desconcentrado, não denso e que deixa vazios urbanos dentro da mancha urbana”.



**Figura 25:** Mapa de evolução da mancha urbana de Cajazeiras-PB ao longo dos anos

**Fonte:** Autoria própria, 2019

Tal fenômeno pode ser confrontado com os dados do crescimento da população do município, reproduzidos no Quadro 9, os quais sugerem que ao longo do século XX, assim como outras cidades brasileiras, Cajazeiras teve uma ampliação urbana desordenada (NADALIN; IGLIONI, 2015).

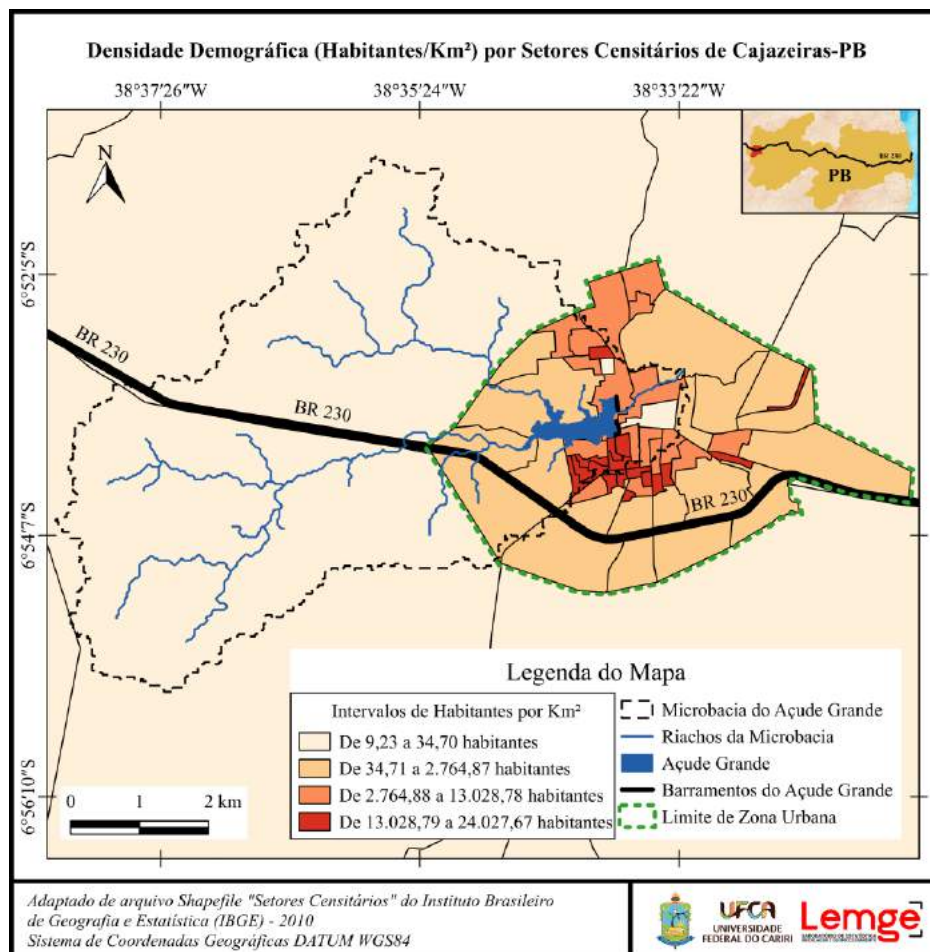
<b>Evolução da População no Município de Cajazeiras-PB</b>							
	1960	1970	1980	1991	2000	2010	2019*
Urbana	15.884	24.935	31.566	38.329	41.964	47.501	50.370
Urbana (%)	40,62%	59,81%	67,96%	74,75%	76,70%	81,27%	81,25%
Rural	23.220	16.758	14.882	12.944	12.751	10.945	11.623
Rural (%)	59,38%	40,19%	32,04%	25,25%	23,30%	18,73%	18,75%
<b>TOTAL</b>	<b>39.104</b>	<b>41.693</b>	<b>46.448</b>	<b>51.273</b>	<b>54.715</b>	<b>58.446</b>	<b>61.993</b>

\* Projeção do IBGE

**Quadro 9:** Evolução da população urbana, rural e total do município de Cajazeiras-PB

**Fonte:** Autoria própria, sintetizado de acordo com informações coletadas no site do IBGE (2020)

O anacronismo entre a evolução da ocupação urbana, o tardio surgimento das preocupações ambientais juntamente com a aparente abundância do fornecimento de água oriunda da adutora construída em 1964 para, com as reservas do açude Engenheiro Ávidos (Boqueirão), abastecerem a cidade, parecem ter sido os fatores determinantes a ocasionarem a negligência histórica com o uso e a ocupação do solo no entorno do Açude Grande.

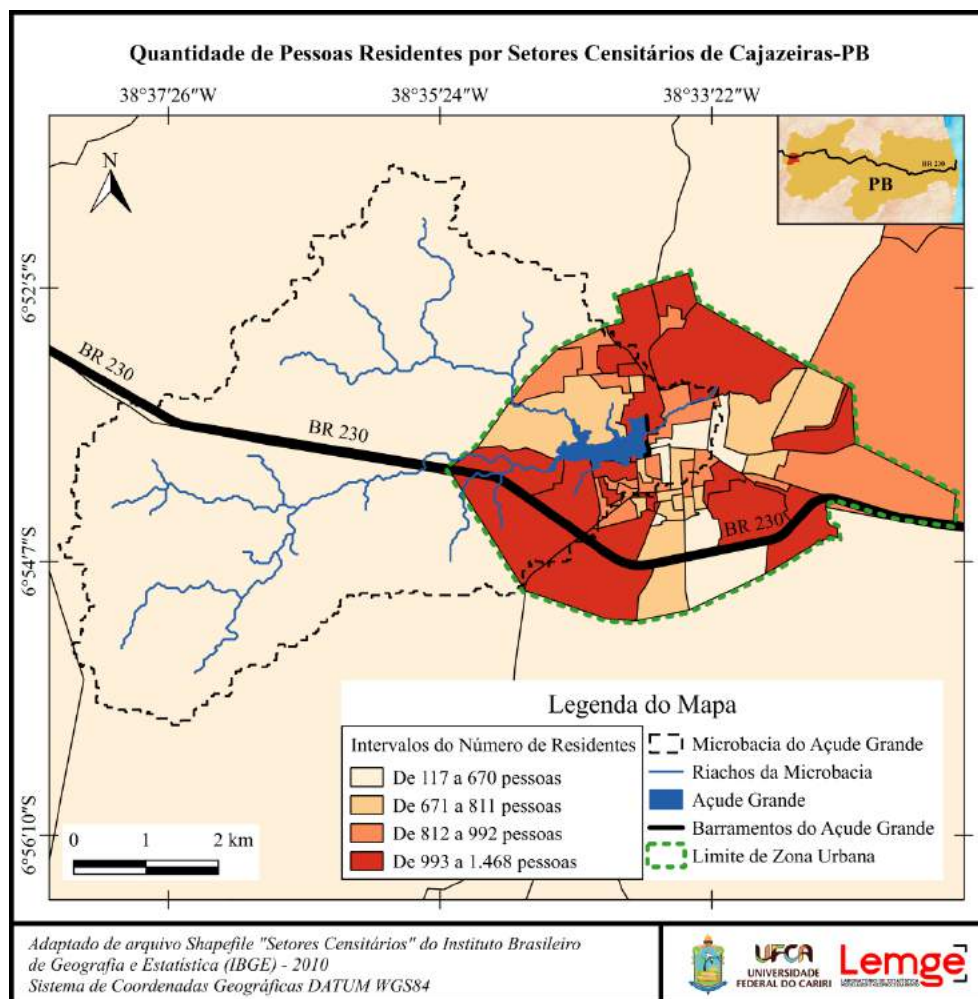


**Figura 26:** Densidade demográfica (habitantes/km<sup>2</sup>) por setores censitários de Cajazeiras-PB

**Fonte:** IBGE, 2019

A esse respeito, a Figura 26, montada a partir dos setores censitários 2010 do IBGE, retrata a densidade demográfica em habitantes por km<sup>2</sup> em Cajazeiras e demonstra que a área mais povoada da cidade coincide, amplamente, com o seu núcleo central e, portanto, orbita o Açude Grande, salvo algumas poucas exceções periféricas.

No tocante ao número absoluto de habitantes, a Figura 27, ainda montada com informações dos setores censitários 2010 do IBGE, alude ao fato de ser o quantitativo de pessoas, grande contribuidora para o espraiamento da urbe juntamente com o seu crescimento nuclear desordenado.



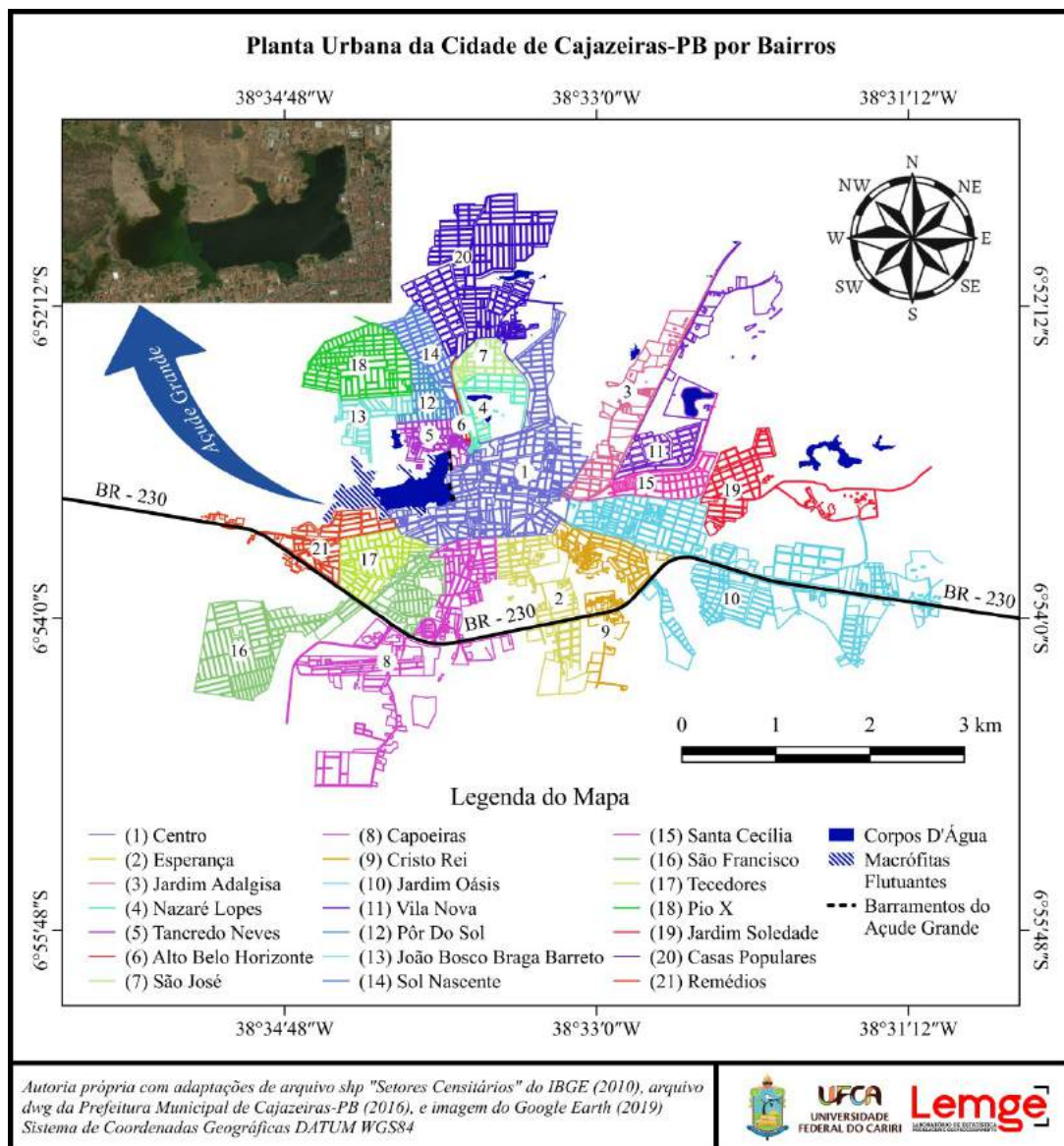
**Figura 27:** Quantidade de pessoas residentes por setores censitários de Cajazeiras-PB

**Fonte:** IBGE, 2019

O cruzamento das informações entre o quantitativo absoluto de pessoas nos setores censitários em 2010 (Figura 27) e os bairros da cidade de Cajazeiras permite afirmar que as suas áreas mais populosas são: Alto Belo Horizonte, Capoeiras, Casas Populares, Cristo Rei,

Esperança, Nazaré Lopes, Pôr do Sol, Remédios, Santa Cecília, São Francisco, São José, Sol Nascente, Tancredo Neves, Tecedores e parte do Centro, isto é, 15 dos 21 bairros da zona urbana.

Finalmente, a Figura 28 apresenta como é, atualmente, dividida a cidade de Cajazeiras por bairros conforme adaptação de informações de arquivo “*dwg*” de 2016 fornecido pela prefeitura municipal.



**Figura 28:** Planta urbana da cidade de Cajazeiras-PB por bairros

**Fonte:** Autoria própria, 2019

Dessa maneira é importante avaliar que, quanto mais se ocupou a microbacia do Açude Grande ao longo dos anos, mais agressões seu entorno sofreu através da canalização de esgotos *in natura*, oriundos das residências e pontos comerciais, além do próprio *runoff*

urbano ou aquele proveniente da BR-230 (Transamazônica), fator também responsável por carrear poluentes para seu interior (GARCIA; PAIVA, 2006).

## 5.2 Entrevistas sobre o Açude Grande

Realizadas entre os meses de julho e agosto de 2019, de modo geral, as entrevistas buscaram elucidar como a população cajazeirense enxerga o Açude Grande, esse bem que é frequentado diariamente por centenas de pessoas que: residem em pontos periféricos do município, moram nas suas proximidades ou trabalham em empreendimentos que ocupam sua área marginal (Figura 29). Essa fase da pesquisa se mostrou extremamente relevante para o levantamento de dados subjetivos e também objetivos com relação a uma amostra representativa dos habitantes da cidade.



**Figura 29:** Frequentadores da orla (Leblon) do Açude Grande

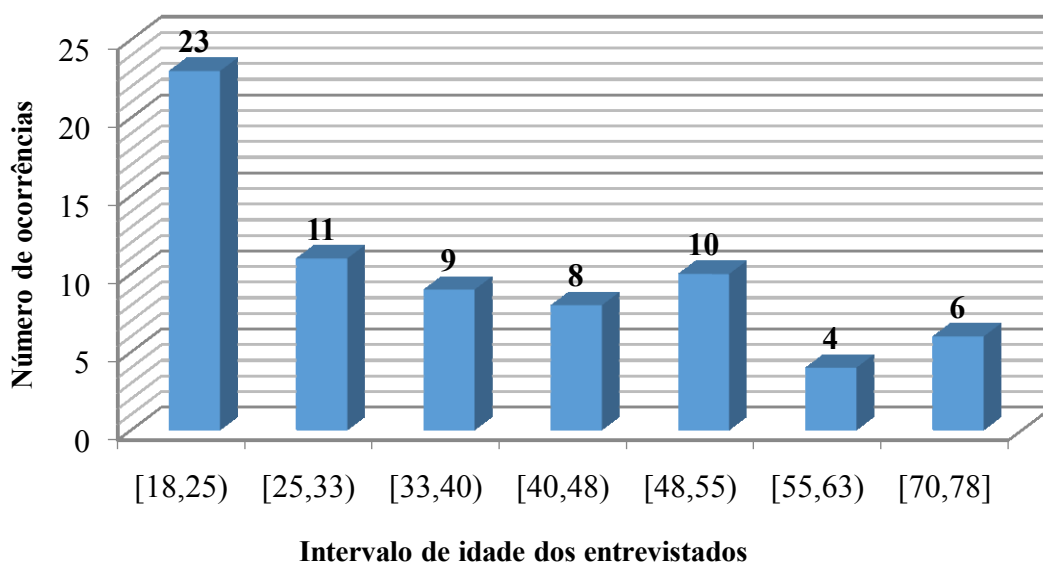
**Fonte:** Acervo pessoal, autoria desconhecida, 2018

Gerenciadas através da ferramenta eletrônica de tabulação de dados *Google Forms* e aplicadas diretamente pelo pesquisador com auxílio de aparelho celular com acesso à rede de dados móveis de *internet*, as entrevistas totalizaram 71 pessoas abordadas, sendo um representante da Prefeitura de Cajazeiras (1%), 35 utentes das margens do Açude Grande (49%), 29 moradores do entorno do reservatório (41%) e 6 donos, representantes e/ou trabalhadores de empreendimentos instalados às margens do referido lago (9%).



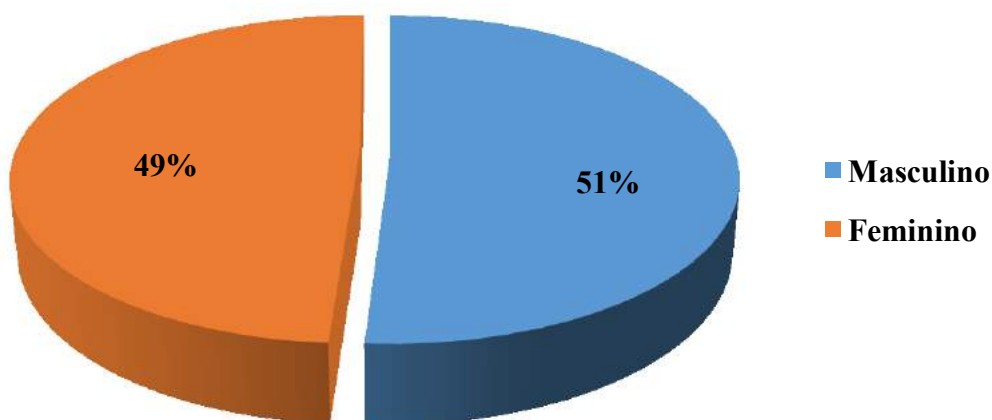
### 5.2.1 Perfil geral dos entrevistados e espacialidade da pesquisa

A faixa etária das pessoas abordadas na fase da entrevista, incluindo servidor vinculado à Prefeitura Municipal de Cajazeiras-PB, variou de 18 a 78 anos conforme demonstra a Figura 30, sendo 51% dos entrevistados do sexo masculino enquanto 49% foram do sexo feminino (Figura 31). Em relação ao estado civil 59% deles se declararam solteiros, 34% casados, 3% divorciados, 3% em união estável e 1% viúvos (Figura 32).



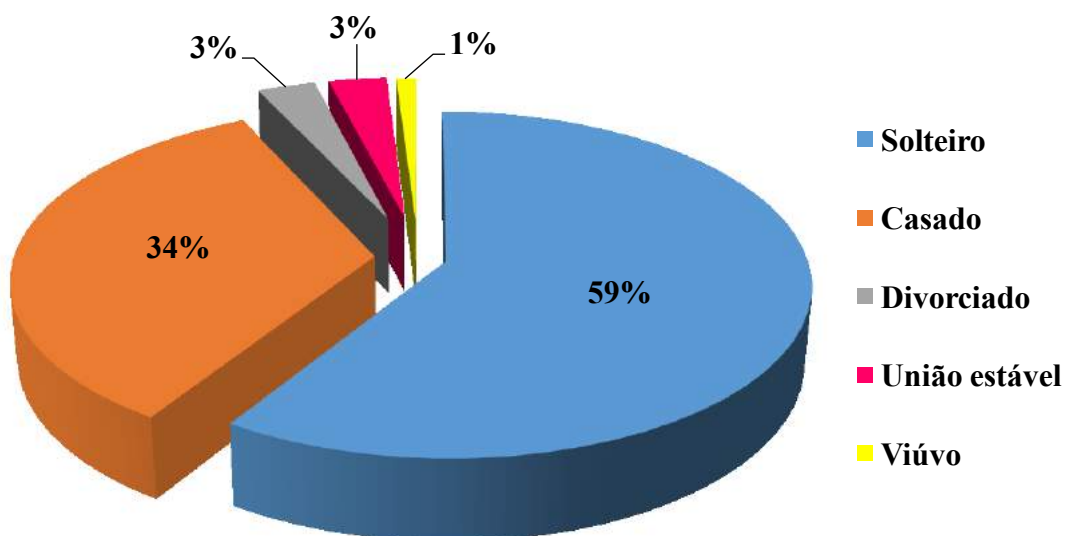
**Figura 30:** Idade dos entrevistados

Fonte: Autoria própria, 2019



**Figura 31:** Sexo dos entrevistados

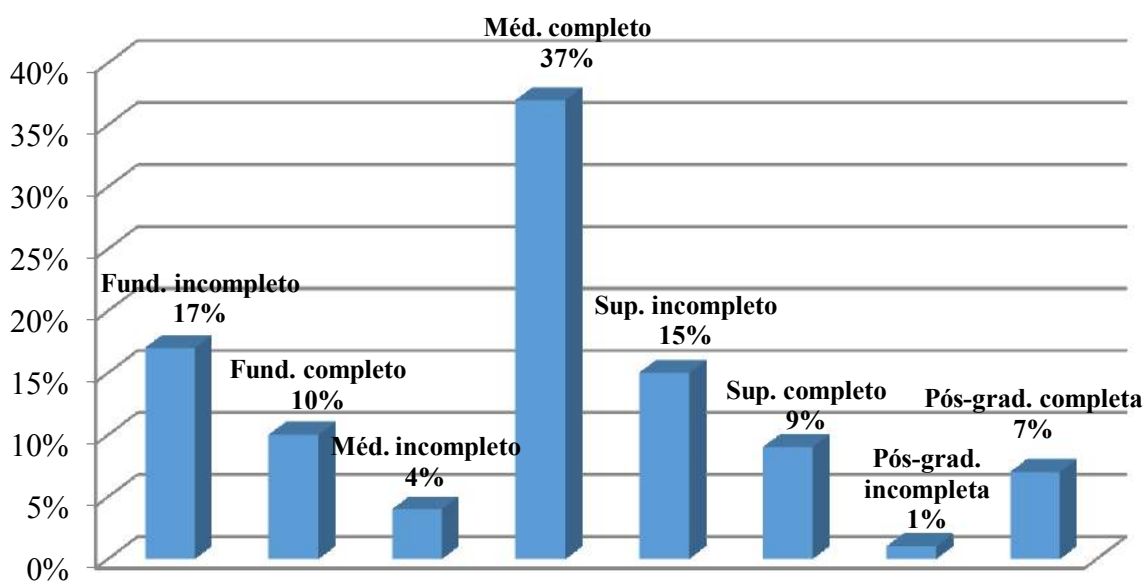
Fonte: Autoria própria, 2019



**Figura 32:** Estado civil dos entrevistados

Fonte: Autoria própria, 2019

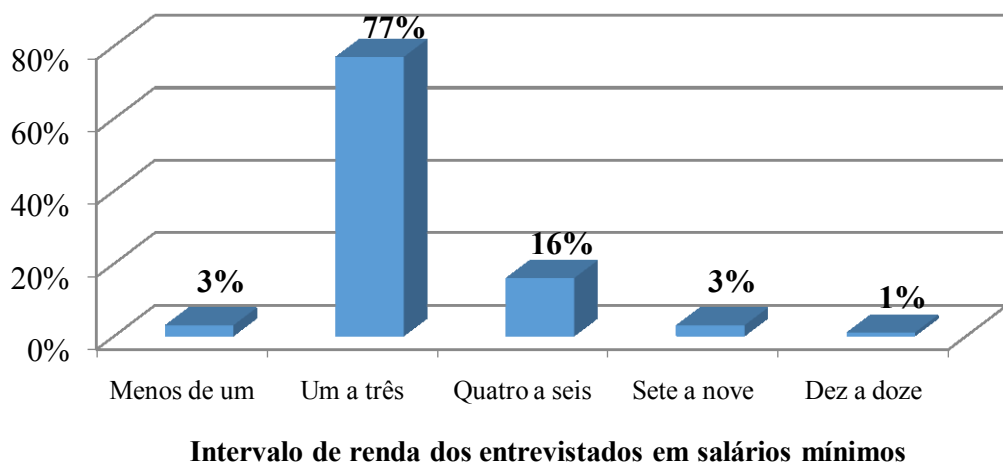
No tocante à escolaridade 17% possuem o ensino fundamental incompleto, 10% fundamental completo, 4% ensino médio incompleto, 37% médio completo, 15% superior incompleto, 9% concluíram o ensino superior, 1% pós-graduação incompleta e 7% afirmara ter concluído pós-graduação (Figura 33).



**Figura 33:** Escolaridade dos entrevistados

Fonte: Autoria própria, 2019

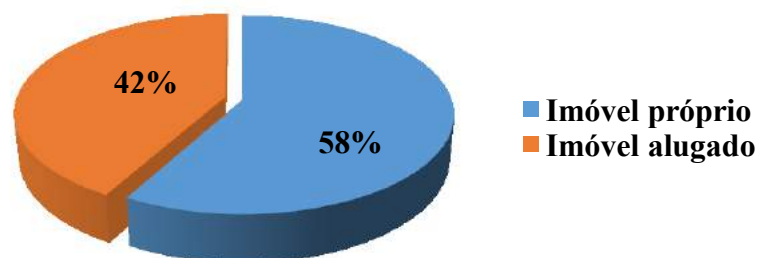
Ilustrada na Figura 34, a renda dos participantes ficou distribuída da seguinte maneira: 3% disseram que a renda total de sua família é menos de um salário mínimo; 77% de um a três salários mínimos; 16% de quatro a seis salários mínimos; 3% de sete a nove salários mínimos; e 1% alegou que a renda total de sua residência fica na faixa de dez a doze salários mínimos.



**Figura 34:** Renda dos entrevistados

Fonte: Autoria própria, 2019

Com relação a casa (ou imóveis no caso de estabelecimentos comerciais) onde estão estabelecidos serem próprias: 58% indicaram que sim ao passo que os outros 42% informaram que não (Figura 35).

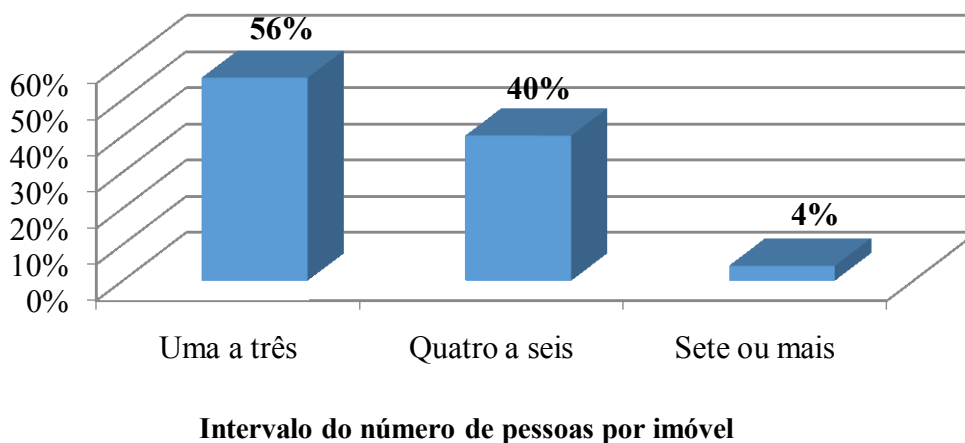


**Figura 35:** Situação de propriedade dos imóveis dos entrevistados

Fonte: Autoria própria, 2019

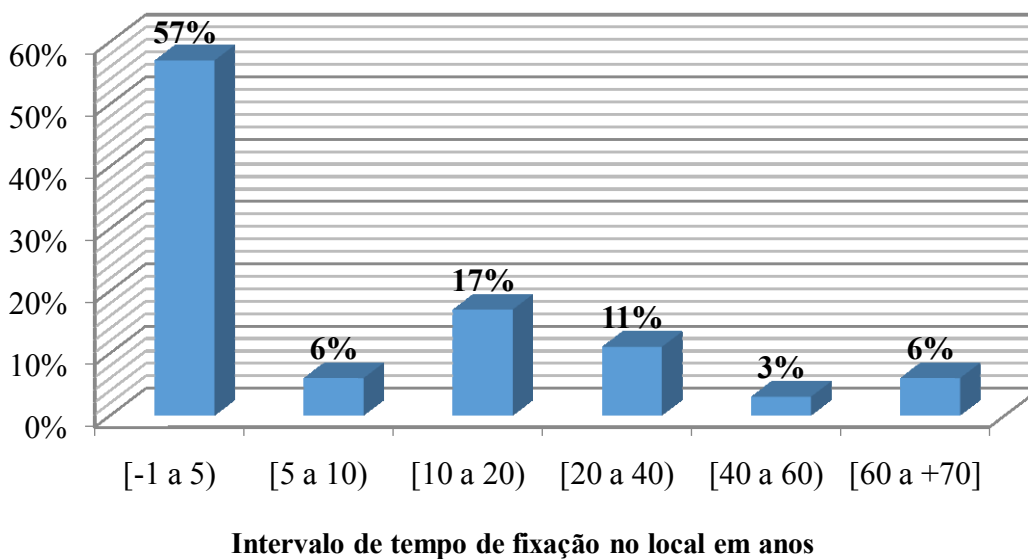
Imanente ao total de moradores por casa ou de trabalhadores por estabelecimento comercial as respostas foram distribuídas da seguinte forma: 56% responderam de uma a três pessoas; 40% de quatro a seis pessoas; e 4% de sete pessoas acima (Figura 36). Já o tempo de

residência onde vive (ou implantou seu comércio no caso dos empreendimentos), variou de menos de um ano até mais de 70 anos (Figura 37).



**Figura 36:** Número de pessoas por imóvel (residencial ou comercial)

Fonte: Autoria própria, 2019



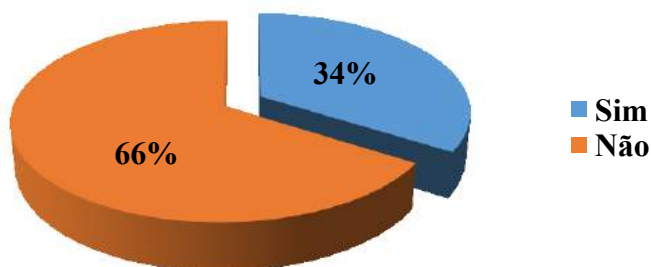
**Figura 37:** Tempo de fixação no local (residência ou empreendimento)

Fonte: Autoria própria, 2019

Na classe de frequentadores/utentes do Açude Grande (“U”), representada na Figura 38, dos 35 respondentes, 34% afirmaram morar nas proximidades do lago<sup>12</sup> enquanto que os outros 66% informaram não morar próximo, o que demonstra que as margens do reservatório

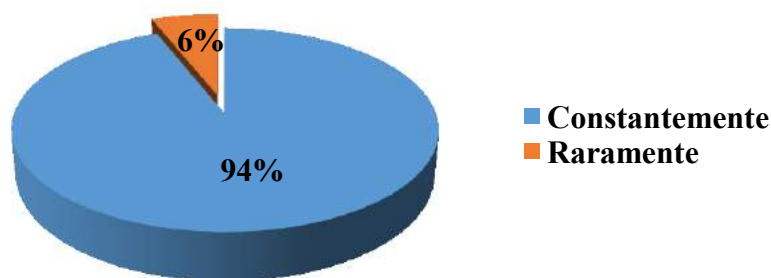
<sup>12</sup> Foram consideradas “residências próximas” aquelas que distavam até 100 metros da margem do Açude Grande, condição previamente informada aos entrevistados.

são visitadas por pessoas provenientes de diversos pontos da cidade; a Figura 39 indica que 6% disseram raramente visitar o açude ao que 94% asseveraram o frequentar constantemente em intervalos que vão de diariamente a, pelo menos, uma vez por mês (Figura 40).



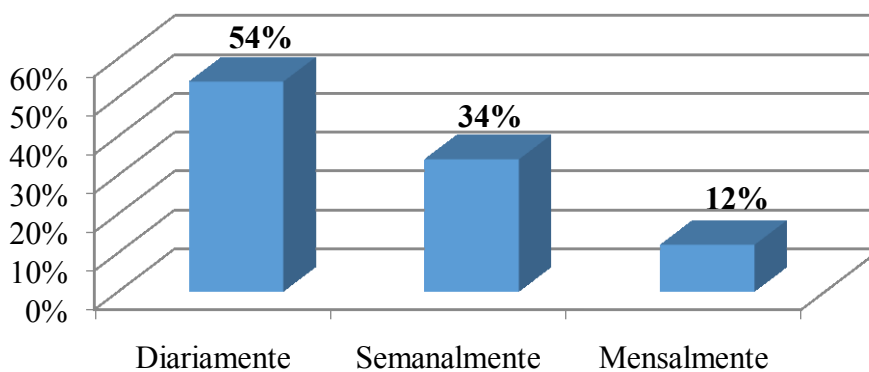
**Figura 38:** Resultado da pergunta sobre residir nas proximidades do Açude Grande

Fonte: Autoria própria, 2019



**Figura 39:** Resultado da pergunta sobre frequência de visita ao Açude Grande

Fonte: Autoria própria, 2019

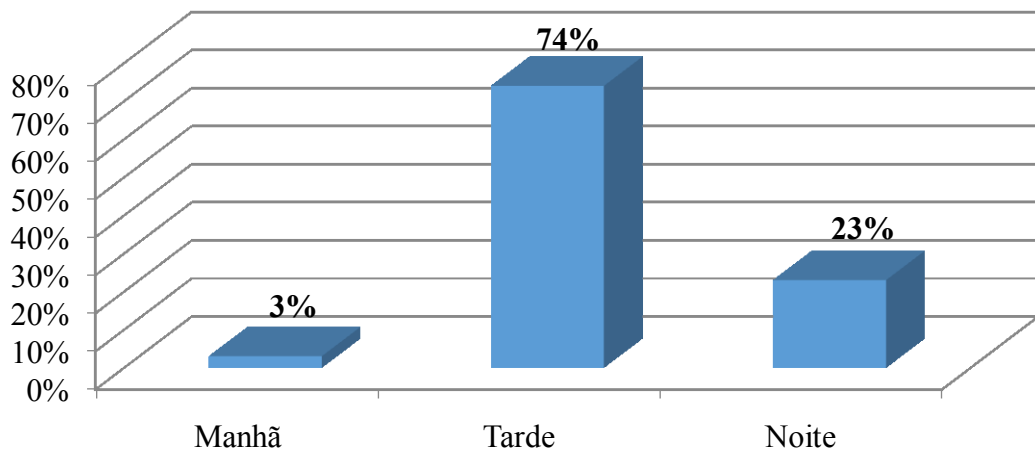


**Figura 40:** Intervalo de frequência de visita ao Açude Grande

Fonte: Autoria própria, 2019

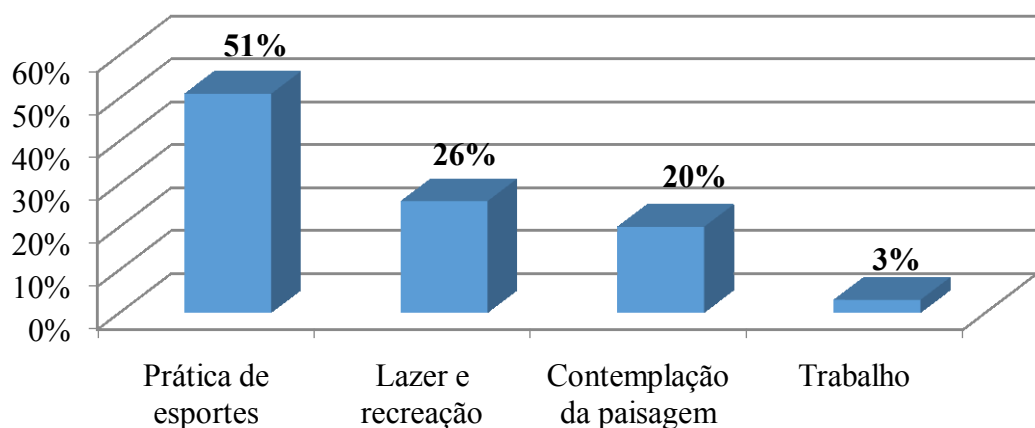
A Figura 41 deixa cristalino que o turno de visita ao lago mais comumente informado foi o da tarde (74%) ficando a noite em segundo lugar (23%) e, por último, a

manhã (3%). As finalidades de visitação, em conformidade com a Figura 42, ficaram entre prática de esportes (51%), lazer e recreação (26%), contemplação da paisagem (20%) e trabalho (3%).



**Figura 41:** Turno em que mais visita o Açude Grande

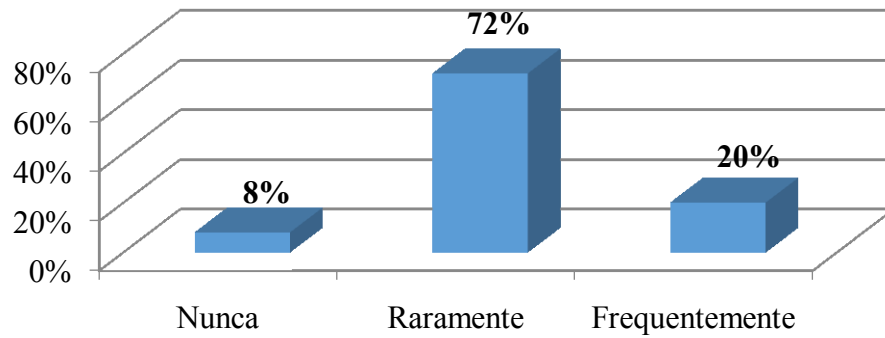
Fonte: Autoria própria, 2019



**Figura 42:** Finalidade das visitas mais comuns ao Açude Grande

Fonte: Autoria própria, 2019

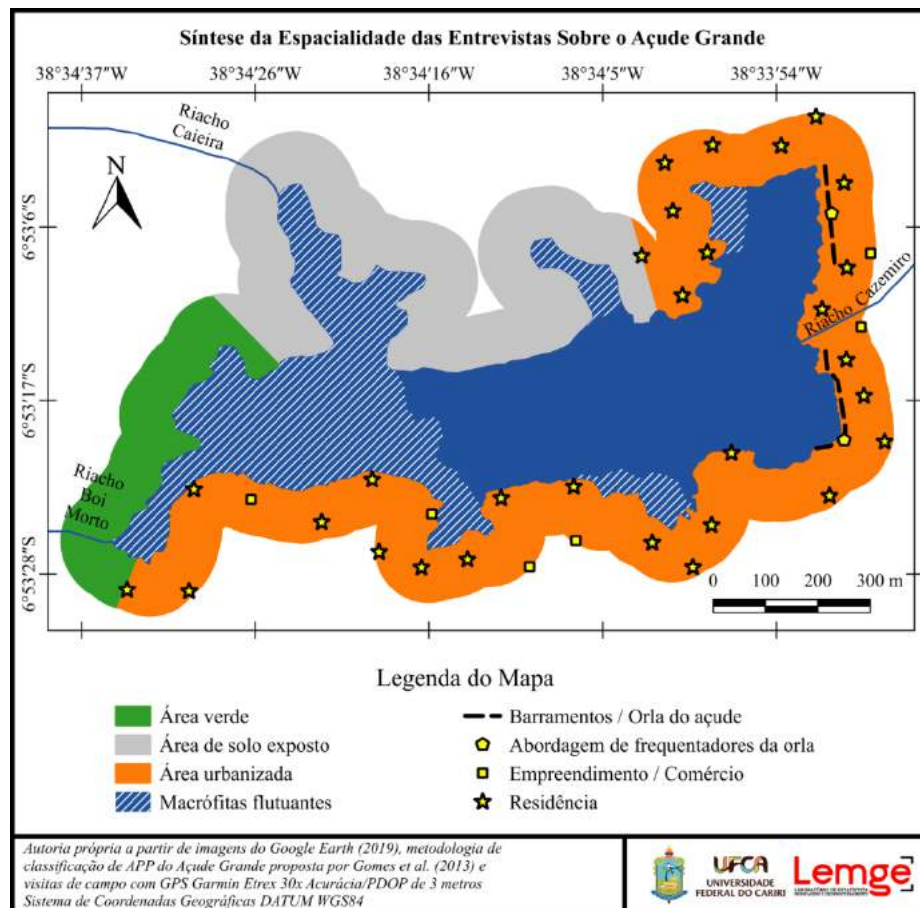
Todos os entrevistados alegaram que suas residências e/ou imóveis e prédios comerciais possuem água encanada da rede pública de fornecimento da Companhia de Água e Esgotos da Paraíba – CAGEPA, dos quais 8% relataram nunca terem problemas com falta de abastecimento; 72% disseram que é raro ter problemas com abastecimento, embora aconteça; e 20% alegaram ter problemas frequentes com a falta d'água (Figura 43) o que indica que, se portador de água potável, o Açude Grande poderia auxiliar na constância de abastecimento para esse grupo de pessoas.



**Figura 43:** Resultado da pergunta sobre desabastecimento de água nos imóveis dos entrevistados

Fonte: Autoria própria, 2019

Com a finalidade de melhor ilustrar essa fase da pesquisa, a Figura 44 demonstra a espacialidade dos pontos de coletas de informações aludidos.



**Figura 44:** Síntese da espacialidade das entrevistas sobre o Açude Grande

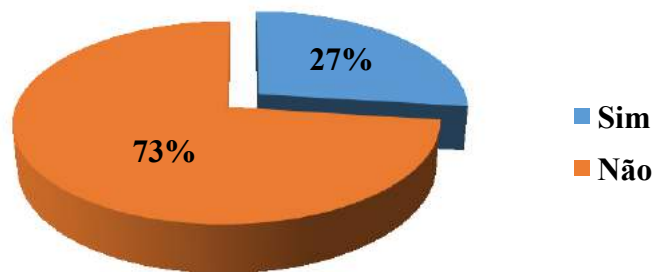
Fonte: Autoria própria, 2019

Para se compreender e discutir melhor os resultados das entrevistas decidiu-se agrupar as perguntas comuns entre as classes, o que acabou gerando dois itens distintos: “entrevistas com a população” e “entrevista com representante da prefeitura municipal”, os quais estão

postos nos subtópicos a seguir.

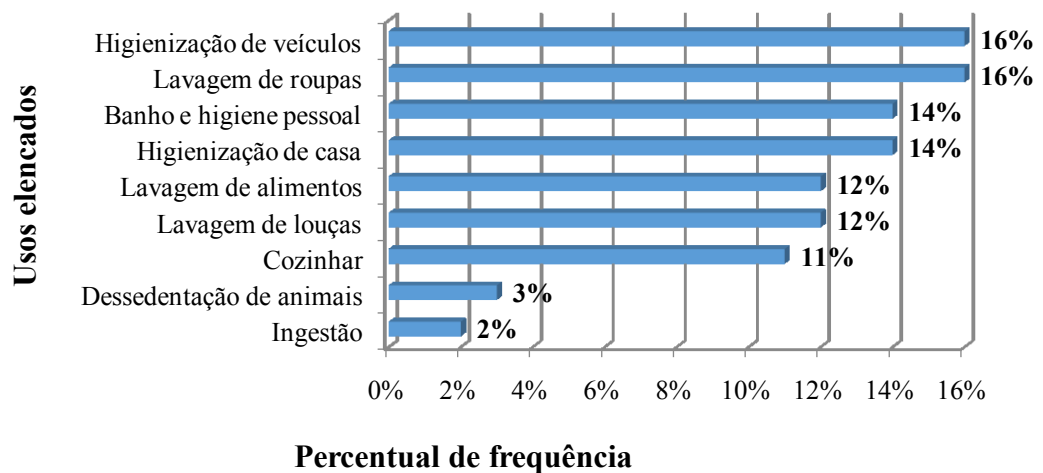
### 5.2.2 Entrevistas com a população

No tocante ao questionamento sobre o uso da água do reservatório, 73% das pessoas revelaram que nunca a utilizaram enquanto que o restante (27%) revelou que fez usos diversos (Figura 45), sendo exemplos: lavagem de roupas e louças, dessedentação animal, higienização da casa ou de veículos, para banho ou, em último caso, utilidades mais nobres como lavagem de alimentos, cozinhar, ou mesmo ingerir (Figura 46).



**Figura 45:** Resultado do questionamento sobre já ter utilizado a água do Açude Grande

Fonte: Autoria própria, 2019



**Figura 46:** Frequências dos tipos de uso evidenciados durante as entrevistas

Fonte: Autoria própria, 2019

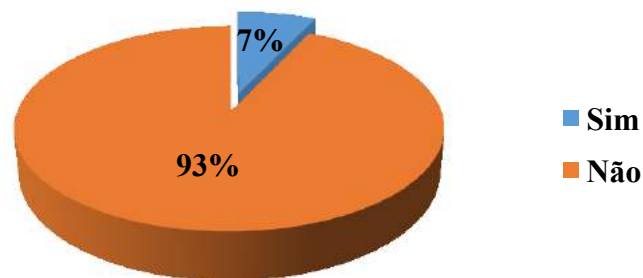
É interessante ressaltar que a tendência de respostas afirmativas para usos foi diretamente proporcional à idade do entrevistado, ou seja, quanto mais elevada a idade, maiores as chances de resposta positiva o que pode estar relacionado às lembranças, dos



participes, do período em que o açude ainda não recebia grande carga de efluentes, sendo importante registrar que, informalmente, os respondentes mais velhos relatam que até o início da década de 1960 era comum o poder público disponibilizar vigilantes para ficarem nos arredores do reservatório a fim de que estes prevenissem agressões ao manancial tais como: banho (de pessoas e animais) e lavagem de roupas dentro do lago.

Tal zelo das autoridades locais, à época, corroborava com o que preconiza a “Certidão de Entrega do Açude Grande pelo Governo Federal ao Governo Estadual” (Anexo E) haja vista que referido documento, datado de 1916, os recomenda a “manter sempre esta obra de serventia pública nas melhores condições de conservação como atualmente se acha”.

Todos os que utilizaram a água no passado, ou ainda a utilizam no presente, relataram não se lembrar de ter sentido qualquer mal-estar por esse motivo: 7% alegaram que ainda a usam para atividades menos nobres como, por exemplo, lavagens de veículos; ao passo que 93% destes alegam não usufruir mais do manancial (Figura 47), o que denota temor a respeito de que a sua fruição, na atualidade, possa acarretar algum problema de saúde, em virtude da não existência de monitoramento de sua qualidade.



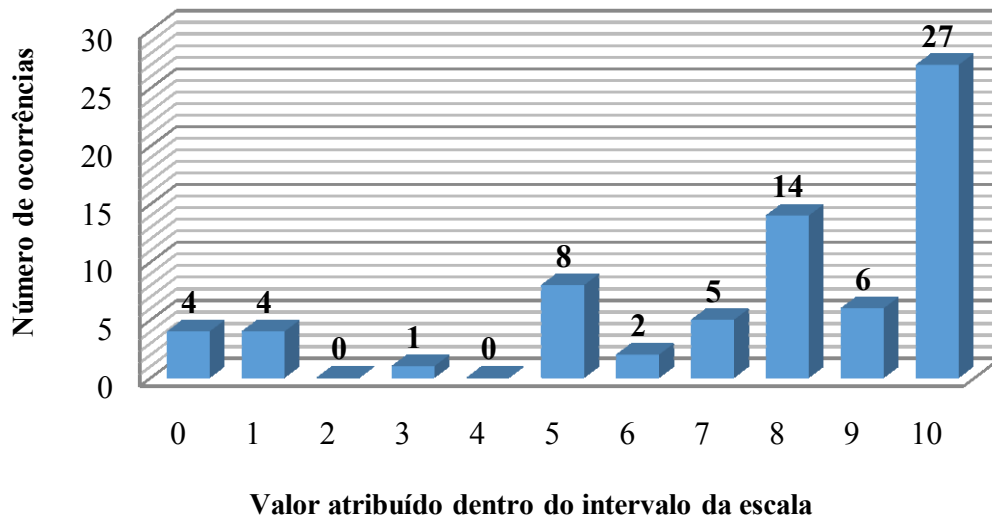
**Figura 47:** Resultado da pergunta sobre atualmente ainda utilizar a água do Açude Grande

**Fonte:** Autoria própria, 2019

Referido dado concorda com o que dizem Duarte, Baratella e Paiva (2015) ao lembrar que o mecanismo mais lembrado de transmissão de doenças efetuada por veiculação hídrica é o do consumo direto “por meio do qual um indivíduo sadio ingere água que contenha componente nocivo à saúde e a presença desse componente no organismo humano provoca o aparecimento de doença”.

Outro questionamento, sobre o risco de utilização da água hoje, foi enquadrado na

técnica conhecida como escala do tipo Likert (DALMORO; VIEIRA, 2013, p. 163), no qual foi pedido que os entrevistados atribuíssem valores de 0 a 10 onde zero representa risco nulo e 10 o risco extremo. As respostas variaram de acordo com os dados da Figura 48.



**Figura 48:** Risco de utilização da água do açude onde 0 é nulo e 10 é risco extremo

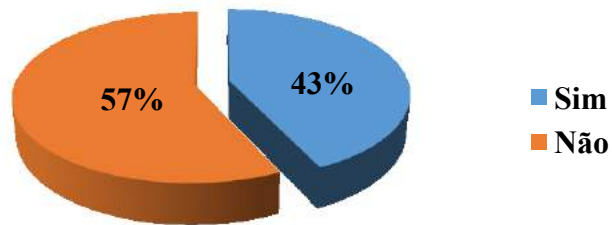
Fonte: Autoria própria, 2019

Os resultados apresentados na Figura 48 evidenciam que há tendência entre os entrevistados de acreditar que a água do Açude Grande apresenta grande perigo para usos diversos, sendo relevante alertar que, propositalmente, a pergunta não discriminava quais “tipos de usos” seriam esses, o que exigia dos atores uma ponderação pessoal antes de se atribuir qualquer juízo de valor.

Como na pergunta anterior, a idade também tendeu a influenciar nos dados desse questionamento, já que, em relação aos valores atribuídos, quanto mais longevos os entrevistados, mais baixas as notas de risco escolhidas. Esse fato pode estar novamente relacionado ao saudosismo que alguns sujeitos da pesquisa aparentaram nutrir pelo manancial, visto suas lembranças de tempos em que ele ainda era um dos principais meios de abastecimento dos cidadãos.

Ao serem questionados sobre algum odor (mau cheiro) emanado do açude, 57% dos entrevistados relataram que sentem algum tipo de odor ruim vindo do reservatório, enquanto que os outros 43% responderam negativamente (Figura 49). A alta variabilidade para as respostas dadas a essa pergunta pode ser explicada pelo tempo de proximidade do pesquisado,

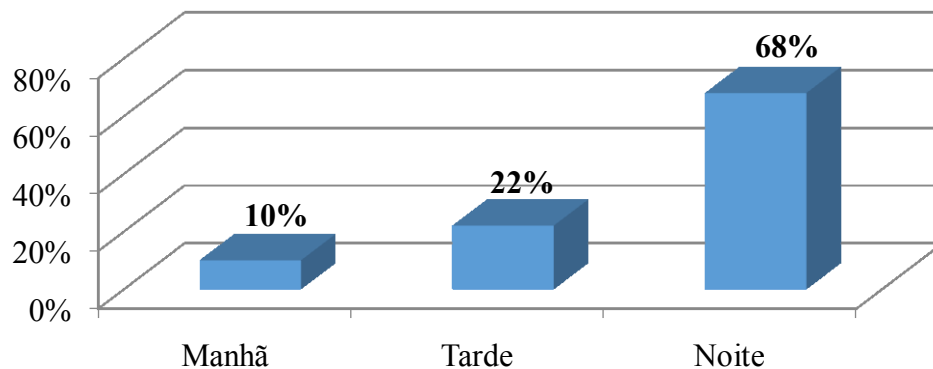
ao longo do dia, com o manancial, cabendo lembrar que 50% deles eram frequentadores da orla oriundos de várias partes de Cajazeiras, enquanto os outros 50% tratavam-se de moradores ou proprietários e trabalhadores de empreendimentos fixos nas cercanias do lago.



**Figura 49:** Resultado do questionamento sobre sentir odores oriundos do Açude Grande

Fonte: Autoria própria, 2019

Para aqueles que afirmaram sentir mau cheiro oriundo do reservatório também foi questionado o horário em que esse odor era mais evidente, assim, 10% responderam que no período da manhã, 22% no período da tarde e, a grande maioria, isto é 68%, o relacionaram ao período noturno conforme ilustra a Figura 50.

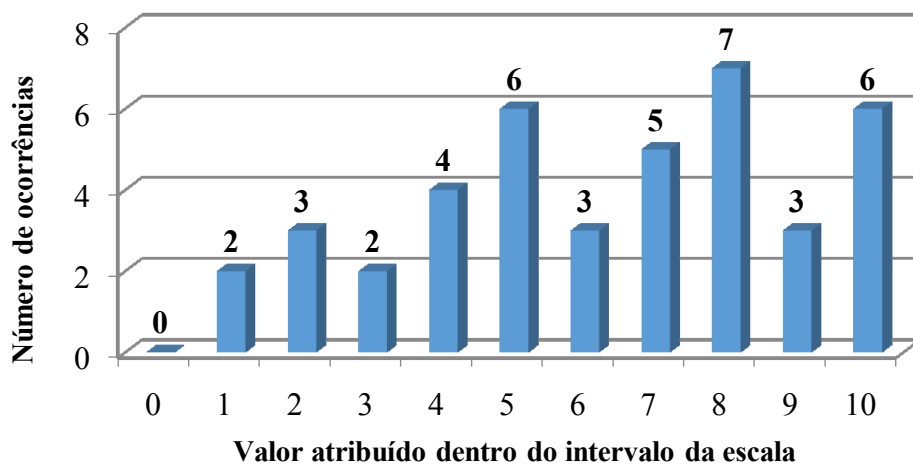


**Figura 50:** Resultado da pergunta sobre horário que sente odor mais forte vindo do Açude Grande

Fonte: Autoria própria, 2019

Esse resultado parece estar intimamente ligado a dois fatores: 1 - no período da noite o processo de convecção da água pode fazer com que sejam liberados os gases provenientes das atividades microbiológicas dos estratos mais profundos do lago (ESTEVEZ, 1998); e 2 - o período noturno é aquele em que mais pessoas se encontram nas suas residências, podendo ser considerado “horário de pico”, fato que pode contribuir para a produção de mais águas residuárias tendo em vista que, conforme Sperling (2005), até 80% das águas que entram nos sistemas de abastecimento retornam na forma de esgoto.

Ainda para aqueles que responderam positivamente à pergunta sobre sentirem maus odores do Açude Grande, também foi solicitado uma atribuição de nota, dentro da escala do tipo Likert com valores de 0 a 10 em que zero representa o mínimo mau cheiro e 10 sendo insuportável. A Figura 51 apresenta esse resultado demonstrando que, para estes, o odor exalado pelo reservatório tende ao insuportável.



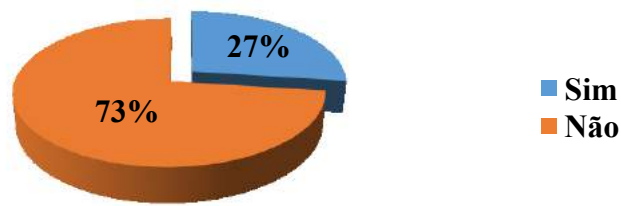
**Figura 51:** Mau cheiro vindo do Açude Grande onde 0 é mínimo e 10 é insuportável

**Fonte:** Autoria própria, 2019

No quesito sobre a história do Açude Grande, das 70 pessoas interpeladas, apenas 5 (o que equivale a 7% do total) disseram conhecer um pouco, e dessas somente uma falou com maior precisão e segurança acerca do ano de construção do manancial.

Referido desconhecimento histórico ajuda a explicar a negligência com o “Epitácio Pessoa”, coadunando com o que apregoam Horta, Grunberg e Monteiro (1999, p. 4) ao considerarem que “o conhecimento crítico e a apropriação consciente pelas comunidades do seu Patrimônio são fatores indispensáveis no processo de *preservação sustentável* desses bens, assim como no fortalecimento dos sentimentos de *identidade e cidadania*”.

A pergunta seguinte, sobre achar importante ser feito algum trabalho de revitalização no açude, apresentou unanimidade: 100% dos entrevistados responderam que sim e justificaram que a água poderia ser usada para lazer, prática de esportes náuticos, banho e, até mesmo, para pesca, abastecimento e consumo. Na mesma temática, ao serem instados sobre conhecerem algum trabalho de recuperação do reservatório 73% responderam que não e, apenas 27%, responderam que sim (Figura 52).



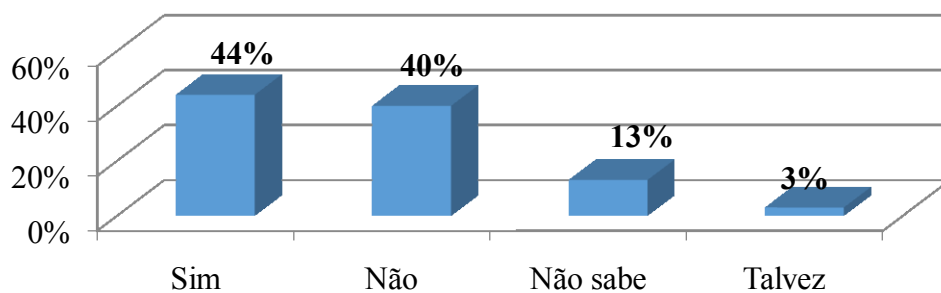
**Figura 52:** Resultado da pergunta sobre conhecer algum trabalho de revitalização do Açude Grande

**Fonte:** Autoria própria, 2019

Os que responderam conhecer algum trabalho de recuperação do Açude Grande relacionaram sua resposta às atividades de urbanização do entorno por parte da Prefeitura Municipal ou às iniciativas isoladas de membros anônimos da população (cidadãos comuns).

Cabe, neste ponto, um pequeno adendo: durante os levantamentos desse estudo duas entidades foram identificadas como militantes na luta pela revitalização do lago sendo elas a AC3 (Associação dos cajazeirenses e cajazeirados do Ceará), agremiação registrada e com CNPJ (Cadastro Nacional da Pessoa Jurídica) ativo (Anexo G) que já realizou, inclusive, concursos de projetos com o propósito de apresentá-los às autoridades locais para que sejam executados no intuito de melhor aproveitar e requalificar o açude; e o Fórum Açude Grande, um coletivo sem fins lucrativos que conta com diversos atores da comunidade cajazeirense que, também, visa à realização de atividades que possam contribuir e conscientizar a população sobre a importância do reservatório para a cidade, tanto que é seu lema “Aqui nasceu Cajazeiras!” (Anexo H).

Por fim, na pergunta sobre também se sentir responsável pela atual situação de descaso com o Açude Grande, foram manifestados os seguintes resultados: 44% alegaram que sim, 40% disseram que não, 13% não souberam responder e 3% informaram que talvez (Figura 53).



**Figura 53:** Resultado do questionamento sobre se sentir responsável pela atual condição do Açude Grande

**Fonte:** Autoria própria, 2019

Dentre as justificativas prestadas para as respostas positivas, muitas pessoas alegam que, embora não agridam o manancial diretamente, não sabem, por exemplo, se seus esgotos desembocam dentro dele. Além disso, vários destes confessaram que poderiam, enquanto cidadãos, se engajar mais na luta e na cobrança para que as autoridades procedam no intuito de reverter a condição de abandono do Açude Grande. Nessa lógica, compatibilizado ao que propõe Santo Júnior (2015, p. 318), a atitude das autoridades é determinante para que as ações com esse propósito possam ser viabilizadas.

Aqueles que optaram por justificar as respostas negativas, a despeito de alegarem também não agredir o reservatório diretamente, atribuíram a “culpa” de sua atual situação a terceiros, fato que corrobora com o que coloca Xavier (2009, p. 120), já que foram citados: o poder público, empresas ou mesmo os outros moradores de Cajazeiras.

Após cada seção de entrevistas, como forma de agradecimento pela participação na pesquisa, os sujeitos eram submetidos a uma breve explicação sobre a história e a importância do Açude Grande para a cidade de Cajazeiras, no que muitos se mostravam surpresos, inclusive, ao tomarem conhecimento de que o reservatório é tombado pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico do Estado da Paraíba – IPHAEP, através de Decreto-Lei Estadual. Referida intervenção era executada somente ao término das indagações a fim de que houvesse mínima influência sobre as respostas dos entrevistados.

### ***5.2.3 Entrevista com representante da prefeitura municipal***

Realizada em 25 de julho de 2019 na sede da Secretaria de Desenvolvimento Rural e Meio Ambiente – SEDRUMA do município de Cajazeiras, a entrevista com representante da Prefeitura se concentrou, basicamente, em duas perguntas: 1-Se a Prefeitura de Cajazeiras já fez, por conta própria ou em parceria com outra(s) instituição(ões), algum trabalho de revitalização do Açude Grande? Caso afirmativo, qual foi o trabalho e quando ele foi executado?; e 2-Se já existiu ou ainda existe por parte da Prefeitura algum projeto sendo desenvolvido no sentido de conscientizar a população sobre a importância do Açude Grande para a cidade de Cajazeiras, ou mesmo de alertar sobre os perigos de se utilizar das suas águas no atual estado de degradação em que ele se encontra.

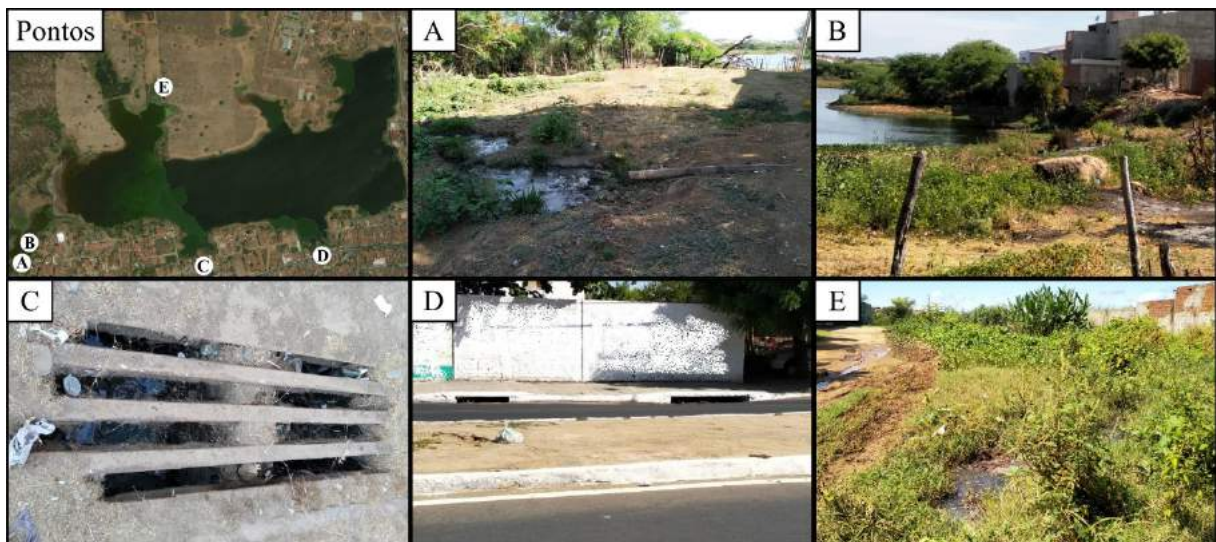
Com relação ao primeiro questionamento foi respondido que, além das obras de



Ainda sobre o primeiro questionamento, trecho importante da fala do entrevistado deixa claro que

A ideia, naquele momento [2009], era justamente uma atitude administrativa no sentido de coibir as construções que, vez ou outra, insistem em aparecer nas áreas onde ainda não há construção. A gente sabe que já há uma grande invasão dessa área, principalmente aqui, no setor sul, e como o açude é originário desde a época do surgimento dessa cidade, a cidade se desenvolveu as margens dele e aí é comum essa invasão atrelada à falta de gestão ambiental que é comum, também, nos municípios. Esse é meio que o aspecto e, de lá pra cá, a gente vem tentando, é... continuar trabalhando dentro dessa perspectiva com o objetivo principal de, enquanto gestão pública, promover um trabalho parceiro entre as Secretarias do Planejamento e [a do] Meio Ambiente [para que] a gente consiga coibir construções e futuras construções na área Norte do açude que é onde há, ainda, uma possibilidade de se proteger essa Área de Preservação Permanente (APP).

Ficou explícito, no relato do entrevistado, que a negligência ambiental das autoridades públicas ao longo dos anos terminou por descumprir a já citada cláusula de cuidado e conservação prevista na “Certidão de Entrega do Açude Grande pelo Governo Federal ao Governo Estadual” (Anexo E).



**Figura 55:** Pontos de maior agressão do Açude Grande em 2019

**Fonte:** Autoria própria, 2019

Mas ao que tudo indica se por um lado novas construções foram coibidas pela prefeitura, as agressões já existentes desde 2009 foram mantidas, conforme evidencia a Figura 55, a qual apresenta um mosaico de pontos revisitados e fotografados em dezembro de 2019.

Conforme pode se observar na Figura 55, os pontos “A” e “B” mostram esgotos *in*



*natura* lançados diretamente dos encanamentos das residências marginais, do bairro Remédios, no leito do Açude Grande, situação análoga à do ponto “E” que, por sua vez, mostra águas residuárias na mesma condição lançadas das residências do bairro João Bosco Braga Barreto.

Os pontos “C” e “D” ilustram, respectivamente, galeria pluvial e boca de lobo nos bairros Remédios e Centro que, erroneamente, foram canalizados como receptores de águas servidas de parte dessas duas localidades. Frisa-se que esses pontos (“C” e “D”) deveriam receber, unicamente, águas procedentes das chuvas o que, como registrado, não ocorre.

Além disso, rememora-se que até mesmo as chuvas, ao escoarem por meio desses canais, terminam por, através do *runoff* urbano e do *runoff* oriundo dos 6,3 km da BR-230 (Transamazônica) que cortam a microbacia de drenagem do lago, contribuir com a poluição do Açude Grande.

Quanto à segunda pergunta, transcreve-se, integralmente, a resposta que foi dada pelo servidor da SEDRUMA:

Acho que o momento que a gente vem fazendo também, por parte da Secretaria, está sendo propício para isso no sentido de que estamos elaborando o Plano Municipal de Saneamento Básico de Cajazeiras. Então, dentro desse momento já foi frisado isso. A gente já vai partir agora para o final da primeira etapa com a realização da primeira audiência para expor o diagnóstico dos dados que já foram coletados, então, por se tratar do saneamento básico, a questão do Açude Grande está totalmente relacionado, pelo lançamento inadequado de efluentes que existem nesse reservatório e está sendo também o momento em que estamos chamando a atenção da população para que eles possam compreender a importância desse movimento e dessa compreensão mesmo do que é estar lançando um efluente, um esgoto, diretamente no açude, o que configura um momento propício. O Fórum [Fórum Açude Grande] também está fazendo um grande trabalho nesse sentido da frequência das realizações de atividades para a população tomar conhecimento e o nosso trabalho tem sido esse de buscar de forma administrativa as ações que devem ser feitas em relação à proteção desse reservatório e a gente acredita que essa parceria entre Poder Público Municipal e Estadual (cada um dentro de suas competências), conseguiremos (sic) fazer um bom trabalho para o futuro de Cajazeiras.

Assim, fica claro que há, atualmente, preocupação da autoridade local com a condição assumida pelo manancial ao longo dos anos estando consignado esse direcionamento, mais uma vez, com o que apregoa Santo Júnior (2015, p. 318) ao colocar que a atitude do poder público é determinante na proposição de processos que envolvam a educação ambiental da

população, sobretudo no que diz respeito a alcançar soluções para o descarte sustentável do lixo e do esgoto.

### 5.3 Análises de laboratório das amostras da água do Açude Grande

A logística de uso dos laboratórios para as análises das amostras da água do Açude Grande foi dividida em quatro instantes: duas dedicadas às análises físico-químicas e as outras duas reservadas para as análises microbiológicas. Assim, as coletas efetivadas nas incursões de campo dos dias 22 de abril e 31 de outubro de 2019 (datas coincidentes com a passagem do LANDSAT 8 pela região de Cajazeiras), com auxílio da embarcação do 5º Batalhão de Bombeiro Militar da Paraíba (Figura 56), foram dedicadas às avaliações físico-químicas.



**Figura 56:** Embarcação do 5º Batalhão de Bombeiro Militar da Paraíba utilizada nas coletas

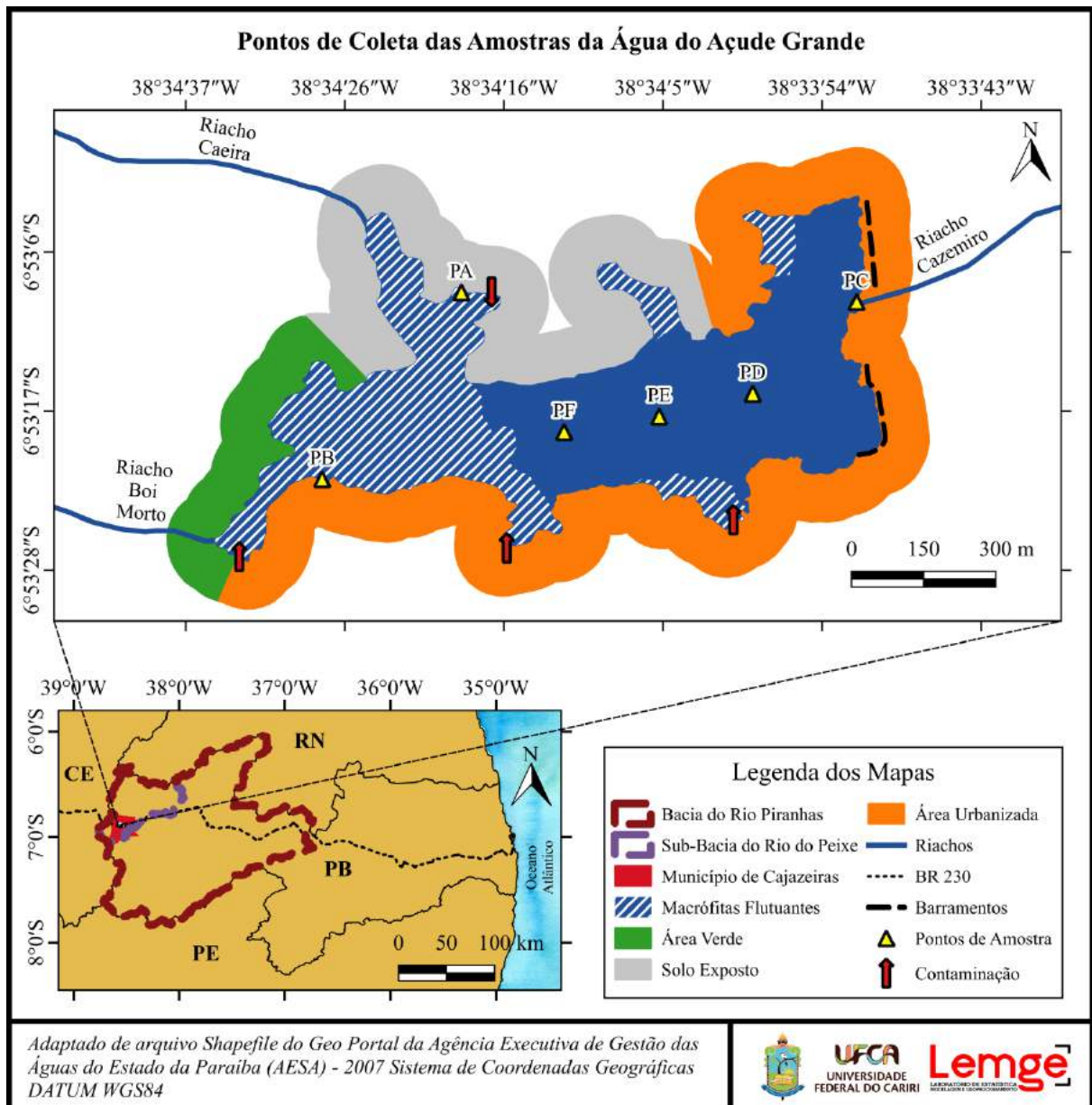
**Fonte:** Autoria própria, 2019

Já as campanhas de campo dos dias 6 de maio e 21 de outubro de 2019 tiveram suas coletas dedicadas às análises microbiológicas dos pontos “PA”, “PB” e “PC”, uma vez que são esses os locais de mais fácil acesso à água por parte da população.

Justifica-se que as coletas de amostras para as análises da água foram divididas dessa maneira por dois fatores limitadores: disponibilidade dos laboratórios e seus respectivos equipamentos, além da própria capacidade de trabalho do pesquisador no que diz respeito às metodologias empregadas, algumas das quais requerem máxima celeridade após a coleta.

### 5.3.1 Análises físico-químicas

A Figura 57 demonstra, sobretudo, a espacialidade dos pontos das coletas de amostras de água do Açude Grande e os principais pontos de flagrante de contaminação direta do reservatório.



**Figura 57:** Pontos de coleta das amostras da água do Açude Grande  
**Fonte:** AESA – Geoportail, 2018 e Gomes et al., 2013, adaptado pelo autor

O Quadro 10 sumariza os valores obtidos a partir das médias aritméticas dos resultados das análises físico-químicas dos períodos chuvoso e seco do ano de 2019, ao passo que a apresentação completa dos dados pode se encontrada nos Apêndices F e G.

MÉDIA	OD (mg/L)	Temp. (°C)	pH	C.E. (µS/cm)	Turb. (NTU)	Nitra. (mg/L)
Chuvoso	5,90	31,90	7,00	500	8,58	0,03188
Seco	7,59	34,22	7,95	1063	14,57	0,04789
MÉDIA	Nitri. (mg/L)	Cl-a (µg/L)	Sulf. (mg/L)	P Tot. (mg/L)	Cor (uC)	Secchi (m)
Chuvoso	0,00623	17,40	0,735	0,0209	114,09	0,57
Seco	0,01452	110,60	1,509	0,0373	101,04	0,34
Valor acumulado das chuvas no período chuvoso (fev., mar. e abr.): 790,40 mm (AESAs, 2019)						
Valor acumulado das chuvas no período seco (ago., set. e out.): 12,00 mm (AESAs, 2019)						

**Quadro 10:** Médias dos resultados encontrados nas análises físico-químicas dos períodos seco e chuvoso

**Fonte:** Autoria própria, 2019

Os dados apresentados no Apêndice F, referentes à primeira coleta físico-química, indicam que o valor mínimo de Oxigênio Dissolvido (OD) foi encontrado no ponto “PD” (4,46 mg/L), este resultado, assim como o maior valor do Fósforo Total (P Tot.), identificado no ponto “PB” (0,0343 mg/L), e a Clorofila-a (de 26,35 µg/L) encontrada no ponto “PE” inserem as águas do Açude Grande na Classe 3 das dentro das águas doces da Resolução 357/2005 (CONAMA, 2005).

Embora à Classe 3 seja permitido o uso direcionado: ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; à pesca amadora; à recreação de contato secundário; e à dessedentação de animais, conforme preconiza a resolução supramencionada, é importante destacar que seria necessária uma maior gama de análises afim de se classificar mais corretamente a água estudada dentro deste normativo, o que poderia enquadrá-la na quarta e última classe, que é a mais restrita.

A segunda coleta para as análises físico-químicas, detalhada no Apêndice G, apresentou os seguintes valores para essas mesmas variáveis mencionadas: Oxigênio Dissolvido mínimo de 5,00 mg/L no “PA”; Fósforo Total (P Tot.) máximo de 0,0475 mg/L nos pontos “PE” e “PF”; e 526,88 µg/L máximo de Clorofila-a, também no “PA”.

É importante ressaltar que o valor altamente discrepante da Clorofila-a apresentada no ponto “PA”, durante a segunda coleta, não aparenta representar a real condição do reservatório durante o período seco, haja vista que o segundo valor máximo encontrado se trata do ponto “PB”, que apresentou um resultado de 79,55 µg/L para a mesma variável, sendo a média aritmética de todos os pontos, excetuando-se “PA”, 27,34 µg/L de Clorofila-a.

Nesse sentido é muito provável que a proximidade entre o ponto de coleta e o

lançamento de esgoto doméstico *in natura* tenha exercido forte influência nesse dado, uma vez que é esse um dos principais fatores responsáveis pelo aumento desenfreado na produção primária dos ambientes lacustres o que termina por acarretar o seu desequilíbrio (ESTEVEES, 1998).

Para a variável turbidez, os pontos “PA” e “PB” foram os que apresentaram maiores valores no período chuvoso (respectivamente, 13,7 e 25,1 NTU). Essa disparidade provavelmente se deve ao fato de que os referidos pontos se encontram justamente nas entradas principais do reservatório e o período de chuva, presumivelmente, carrou materiais vindos da porção oeste da sua bacia tais como silte, argila, sílica, colóides além de, certamente, contar com a presença de matéria orgânica e inorgânica que contribuíram com o aumento da turbidez (UFRRJ, 2019).

Ainda sobre os dados de turbidez da primeira coleta, estudo realizado por Silva (2012), por meio de experimento em parcelas de terra, indicou que áreas utilizadas para cultivo apresentam grande suscetibilidade à erosão. Esse fato também explica, em parte, a cor escurecida de tom avermelhado apresentada nos pontos citados, vista à forte influência da zona rural de Cajazeiras na porção ocidental da microbacia do Açude Grande conforme ilustra a Figura 58, que mostra áreas rurais identificadas através do Cadastro Ambiental Rural (CAR) do município.

Na segunda coleta, ocorreu pequena inversão de valores de NTU já que os pontos “PA” e “PB” registraram, respectivamente, 9,55 e 6,08 enquanto que as demais amostras (de “PC” até “PF”) indicaram uma variação entre 15,10 e 19,50 NTU o que pode ser justificado pelo fato de que, no período mais seco, com a diminuição das chuvas, não há carreamento de matéria nas entradas principais do reservatório o que, gradativamente, diminui sua turbidez nesses pontos.

Para os demais locais amostrados, o aumento de NTU pode ser explicado pelo vento, que nesse caso específico, sopra no sentido longitudinal (leste-oeste), combinado com o aporte de esgoto oriundo de vários bairros de Cajazeiras no lago, o que termina por influenciar diretamente nessa variável (ESTEVEES, 1998).

A variável Condutividade Elétrica (C.E) está diretamente relacionada à quantidade de íons dissolvidos na água e diversos fatores podem influenciar no seu resultado tais como: a



A esse respeito o valor médio do sulfeto na primeira coleta foi de 0,735 mg/L e na segunda apresentou-se com 1,509 mg/L. Esta variável está diretamente ligada com o odor relatado por várias pessoas durante a fase das entrevistas.

De acordo com a portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde, íons como nitrato e nitrito tem os teores máximos permitidos na água de, respectivamente, 10 mg/L e 1 mg/L. Nesse caso embora em ambas as coletas as taxas desses elementos estejam dentro dos padrões permitidos, estes tratam-se de substâncias tóxicas que podem ser prejudiciais à saúde humana e animal sendo oriundas de diversas fontes como: fertilizantes agrícolas, rochas ígneas e decomposição de plantas e animais (EMBRAPA, 2019).

Em conformidade com as informações da EMBRAPA (2019), o nitrato é transformado em nitrito através de processos químicos de redução e isso ajuda a explicar porque a quantidade tolerável do segundo é menor do que a do primeiro. Além disso, destaca-se que as concentrações médias dos dois indicadores foram maiores no período seco (nitrato 0,04789 mg/L e nitrito 0,01452 mg/L) do que no período chuvoso (nitrato 0,03188 mg/L e nitrito 0,00623 mg/L) o que sugere que a diminuição do volume da água do Açude Grande provocou um aumento de suas concentrações.

Antes de se aplicar a técnica da Análise de Componentes Principais (PCA), todos os parâmetros físico-químicos foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk (UFRGS, 2019) para averiguar se seguiram uma distribuição normal, isto é com  $p\text{-value} \geq 0,05$ .

Os resultados indicaram que na primeira coleta (período chuvoso), apenas a turbidez apresentou valores irregulares e, portanto, não correspondentes a uma distribuição normal de dados, ao passo que, na segunda coleta (período seco), mais variáveis se apresentaram fora de uma distribuição normal, a saber: Condutividade Elétrica (C.E), Clorofila-a, Sulfeto e Cor Verdadeira.

O emprego do teste de Shapiro-Wilk evidenciou a alta variabilidade dos dados entre os períodos avaliados e embora se tenha observado que em nenhum deles houve uma completa normalidade na distribuição dos escores brutos dentre as variáveis estudadas, de acordo com Mingoti (2005), não há empecilho para o uso da Análise de Componentes Principais.

Ao aplicar-se a PCA, no *software* estatístico *Past* (HAMMER et al., 2001), após a normalização dos dados realizados no *R Statistical* (2018), os eixos principais gerados, tanto

para o período chuvoso quanto para o seco, foram os seguintes (Quadro 11):

	CHUVOSO		SECO	
	EIXO 1	EIXO 2	EIXO 1	EIXO 2
<b>OD_mg</b>	0,24000	-0,08369	-0,33970	0,15710
<b>Temp</b>	0,37030	-0,11830	0,22760	-0,11270
<b>pH</b>	0,12660	-0,32200	-0,32450	0,27030
<b>C.E.</b>	0,14190	-0,42480	0,30940	0,34360
<b>Nitra</b>	0,29210	0,38620	0,02144	0,60930
<b>Nitri</b>	0,41640	0,03278	0,33750	-0,18810
<b>Cl_a</b>	-0,29770	0,23570	0,21640	-0,49060
<b>Turb</b>	0,20330	0,49530	-0,33890	-0,10220
<b>Sulf.</b>	0,32550	0,27030	0,32680	0,28200
<b>P (Tot)</b>	-0,31200	0,39940	-0,35310	-0,10050
<b>Cor</b>	0,42080	0,10590	0,35250	0,15540
<b>% de Explicação da Variabilidade</b>	47,66	25,67	69,13	19,16

**Quadro 11:** Eixos gerados para a realização de análise de PCA

**Fonte:** Autoria própria, 2019

Destaca-se que as 11 (onze) variáveis utilizadas nessa análise foram: Oxigênio Dissolvido (OD\_mg), Temperatura (Temp), Potencial Hidrogeniônico (pH), Condutividade Elétrica (C.E.), Nitrato (Nitra), Nitrito (Nitri), Clorofila-a (Cl\_a), Turbidez (Turb), Sulfeto (Sulf.), Fósforo Total (P\_(Tot)) e Cor Verdadeira (Cor).

Não foram utilizados dados das análises microbiológicas (CT, CTT e *E. Coli*) pelo fato destas terem sido aplicadas, apenas, nos pontos “PA”, “PB” e “PC”. Da mesma maneira, a transparência de Secchi (disco de Secchi) não foi utilizada por ter sido aplicada somente nos pontos mais centrais e profundos do reservatório (“PD”, “PE” e “PF”).

O resultado obtido permite observar quais, no universo das variáveis estudadas, são aquelas que foram responsáveis pela máxima explicação da variação de dados nos componentes do período chuvoso (47,66% no Eixo 1 e 25,67% no Eixo 2) e do período seco (69,13% no Eixo 1 e 19,16% no Eixo 2).

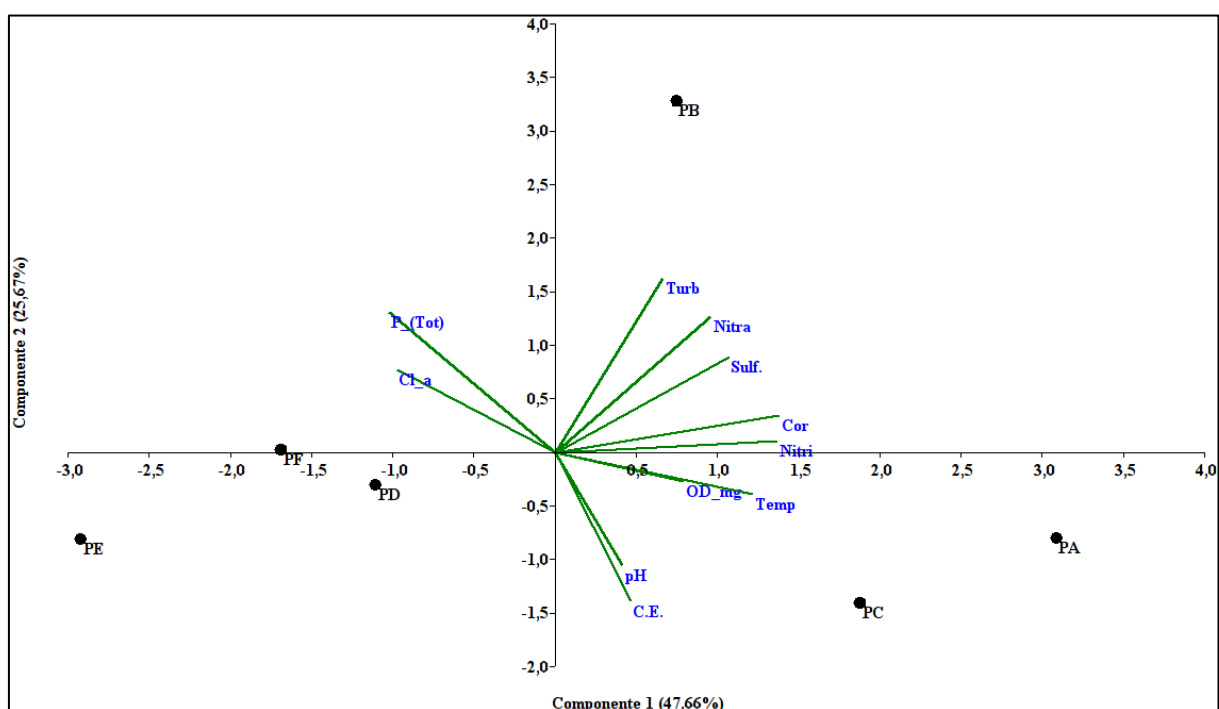
Uma vez gerados os eixos dos componentes principais, esses valores também podem ser dispostos num diagrama de dispersão, chamado de gráfico no estilo *biplot*, a fim de mostrar o relacionamento entre os casos condicionados pelas variáveis medidas (BERNARDI, et al., 2009).

Segundo Silva e Benin (2012, p. 1405) o método *biplot* foi desenvolvido para



“representar graficamente resultados de análise de componentes principais ou de decomposição de valores singulares, no qual o valor de cada elemento de uma tabela de dupla entrada pode ser visualizado pelo produto de vetores e pelo co-seno do ângulo entre dois vetores”.

Deste modo, os gráficos *biplots* construídos ainda no programa *Past* (HAMMER et al., 2001), ao posicionar os pontos de coleta de acordo com o peso dos componentes na sua composição, indicam que tanto no período seco (Figura 59) quanto no período chuvoso (Figura 60) o ponto “PB” foi o mais suscetível às variações de ambos os eixos gerados.



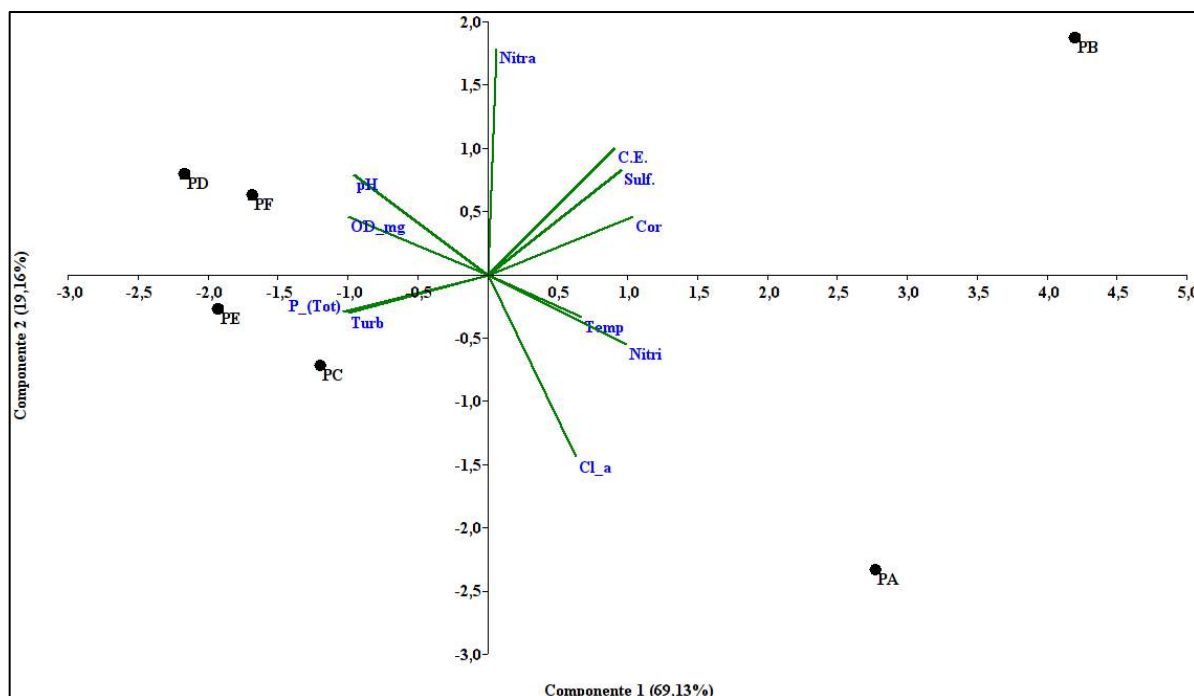
**Figura 59:** Gráfico *biplot* do período chuvoso

**Fonte:** Autoria própria, 2019

A Figura 59 e a Figura 60 também indicam que o ponto “PA” apresentou características semelhantes nos períodos chuvoso e seco, sendo diretamente influenciado pelas variáveis de maior peso na composição do Eixo Componente 1, em ambos os períodos, o que o torna o segundo ponto mais suscetível à variabilidade dos dados ficando atrás, apenas, do ponto “PB”.

Os vetores que dizem respeito às variáveis analisadas, representados na cor verde, nos dois gráficos, ficam mais próximos dos pontos que apresentaram a maior variabilidade. A título de exemplo podemos citar a Clorofila-a (Cl\_a) durante o período seco que apresentou

um valor muito discrepante no ponto “PA” (526,88 µg/L), enquanto que o ponto “PB” apresentou o segundo maior valor para esta variável (79,55 µg/L).



**Figura 60:** Gráfico *biplot* do período seco

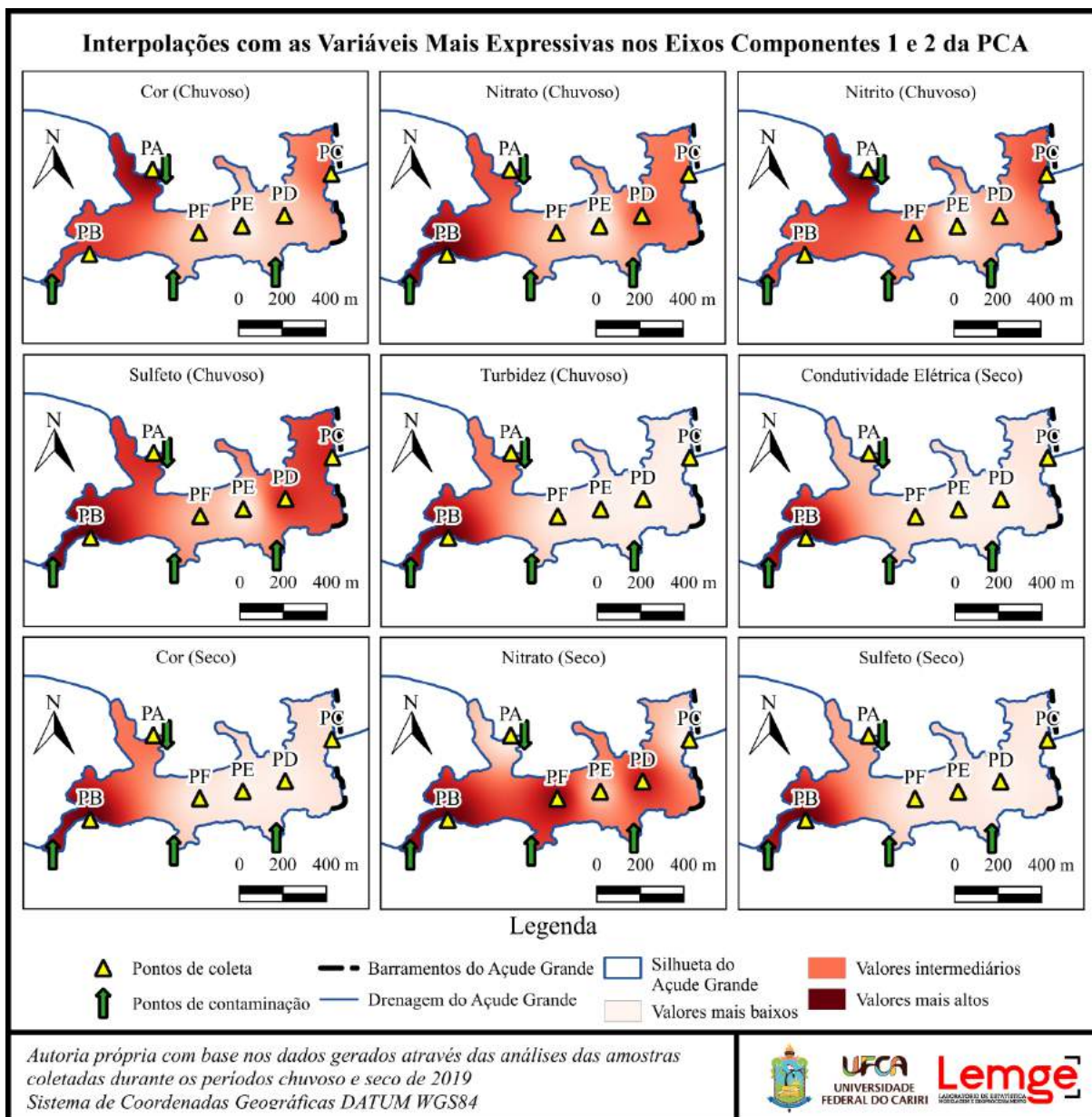
Fonte: Autoria própria, 2019

Observa-se que, durante o período chuvoso (Figura 59) os pontos mais centrais do reservatório (“PD”, “PE” e “PF”) tenderam a se agrupar em uma região do gráfico que demonstra uma menor suscetibilidade entre os Eixos Componentes 1 e 2.

No entanto, durante o período seco (Figura 60), apenas os pontos “PC” e “PE” apresentaram baixa suscetibilidade a ambos os componentes enquanto que todos os outros pontos amostrais apresentaram maior influência entre o Componente 1, 2 ou em ambos, o que denota mudança na dinâmica do lago e, também, uma piora nos seus indicadores de qualidade quando comparados os períodos seco e chuvoso.

Construída através da função de interpolação do *software* QGIS (2016), a Figura 61 ilustra as variáveis mais expressivas tanto para o Eixo Componente 1 quanto para o Eixo Componente 2, em ambos os períodos avaliados (seco e chuvoso).

Frisa-se que a escala qualitativa apresentada na referida ilustração, que varia entre “valores mais baixos”, “valores intermediários” e “valores mais altos”, é arbitrária e se refere somente à amplitude individual de cada variável analisada.



**Figura 61:** Interpolações com as variáveis mais expressivas nos eixos componentes 1 e 2 da PCA

**Fonte:** Autoria própria, 2019

### 5.3.2 Análises microbiológicas

As análises microbiológicas referentes a Coliformes Termotolerantes (CTT), Coliformes Totais (CT) e presença ou ausência de *Escherichia Coli* (*E. Coli*), como mencionado, foram realizados nos pontos “PA”, “PB” e “PC” em campanhas de campo realizadas nos dias 6 de maio e 21 de outubro de 2019.

A opção por realizar essas análises somente nos pontos amostrais localizados às margens se deve, principalmente, ao fato de que são essas as áreas de mais fácil acesso por

parte da população o que potencializa as possibilidades de uso da água face à sua retirada a partir deles.

Os resultados obtidos nas análises microbiológicas, juntamente com as coordenadas geográficas, datas e horários das coletas das amostras estão sintetizados logo adiante no Quadro 12.

<b>Coleta do dia 06 de maio de 2019</b>						
<b>PONTO</b>	<b>Lat. (S)</b>	<b>Lon. (W)</b>	<b>Coleta (h)</b>	<b>CTT (NMP)</b>	<b>CT (NMP)</b>	<b><i>E. Coli</i></b>
<b>PA</b>	-6,885758	-38,571802	5:50	360	9300	0
<b>PB</b>	-6,889282	-38,574430	6:15	93000	2000	0
<b>PC</b>	-6,885940	-38,564350	6:00	210000	4300	0
<b>Coleta do dia 21 de outubro de 2019</b>						
<b>PONTO</b>	<b>Lat. (S)</b>	<b>Lon. (W)</b>	<b>Coleta (h)</b>	<b>CTT (NMP)</b>	<b>CT (NMP)</b>	<b><i>E. Coli</i></b>
<b>PA</b>	-6,885758	-38,571802	5:40	360	46000	0
<b>PB</b>	-6,889282	-38,574430	6:10	910	2300	0
<b>PC</b>	-6,885940	-38,564350	5:55	360	2100	0

**Quadro 12:** Resultados das análises microbiológicas

**Fonte:** Autoria própria, 2019

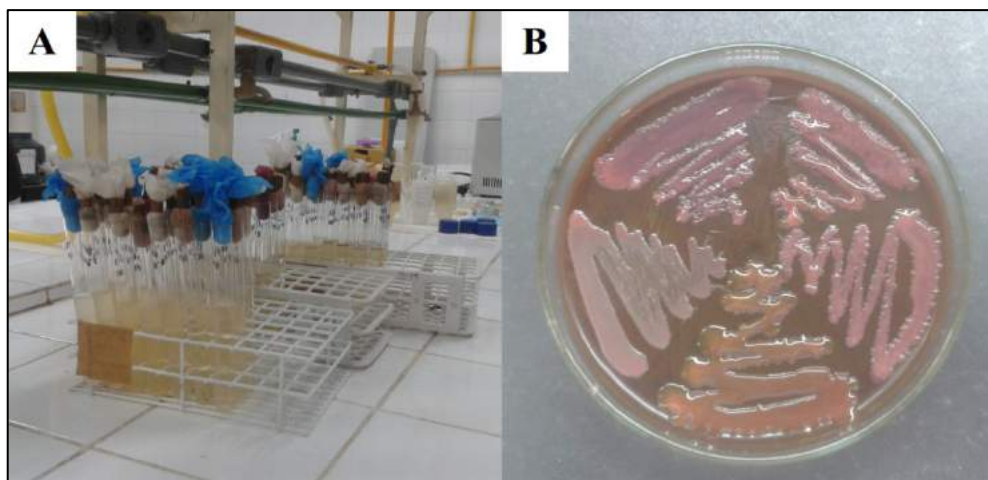
De acordo com a Portaria nº 2.914 do Ministério da Saúde (2011) a presença de CTT e CT desabilita as águas para consumo humano direto, já a Resolução 274/2000 do CONAMA (2001), citada pela Resolução 357/2005 do mesmo órgão, rege em seu Art. 2º, § 2º que “quando for utilizado mais de um indicador microbiológico, as águas terão as suas condições avaliadas, de acordo com o critério mais restritivo”.

Dispositivo semelhante também pode ser encontrado no Art. 15 da Resolução 91/2008 do CNRH e ambos sempre restringem a classificação das águas ao indicador mais crítico e, nessa perspectiva, embora alguns parâmetros estejam em conformidade com os normativos trabalhados aqui (caso do parâmetro microbiológico da *Escherichia Coli* e dos parâmetros físico-químicos de Oxigênio Dissolvido, pH, Nitrato e Nitrito) aqueles que distam dos valores máximos estabelecidos, indicam a diminuta qualidade da água do Açude Grande.

Ainda sobre o normativo 274/2000 do CONAMA, o mesmo artigo 2º, no § 4º alínea “a”, preconiza que as águas serão consideradas impróprias para balneabilidade quando o valor

obtido na última amostragem for superior a 2500 coliformes termotolerantes, ficando, assim, estabelecido o risco do uso da água do reservatório, mesmo para banho.

A presença de *Escherichia Coli* não foi positivada em nenhuma das coletas (Figura 62), no primeiro momento provavelmente por causa do período chuvoso e consequente diluição que o meio aquático proporciona. Já na segunda coleta é possível que o resultado tenha sido negativo porque, no período seco, a intensidade da luz do sol pode ser responsável por eliminar essa classe de bactérias<sup>13</sup>.



**Figura 62:** Meios “A” (para quantificação de CTT e CT) e “B” (para detecção de *E. Coli*)

**Fonte:** Autoria própria, 2019

Nesse sentido, de acordo com Amaral et al. (2006, p. 46) os raios ultravioleta do sol podem ser eficazes na eliminação dessas bactérias em águas que apresentem turbidez menor ou igual a 30 NTU, situação observada em todos os pontos amostrais e em todas as coletas (vide os Apêndices F e G). Além disso, corroboram com tais afirmações os dados de precipitação e insolação coletadas da estação 82689-São Gonçalo (INMET, 2018) previamente já postas.

### 5.3.3 Índice de Estado Trófico e degradação do reservatório

Como anteriormente mencionado, uma das formas de analisar a perda da qualidade da

<sup>13</sup> De acordo com o CONAMA (2001) a *Escherichia Coli* pertence à família *Enterobacteriaceae*, que é abundante em fezes humanas e de animais e que somente é encontrada em locais que tenham recebido contaminação fecal recente.

água de um lago ou rio trata-se do seu grau de trofia. A eutrofização de um corpo d'água se dá devido ao aumento dos níveis de nutrientes encontrados no seu interior, o que corriqueiramente amplia, caoticamente, o crescimento de algas e outras plantas aquáticas (PAULA FILHO, 2014, p. 25).

Assim, aplicando-se na fórmula e na matriz de referência proposta pelo método desenvolvido por Rolim (2016) os dados encontrados nos pontos “PD”, “PE” e “PF”, que são os locais onde foram medidas as transparências através da profundidade de Secchi juntamente com fósforo total e clorofila-a, encontram-se os respectivos resultados para os pontos elencados no período seco: 62,02; 67,05; e 62,76. Para o período chuvoso os valores encontrados para os mesmos pontos elencados foram: 75,78; 74,38; e 74,72.

Dessa forma, o Açude Grande, tanto no período seco como no período chuvoso de 2019, de acordo com a escala qualitativa do IET<sub>SA</sub>, acha-se criticamente degradado a poluído, designação qualitativa em que a variável “q” enquadra-se na faixa que vai do valor 60 ao valor 80, considerando, ainda, que a média aritmética dos resultados encontrados entre os três pontos foi de 63,94 (chuvoso) e 74,96 (seco).

Os resultados do IET<sub>SA</sub>, coadunando com a maior parte das análises físico-químicas, indicam uma leve piora da qualidade da água no período seco e embora, nos dois períodos, o índice de trofia do Açude Grande tenha permanecido na qualificação de “criticamente degradado a poluído”, no período chuvoso esteve próximo ao limite inferior dessa classe (q = 60) enquanto que, no período seco, aumentou, em média, 11 (onze) pontos na classificação, o que o aproximou do início da classe seguinte, “extremamente poluído” (q = 80).

Os dados apresentam coerência com os estudos de Rolim (2016), quando do desenvolvimento da metodologia do IET<sub>SA</sub>, uma vez que vários dos reservatórios por ela pesquisados também apresentaram leve aumento da trofia no período seco, sobretudo com a diminuição da transparência de Secchi, medida que pode ser diretamente afetada pela ação eólica a qual “pode provocar resuspensão de sedimento e detritos e também a floração de cianobactérias filamentosas” (ROLIM, 2016, p. 75).

Embora não se encontre, na literatura, avaliação de trofia do Açude Grande, estudos de Rolim et al. (2019) avaliando 6 (seis) parâmetros físico-químicos de 5 (cinco) pontos do referido reservatório para classificá-lo de acordo com a resolução 357/2005 do CONAMA o

definiram como sendo de água doce classe 4, isto é, útil apenas para navegação e harmonia paisagística.

Outra pesquisa, desenvolvida por Azêvedo et al. (2019), no Açude Grande, aplicou o *Ecotoxicological Index* (EI) no qual 10 (dez) amostras foram retiradas sendo metade da margem sul (mais impactada) e a metade da margem norte (menos impactada) com o objetivo de, através da análise e quantificação de organismos bentônicos, estabelecer como está a situação do reservatório.

Referido índice adota uma escala percentual de 0 a 100, onde zero indica sem impacto ambiental e 100 um impacto ambiental máximo, no que foi encontrado um EI de 53,85 ficando, mais uma vez, estabelecida a situação de degradação do referido lago. Esse estudo também chama atenção para a grande quantidade de macrófitas flutuantes existentes no açude como um dos indicadores da perda da qualidade de sua água.

#### **5.4 Extrapolações com o uso do Sensoriamento Remoto – SR**

Inventariadas na Figura 63, as imagens multiespectrais utilizadas nesta fase da pesquisa compreenderam um recorte temporal de 46 anos (1973 a 2019) e foram adquiridas por sensores embarcados nos satélites das missões LANDSAT 1, 5 e 8.

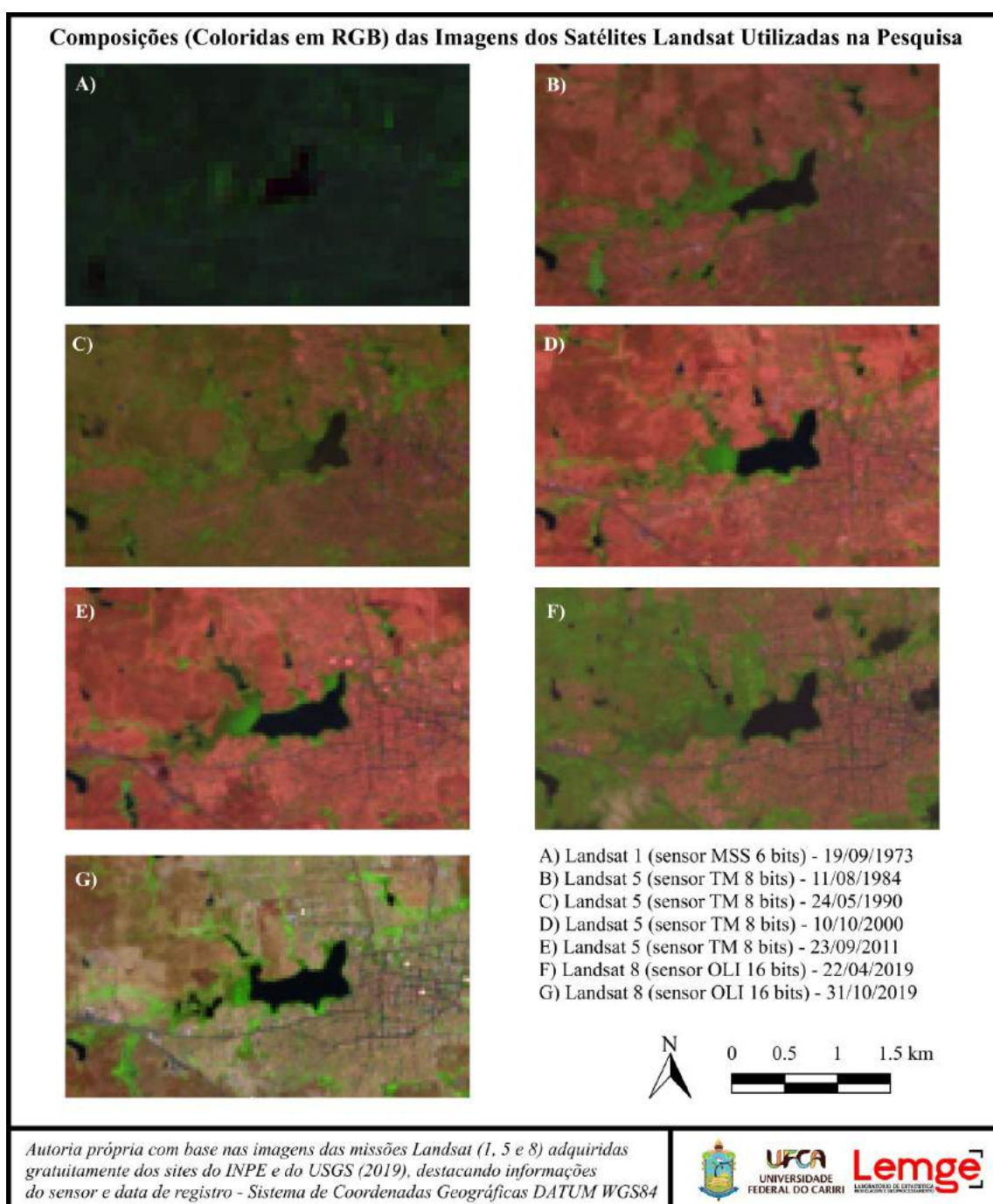
Embora a composição RGB<sup>14</sup> da imagem do LANDSAT 1 (Figura 63 “A”) não tenha tão boa nitidez como as demais (LANDSAT 5 e 8), dado às suas características técnicas com resoluções mais baixas do que as dos seus congêneres, é possível identificar que existe, desde o início da década de 1970, na porção oeste do Açude Grande, a manutenção de grande população de aguapés que, dependendo do período do ano (seco como na Figura 63 “G” ou chuvoso assim como na Figura 63 “F”), ora se retrai, ora se expande tendo em conta que esse tipo de macrófita possui um acelerado crescimento vegetativo, sobretudo regido pela maior ou menor oferta de nutrientes no lago (VALENTE; PADILHA; SILVA, 1997).

Sendo assim, percebe-se que, após quase uma década de inauguração do sistema

---

<sup>14</sup> Trata-se da coloração das bandas correspondentes às cores vermelha (*red*), verde (*green*) e azul (*blue*), conferindo, às imagem multiespectrais do satélite, tonalidades semelhantes ao que enxergam os seres humanos. Também pode ser chamada de composição falsa-cor, tendo em vista que, na realidade, os registros dos sensores são disponibilizados originalmente em tons de cinza.

adutor de Cajazeiras-PB (em 1964) alimentado pelo açude Boqueirão (Engenheiro Ávidos), o reservatório já apresentava fortes indícios de degradação muito provavelmente acarretados pela canalização de esgotos para o seu interior, já que são esses os maiores responsáveis pelo aporte artificial de nutrientes como o fósforo, por exemplo, encontrado em dejetos, de seres humanos e animais, e em produtos industrializados como fertilizantes agrícolas, detergentes e saponáceos diversos (ESTEVEZ, p. 505-507).



**Figura 63:** Composições em RGB das imagens multiespectrais das missões LANDSAT utilizados na pesquisa

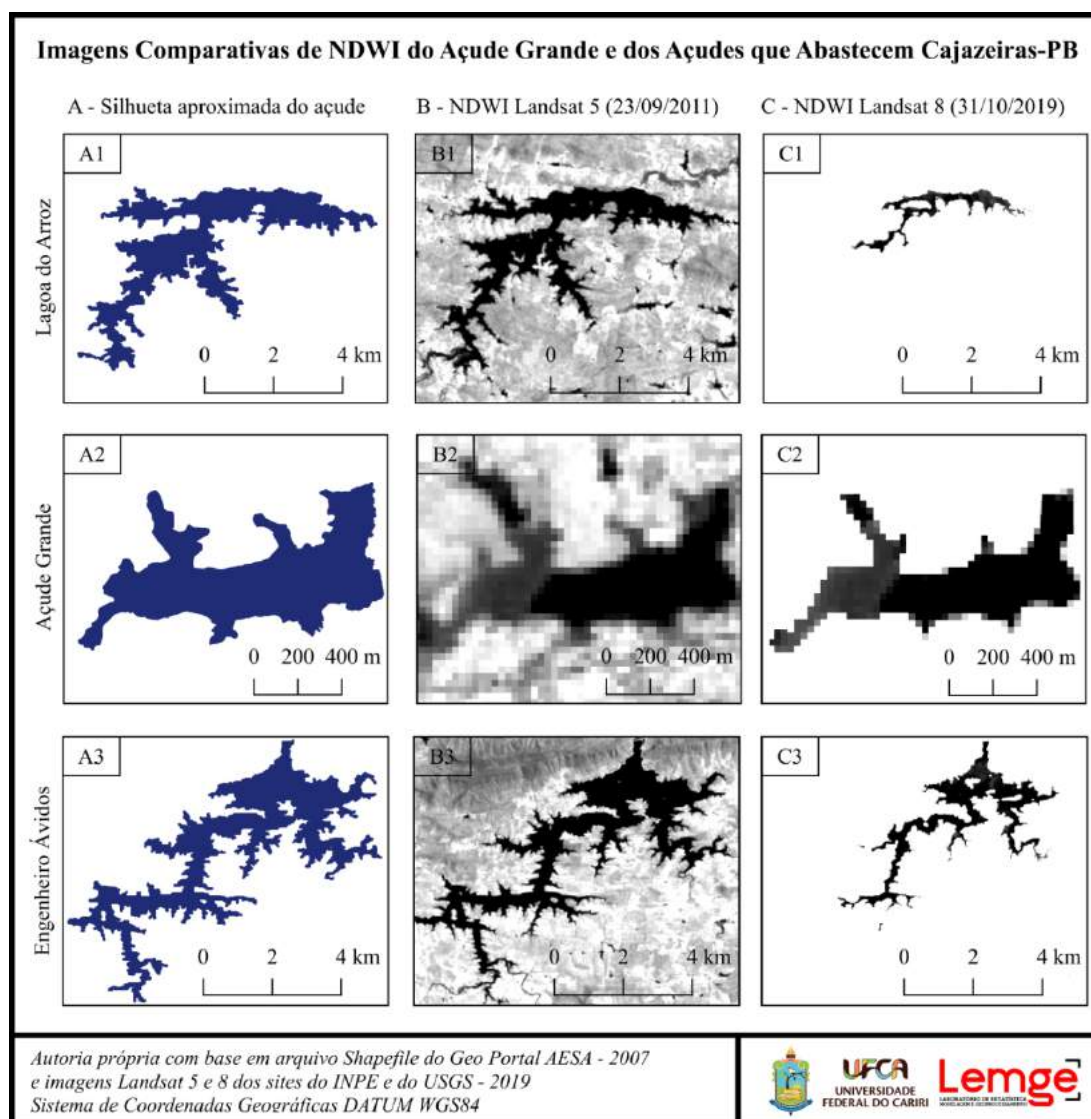
**Fonte:** Composição de autoria própria com imagens adquiridas nos sites do INPE e do USGS, 2019



Para melhor discutir o processo histórico de degradação do Açude Grande utilizando o Sensoriamento Remoto – SR, as técnicas utilizadas nessa pesquisa se concentram, basicamente, em duas: índice de diferença normalizada de água (*Normalized Difference Water Index* – NDWI); e análises das respostas espectrais das bandas das imagens equivalente às cores verdes e vermelhas, os quais serão discutidos nos próximos subitens.

#### 5.4.1 Análise utilizando o método NDWI

O processamento da técnica NDWI utilizando a ferramenta “calculadora raster” no QGIS (2016) gerou o mosaico retratado na Figura 64.



**Figura 64:** Imagens comparativas de NDWI do Açude Grande e dos açudes que abastecem Cajazeiras  
**Fonte:** Composição de autoria própria com arquivos dos sites Geo Portal (AESA), INPE, e USGS, 2019

As Figuras 64 “A1” e “A3” foram compostas com base no arquivo *shapefile* do Geo Portal da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA) e visam demonstrar a feições aproximadas dos açudes que hoje abastecem Cajazeiras-PB e outras pequenas cidades do seu entorno, a saber: Lagoa do Arroz (Figura 64 “A1”) e Engenheiro Ávidos – Boqueirão (Figura 64 “A3”); enquanto que a Figura 64 “A2” busca retratar a silhueta aproximada do Açude Grande.

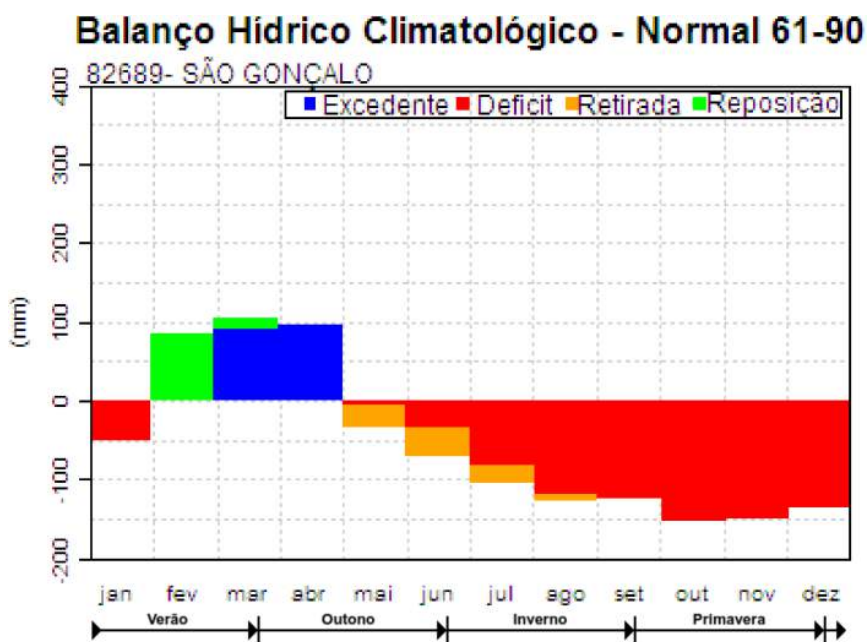
Já as Figuras 64 “B” e “C” (ambas de 1 a 3) representam, efetivamente, os resultados do NDWI, sendo toda a série “B” resultado da aplicação da metodologia sobre imagem do LANDSAT 5, registrada em 23/09/2011, quando os açudes Lagoa do Arroz e Boqueirão contavam, respectivamente com: 69,09% e 41,39% da capacidade total; enquanto isso, a série “C” se trata do resultado da aplicação do NDWI sobre a imagem do LANDSAT 8, registrada em 31/10/2019, mês em que os mesmos açudes, anteriormente mencionados, estavam com as cargas de 11,37% e 17,30% (AESA, 2019).

É importante destacar que as Figuras 64 da série “C” (de 1 a 3) apresentam melhor contraste do que as da série “B” (também de 1 a 3) devido às melhores resoluções espectral e radiométrica do sensor a bordo do satélite LANDSAT 8, que, por ser mais avançado tecnologicamente, permitiu uma melhor distinção entre o que é água e o que não é.

Outro ponto a ser reforçado é que, não se tem estimativa do volume de água do Açude Grande porque, como já colocado oportunamente em momento anterior, atualmente referido lago não é mais objeto de monitoramento restando, apenas, os registros do comportamento do seu espelho d’água como fonte de inferências sobre o seu volume.

Dessa maneira, as Figuras 64 “A”, “B” e “C”, endossadas pelos dados da AESA (2019), mostram que, enquanto os açudes principais diminuía seu volume e espelho d’água, o Açude Grande permanecia, praticamente, sem modificações.

Faz-se mister realçar que este último não conta com a contínua retirada de água para fins de abastecimento populacional e irrigação, como é o caso dos outros dois, no entanto, sofre com as mesmas consequências climáticas que assolam a porção semiárida do nordeste: a evaporação que é, também, grande responsável pela redução do volume de água dos reservatórios superficiais, fato que afeta diretamente o balanço hídrico deste perímetro, conforme ilustra a Figura 65.



**Figura 65:** Balanço hídrico climatológico - normal de 1961 a 1990

Fonte: INMET, 2018, adaptado pelo autor

De acordo com o balanço hídrico retratado na Figura 65, oriunda dos dados da estação 82689-São Gonçalo (INMET, 2018), que é a mais próxima da área de estudo em questão, os meses de déficit hídrico superam os meses de superávit, os quais ficam concentrados no início do ano.

Esse fato ajuda a reforçar a tese de que a manutenção da água do Açude Grande, além da carga recebida no período chuvoso, pode ser mantida pelo contínuo lançamento de esgotos *in natura* de parte da cidade de Cajazeiras-PB, principalmente se considerados os anos de seca que o sertão vem atravessando, mas que não foram suficientes para alterar consideravelmente a silhueta do espelho d'água do reservatório em questão.

#### **5.4.2 Análise de bandas correspondentes às cores verdes e vermelhas**

A água é um complexo alvo a ser analisado por meio das técnicas de Sensoriamento Remoto – SR, principalmente devido às suas características óticas inerentes, capacidade de diluir e transportar diversas substâncias e plasticidade que pode, por exemplo, ser influenciada pelo vento.

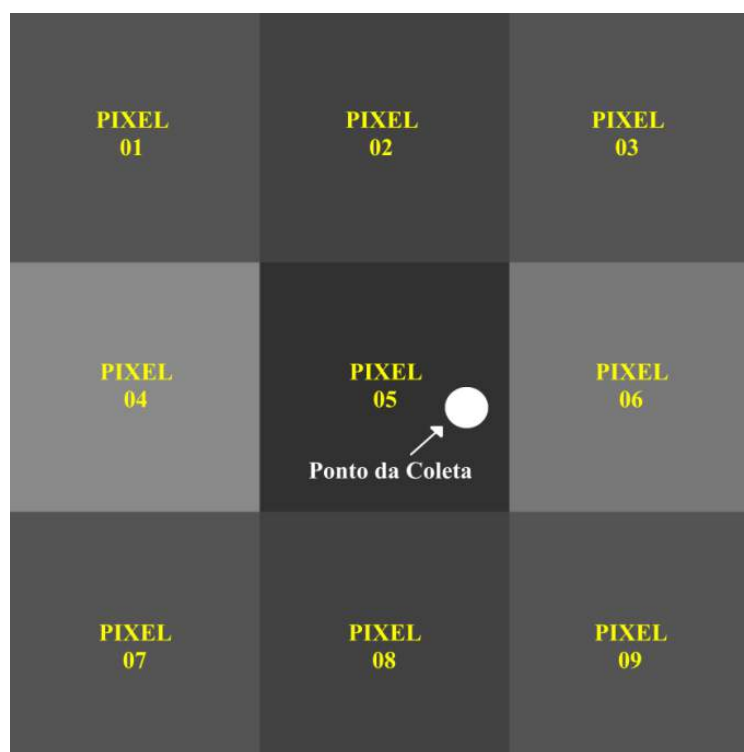
Com relação à atuação do vento, Novo (2019, p. 18) descreve que este impacta diretamente nas análises via SR dos lagos e rios, caso do Açude Grande que tem sua maior

seção no sentido leste-oeste, o mesmo no qual sopram, de maneira mais proeminente, os ventos do Estado da Paraíba.

Apesar disso, como já referenciado, muitos são os pesquisadores que se aventuram a investigar esse elemento através do SR comparando a verdade de campo com os registros dos satélites e dado que a água, para ser considerada “limpa”, necessita ter baixo índice de reflectância nas faixas de frequência correspondentes às cores verdes e vermelhas, elas foram escolhidas para serem analisadas com o intuito de se inferir sobre a perda da qualidade da água do Açude Grande em função do tempo.

A realização dessa análise levou em consideração o nível de resposta em tons de cinza que as imagens avaliadas registraram do alvo estudado, no caso o Açude Grande, nos anos de interesse, e em cada uma das bandas pretendidas (verde e vermelha) individualmente.

Baseado na metodologia proposta por Vilela (2010, p. 48-49), além dos *pixels* coincidentes com as coordenadas de onde foram feitas as coletas na parte mais central do lago (“PD”, “PE” e “PF”), todos os 8 (oito) *pixels* vizinhos a cada ponto também foram contabilizados extraindo-se, portanto, uma média aritmética dos 9 (nove) valores do local, visando minimizar os erros. A Figura 66 ilustra a técnica empregada.



**Figura 66:** Ilustração de análise de resposta espectral através dos valores registrados nos *pixels*

**Fonte:** Autoria própria, 2019

Dessa forma, a área analisada nos registros dos satélites LANDSAT 5 e 8, para cada ponto de coleta, foi de 8.100 m<sup>2</sup>, visto que a resolução espacial para os sensores desses satélites é de 30 x 30 metros. Já para o LANDSAT 1, a área analisada foi de 57.600 m<sup>2</sup>, considerando que a sua resolução espacial é menor, a saber: 80 x 80 m.

A técnica descrita gerou os dados contidos no Quadro 13, onde estão resumidas as informações obtidas dos *pixels* bem como os valores médios de resposta espectral registrados.

É importante justificar que, do satélite LANDSAT 1, apenas o ponto “PE” foi analisado por conta da característica de baixa resolução espacial do seu imageador. Coletar informações dos outros pontos, seguindo a metodologia, poderia ocasionar leituras errôneas com respostas espectrais indesejadas das margens ou fundo do lago assim como sobreposição de informações de *pixels* em comum.

Também se justifica que, na imagem do LANDSAT 5, datada de 24/05/1990, somente o ponto “PD” foi analisado porque, como pode ser observado na Figura 63, a população de macrófitas tomou, aproximadamente, dois terços do Açude Grande à época, o que impossibilitou a captação da resposta espectral da água nas demais coordenadas.

Ademais, é importante destacar que a coluna “% DE RESPOSTA ESPECTRAL” do Quadro 13, foi calculada considerando-se a quantidade máxima de combinações de tons de cinza que podem ser dadas em cada banda, a partir da resolução espectral de cada sensor do satélite. Sendo assim, destaca-se que: 6 bits possibilita 64 combinações; 8 bits possibilita 256 combinações; e 16 bits 65.536 combinações que vão do 0 (preto) ao valor máximo (branco).

Além dos fenômenos já explanados, os quais podem ser possíveis causadores de distorções nos percentuais de resposta espectral dos pontos estudados (vento, reflexos das margens ou do fundo), as diferentes resoluções radiométricas dos sensores indicados no Quadro 13 também podem ser responsáveis por disparidades entre as respostas esperadas. Tal característica pode ser a explicação para a grande discrepância entre os valores apresentados nos percentuais do LANDSAT 1 e as mais recentes.

Períodos de chuva ou de estiagem também, como já demonstrado, modificam a dinâmica do lago e, conseqüentemente, afetam sua resposta espectral, o que é possível de se constatar através do Quadro 13 uma vez que, em relação ao LANDSAT 8, tanto na banda verde quanto na banda vermelha, os valores médios de resposta aumentaram comparando-se,

justamente, os períodos chuvoso e seco.

SATÉLITE	SENSOR	BITS	DATA	BANDA	PONTO	MÉDIA DOS PIXELS	% DE RESPOSTA	MÉDIA % DOS PONTOS
LANDSAT 1	MSS	6	19/09/1973	Verde (B4)	PE	11,33	17,71%	17,71%
LANDSAT 5	TM	8	11/08/1984	Verde (B2)	PD	26,56	10,37%	10,30%
					PE	26,67	10,42%	
					PF	25,89	10,11%	
LANDSAT 5	TM	8	24/05/1990	Verde (B2)	PD	23,44	9,16%	9,16%
LANDSAT 5	TM	8	10/10/2000	Verde (B2)	PD	25,67	10,03%	9,91%
					PE	25,22	9,85%	
					PF	25,22	9,85%	
LANDSAT 5	TM	8	23/09/2011	Verde (B2)	PD	26,22	10,24%	10,45%
					PE	26,78	10,46%	
					PF	27,22	10,63%	
LANDSAT 8	OLI	16	22/04/2019	Verde (B3)	PD	7163,78	10,93%	10,86%
					PE	7091,33	10,82%	
					PF	7101,00	10,84%	
LANDSAT 8	OLI	16	31/10/2019	Verde (B3)	PD	8985,56	13,71%	13,75%
					PE	8984,56	13,71%	
					PF	9056,89	13,82%	
LANDSAT 1	MSS	6	19/09/1973	Verm. (B5)	PE	9,89	15,45%	15,45%
LANDSAT 5	TM	8	11/08/1984	Verm. (B3)	PD	24,00	9,38%	9,23%
					PE	24,00	9,38%	
					PF	22,89	8,94%	
LANDSAT 5	TM	8	24/05/1990	Verm. (B3)	PD	20,22	7,90%	7,90%
LANDSAT 5	TM	8	10/10/2000	Verm. (B3)	PD	23,44	9,16%	8,97%
					PE	22,67	8,85%	
					PF	22,78	8,90%	
LANDSAT 5	TM	8	23/09/2011	Verm. (B3)	PD	24,00	9,38%	9,77%
					PE	25,89	10,11%	
					PF	25,11	9,81%	
LANDSAT 8	OLI	16	22/04/2019	Verm. (B4)	PD	6499,11	9,92%	9,83%
					PE	6412,78	9,79%	
					PF	6412,11	9,78%	
LANDSAT 8	OLI	16	31/10/2019	Verm. (B4)	PD	7652,11	11,68%	11,33%
					PE	6837,67	10,43%	
					PF	7778,67	11,87%	

**Quadro 13:** Dados das respostas espectrais extraídas dos valores médios dos *pixels*

**Fonte:** Autoria própria, 2019

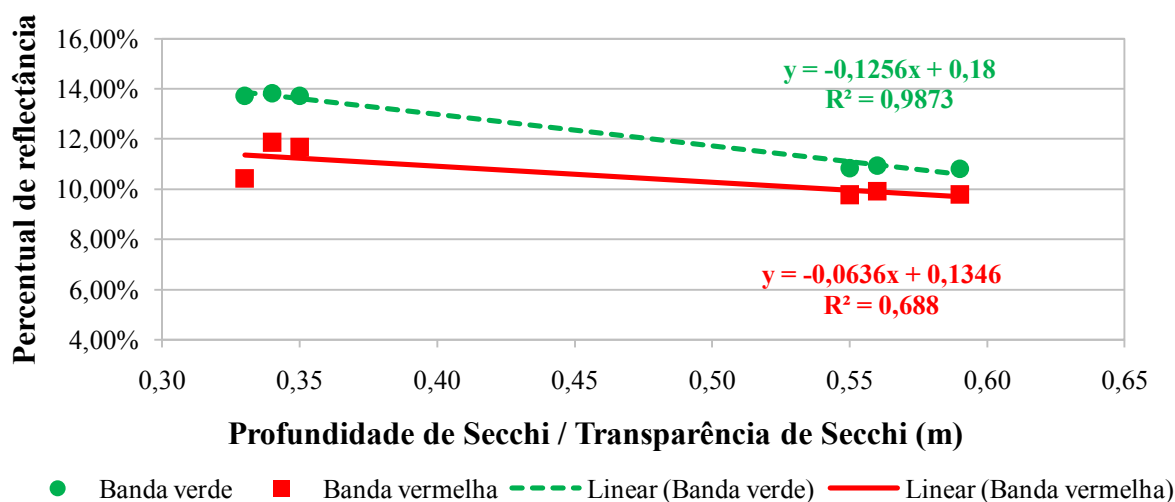
Conforme os resultados obtidos nas coletas realizadas nos mesmos períodos, e que, propositalmente, coincidem com as datas de registro do referido satélite (22/04/2019 e

31/10/2019), o valor médio de transparência de Secchi e de clorofila-a nos pontos centrais (“PD”, “PE” e “PF”) diminuíram, informação que pode ser observada no Quadro 14.

PONTO	22/04/2019				31/10/2019			
	Clorofila-a (µg/L)	Secchi (m)	Banda verde	Banda vermelha	Clorofila-a (µg/L)	Secchi (m)	Banda verde	Banda vermelha
PD	17,80	0,56	10,93%	9,92%	19,10	0,35	13,71%	11,68%
PE	26,35	0,59	10,82%	9,79%	12,90	0,33	13,71%	10,43%
PF	17,02	0,55	10,84%	9,78%	14,45	0,34	13,82%	11,87%
<b>MÉDIA</b>	<b>20,39</b>	<b>0,57</b>	<b>10,86%</b>	<b>9,83%</b>	<b>15,48</b>	<b>0,34</b>	<b>13,75%</b>	<b>11,33%</b>

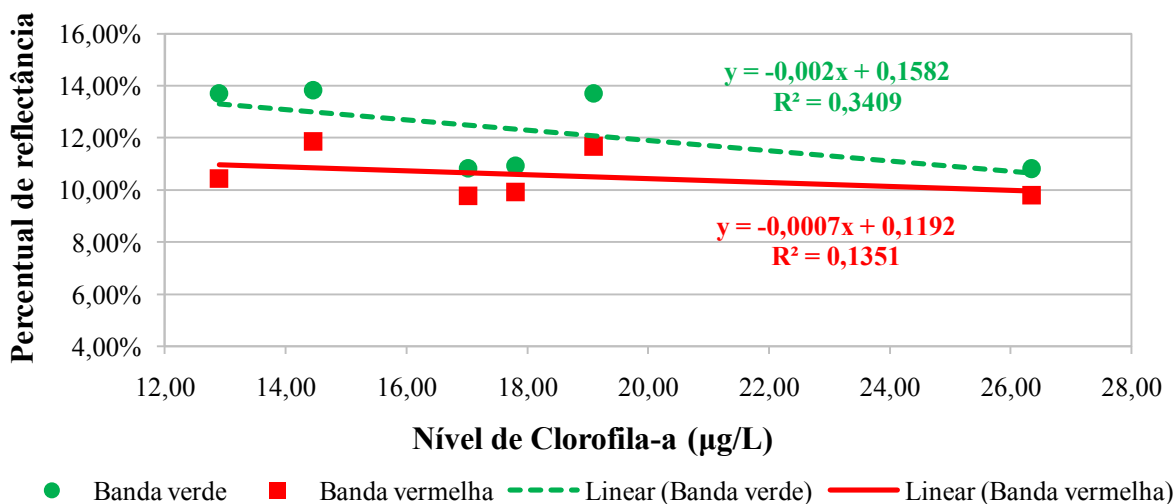
**Quadro 14:** Resumo dos resultados de clorofila-a e profundidade medida com disco de Secchi

Fonte: Autoria própria, 2019



**Figura 67:** Gráfico de dispersão transparência de Secchi versus bandas analisadas

Fonte: Autoria própria, 2019



**Figura 68:** Gráfico de dispersão clorofila versus bandas analisadas

Fonte: Autoria própria, 2019

Salienta-se que a diminuição da transparência de Secchi demonstra uma água mais turva e, conseqüentemente, uma menor penetração da luz solar na coluna d'água o que amplia o percentual de resposta ao SR.

Diante disso, a construção de gráficos de dispersão com linhas regressão demonstraram uma boa correspondência ( $R^2$ ) entre as bandas analisadas (verde e vermelha) e a variável transparência de Secchi (Figura 67), ao passo que, para a realidade do Açude Grande, a mesma técnica empregada entre as citadas bandas com a variável clorofila-a apresentaram uma não descartada, porém, baixa correlação (Figura 68).

Também submetidos ao Coeficiente de Correlação de Pearson ( $\rho$ ) no programa *R Statistical* (2018), os dados se apresentaram com a mesma coerência, sendo os resultados postos no Quadro 15.

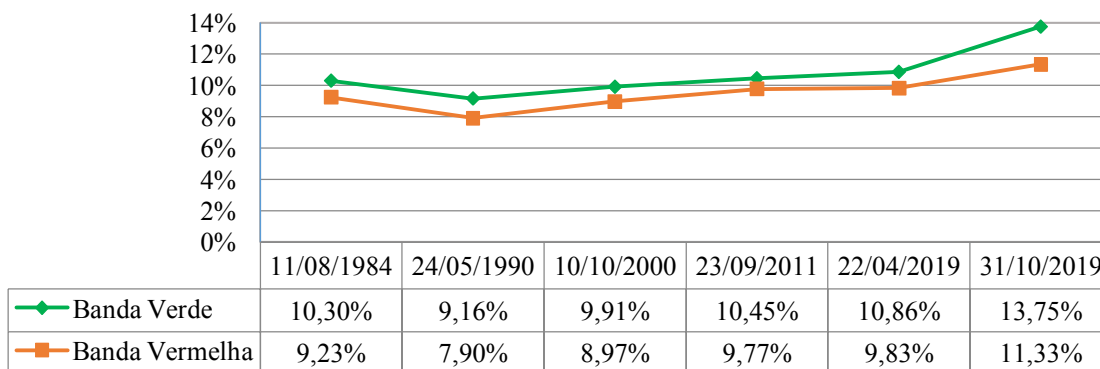
Variável	Banda	$\rho$	Designação Qualitativa
Secchi	Verde	-0,9936365	Correlação muito forte
	Vermelha	-0,8294555	Correlação forte
Clorofila-a	Verde	-0,5838242	Correlação moderada
	Vermelha	-0,3676201	Correlação baixa

**Quadro 15:** Resultado do Coeficiente de Correlação de Pearson

Fonte: Autoria própria, 2019

Uma vez estabelecida a correlação, construiu-se gráfico (Figura 69) mostrando o comportamento das respostas espectrais das bandas analisadas excetuando-se os resultados médios obtidos no LANDSAT 1 devido aos seus valores bastante discrepantes, o que pode, como já levantado, estar diretamente relacionado às suas baixas resoluções.

**Gráfico dos Percentuais de Resposta Espectral dos Pontos Estudados**



**Figura 69:** Gráfico dos percentuais de resposta espectral dos pontos estudados

Fonte: Autoria própria, 2019



O gráfico representado na Figura 69 demonstra que em 1984 os percentuais de refletância nas bandas analisadas foram maiores do que as do ano de 1990. É possível que isso tenha ocorrido porque desde 1979 até aquele ano houve um período de estiagem no Nordeste (PARAÍBA, 2011, p. 10) o que, provavelmente, piorou os dados de qualidade da água do Açude Grande através do contínuo recebimento de esgotos e nenhum aporte de água limpa.

A partir de então, o gráfico apresenta-se um pouco mais elevado a cada década o que denota a perda gradativa da qualidade de sua água e embora essa não seja uma constatação definitiva, dado o pequeno número de amostras que foi possível de se conseguir, trata-se de um indício de que de 1990 a 2019, ao passo que a população urbana se ampliou, a água desse importante lago também se degradou.

## 6 CONCLUSÕES

Embora o açude Senador Epitácio Pessoa (ou Açude Grande) seja de importante valor histórico para o Estado da Paraíba e, em particular, para a cidade de Cajazeiras, o crescimento urbano, ao longo dos anos, lhe impingiu diversas agressões.

Mesmo diante da última década de seca que o sertão nordestino atravessa, o lago vem se mantendo com relativa quantidade de água, tendo vertido (sangrado) durante os últimos anos (2017, 2018, 2019 e 2020), fato notório que leva a crer que essa regularidade volumétrica dá-se devido ao contínuo lançamento de efluentes no seu interior.

A omissão das autoridades locais por quase meio século, iniciada após a construção da adutora proveniente do açude Engenheiro Ávidos (inaugurada em 1964), permitiu a canalização de esgotos da cidade para dentro do reservatório e este fator se mostra como um dos principais responsáveis pela perda da qualidade da sua água.

Pelo método do Índice de Estado Trófico Para Reservatórios do Semiárido (IET<sub>SA</sub>), o Açude Grande apresentou-se como eutrófico e com uma designação qualitativa de “criticamente degradado a poluído” (ROLIM, 2016), tanto no período seco quanto no período chuvoso do ano de 2019. Nesse sentido, atualmente, o único uso seguro que se pode dar ao lago, de acordo com os normativos pertinentes, é o paisagístico.

Apesar da aparente abundância de água trazida pela adução do Boqueirão (Engenheiro Ávidos), o acelerado crescimento urbano de Cajazeiras-PB e da sua consequente demanda

desde então, somadas aos sucessivos anos de seca na região a qual possui elevado potencial de ser atingido por esses fenômenos (de 81% a 100% conforme dados do INSA, 2013), não permite descartar as possibilidades de novas utilidades para o Açude Grande, face ao panorama geográfico de limitação hídrica do Nordeste, que já apresenta algumas experiências com reuso de água (SANTOS JÚNIOR et al., 2013 e SILVA et al. 2018), bem como projetos de incentivos governamentais para essa finalidade (SUDENE, 2018).

Como a demanda per capita de água de Cajazeiras-PB representa 82% da média nacional (ABRANTES, 2016), fato que suscita bastante atenção, sobretudo pelo município estar, como já mencionado, localizado em área que possui sérias restrições hídricas, pressupõe-se que a boa gestão desse recurso se faz essencial para proporcionar segurança de abastecimento para a população local.

Mesmo ciente da importância da água para o perímetro semiárido, sobretudo para o interior do Estado da Paraíba, muitos moradores de Cajazeiras não se sentem responsáveis pela situação de abandono na qual Açude Grande se acha.

A maior parte dos entrevistados reconhece os perigos de se valer das águas na atual conjuntura e identificam os vários outros usos que poderiam ser dados ao lago, caso fosse despoluído. É importante destacar que grande parte da população entrevistada não se apropria da história do reservatório o que pode ser mais um dos fatores responsáveis pela sua negligência ao longo do tempo.

De acordo com as imagens de satélite, pelo menos desde a década de 1970 o açude vem sendo relegado pela população e autoridades locais (fato que descumpra os termos de sua entrega ao Estado da Paraíba) o que lhe impôs diversas agressões urbanísticas.

No entanto desde 2009 o poder público (Prefeitura Municipal) vem trabalhando com o intuito de coibir construções e novas agressões na Área de Preservação Permanente – APP do açude Senador Eptácio Pessoa.

Ainda assim, o presente estudo constatou que antigos problemas, como lançamento de efluentes e construções anteriores, dentro da APP, permaneceram, sendo de suma importância que haja, ao menos, imediata canalização desses esgotos para a estação de tratamento da cidade o que evitaria o despejo dentro do Açude Grande e o ajudaria a ter sua situação revertida tendo em vista que, de acordo com as análises realizadas, ainda não atingiu ponto

irreversível de hipereutrofização (ESTEVES, 1998).

Por fim, essa investigação realizou um apanhado histórico do açude, comparando-o com a sua atual condição, com o fito de auxiliar na compreensão do que se pode fazer para modificar e melhorar o estado no qual o manancial se encontra.

Aqui puderam ser encontradas ponderações de precípua importância para os moradores que ocupam o entorno do perímetro do lago, mas, sobretudo, para todos os habitantes de Cajazeiras, reforçando fato que acreditamos ser essencial na busca pelo desenvolvimento sustentável local: zelar pelos recursos naturais mais próximos, sobretudo quando há considerável escassez desses ditos recursos no ambiente pesquisado.

## **7 SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS**

Como sugestões para futuras pesquisas podem ser destacadas análises de água que possam contemplar mais pontos no reservatório, com uma frequência maior, além de utilização de equipamento do tipo garrafa de Van Dorn que possibilite coletar amostras de diferentes estratos do lago a fim de se aproximar, com maior precisão, do seu real estado de degradação.

Podem ser realizadas análises de metais traço, e ainda verificar a presença de metais pesados, os quais podem indicar contaminação da água não apenas através de efluentes domésticos, mas, igualmente, por fontes difusas ou mesmo efluentes industriais.

Por fim também pode ser realizado a batimetria do Açude Grande, com a finalidade de se poder calcular o seu verdadeiro volume de água atual, técnica essa que pode indicar o comportamento da erosão do entorno bem como o seu efeito na redução da capacidade volumétrica inicial do projeto do lago para, só então, aferir a viabilidade do aproveitamento de sua água para diversos fins.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

AB'SÁBER, A. N. O Planalto da Borborema na Paraíba. **Boletim Paulista de Geografia**. São Paulo-SP, n. 14, p. 55-66, 1952.

\_\_\_\_\_. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo-SP: Ateliê Editorial, 4ª ed. 2007.

ABRANTES, T. **Onde mais se consome água no Brasil**, 2016. Disponível em: <<http://exame.abril.com.br/brasil/onde-mais-se-consome-agua-no-brasil/>>. Acesso em: 12 ago. 2017.

AESA – AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS DA PARAÍBA. **Geoportal da AESA**. Disponível em <<http://geoserver.aesa.pb.gov.br/>>. Acesso em: 26 mai. 2018.

\_\_\_\_\_. **AESA Website**. Disponível em <<http://www.aesa.pb.gov.br/>>. Acesso em: 26 mai. 2018.

ALMEIDA, J. A. **O ciclo revolucionário do Ministério da Viação**. 2 Ed. Fac-símile. João Pessoa-PB: Fundação Casa José Américo de Almeida/Fundação Guimarães Duque, Coleção Mossoroense 178, 462 p. 1982.

AMARAL, L. A. et al. Uso da radiação solar na desinfecção da água de poços rasos. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo-SP, v.73, n.1, p.45-50, jan./mar., 2006

ANDRADE, V. M. Análise da relação entre disponibilidade hídrica de reservatórios e consumo per capita urbano das cidades pertencentes a bacia do Rio Piranhas-Açu. João Pessoa, PB, 2015. 77 p. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Graduação em Engenharia Civil) Centro de Tecnologia – CT, Universidade Federal da Paraíba – UFPB, 2015.

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2017**: informe anual. Brasília-DF: ANA, 169p., il., 2017.

\_\_\_\_\_. **Portal da qualidade das águas**. Disponível em <<http://pnqa.ana.gov.br/>>. Acesso em: 17 jun. 2019.

APHA – American Public Health Association; AWWA – American Water Works Association; WEF – Water Environment Federation. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 22a. ed. Washington D C. 2012.

ARRUDA, M. S. M. O espaço em construção: ocupação e usos das áreas no entorno do Açude Grande na cidade de Cajazeiras, PB. Cajazeiras-PB, 2014. 98 f. il. **Monografia de conclusão de curso** (Curso de Licenciatura em Geografia) – Centro de Formação de Professores, Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, 2014.

ASSUNÇÃO, L. M.; LIVINGSTONE, I. Desenvolvimento inadequado: construção de açudes e secas no sertão do Nordeste. **Revista Brasileira de Economia**, Rio de Janeiro-RJ, n 47 (3) p. 425-448, jul./set., 1993.

AZÊVEDO, E. L. et al. Ecotoxicological Index: indicando a qualidade ambiental de um reservatório urbano. **I Congresso Internacional de Meio Ambiente e Sociedade – CONIMAS / III Congresso Internacional da Diversidade do Semiárido – CONIDIS** (Anais), Campina Grande-PB, novembro, 2019.

BARBOSA, C. C. F.; NOVO, E. M. L. M.; MARTINS, V.S. **Introdução ao Sensoriamento**

**Remoto de Sistemas Aquáticos:** princípios e aplicações. 1ª ed. São José dos Campos-SP: INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 161p. 2019.

BARBOSA, J. C. Obras e assistencialismo no governo José Américo (1951-1956). **XXVI Simpósio Nacional de História – ANPUH** (Anais), São Paulo-SP, julho de 2011.

BERNARDI, J. V. E. et al. Aplicação da análise das componentes principais na ordenação dos parâmetros físico-químicos no alto Rio Madeira e afluentes, Amazônia Ocidental. **Geochimica Brasiliensis**, 23(1): 001-158, p. 79-90, 2009.

BONAFINI, F. C. (org.). **Estatística II**. São Paulo-SP: Pearson Education do Brasil. 258p. 2015.

BORSOI, Z. M. F.; TORRES, S. D. A. “A política de recursos hídricos no Brasil.” **Revista do BNDES** 4.8,143-166. 1997.

BRAGA, B. et al. **Introdução à engenharia ambiental:** o desafio do desenvolvimento sustentável. São Paulo-SP: Pearson Prentice Hall, 2ª ed., 318 p. il. 2005.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional / Secretaria Nacional de Saneamento. **Plano Nacional do Saneamento Básico – PLANSAB**. Brasília-DF: atualizado em 07 de março de 2019. Disponível em <[http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/Arquivos\\_PDF/plansab/Versaoatualizada07mar2019\\_consultapublica.pdf](http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/Arquivos_PDF/plansab/Versaoatualizada07mar2019_consultapublica.pdf)>. Acesso em: 24 ago. 2019.

BRENNER, V. C.; GUASSELLI, L. A. Índice de diferença normalizada da água (NDWI) para identificação de meandros ativos no leito do canal do rio Gravataí/RS – Brasil. In: **XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR / INPE, ANAIS**, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015.

CAJAZEIRAS. **Prefeitura Municipal** (site). Prefeitura realiza audiência pública sobre o Plano Municipal de Saneamento Básico na quarta-feira (31). Disponível em <<https://cajazeiras.pb.gov.br/informa.php?id=92>>. Acesso em: 24 ago. 2019.

CAMARGO SCHUBERT ENGENHEIROS ASSOCIADOS. **Atlas Eólico do Estado da Paraíba**. Campina Grande-PB: ATECEL/UFCG, 104 p.: il. mapas; 37.13cm x 29.83cm, 2014.

CAMPOS, J. N. B. Secas e políticas públicas no semiárido: ideias, pensadores e períodos. **Estudos Avançados**. 28 (82). 2014.

CAMPOS, J. N. B.; STUDART, T. M. C. Secas no Nordeste do Brasil: origens, causas e soluções. In: **Inter-American Dialogue On Water Management**, 4., 2001, ANAIS Foz do Iguaçu: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2001.

CAPES – COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR. **CAFe – COMUNIDADE ACADÊMICA FEDERADA**. Disponível em <<http://www.periodicos.capes.gov.br/>>. Acesso em: 31 mai. 2019.

CARVALHO, O. As secas e os seus impactos. In: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos - CGEE & Agência Nacional de Águas - ANA. **A Questão da Água no Nordeste**. Brasília-DF: CGEE, 2012.

CASALI, C. A. Qualidade da água para consumo humano ofertada em escolas e comunidades rurais da região central do Rio Grande do Sul. Santa Maria, RS, 2008. 173 p. **Dissertação de Mestrado** (Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo) – Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, 2008.

CESAR NETO, J. C. A crise hídrica no estado de São Paulo. **Geosp – Espaço e Tempo** (Online), v. 19, n. 3, p. 479-484, 2015.

CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos**. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. São Paulo: CETESB; Brasília-DF: ANA, 326 p. il. 2011.

CHACON, S. S. **O sertanejo e o caminho das águas: políticas públicas, modernidade e sustentabilidade no semi-árido**. Fortaleza-CE: Banco do Nordeste do Brasil, 354 p. 2007.

CLIMATE-DATA.ORG. **Clima de Cajazeiras-PB**. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/paraiba/cajazeiras-42515/#climate-graph>>. Acesso em: 18 jul. 2019.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Resolução n° 274, de 29 de novembro de 2000. Define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras. **Diário Oficial da União**, Brasília-DF, p. 70-71, seção 1. 25 de janeiro de 2001.

\_\_\_\_\_. Resolução n° 303, de 20 de março de 2002. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. **Diário Oficial da União**, Brasília-DF, p. 68, seção 1. 13 de maio de 2002.

\_\_\_\_\_. Resolução n° 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília-DF, p. 58-63, seção 1. 18 de março de 2005.

\_\_\_\_\_. Resolução n° 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução n° 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Diário Oficial da União**, Brasília-DF, p. 89-91, seção 1. 16 de maio de 2011.

CONTI, J. B.; FURLAN, S. A. Geocologia: o clima, os solos e a biota. In: ROSS, J. L. S. (org.). Geografia do Brasil. São Paulo-SP: Edusp. 4ª ed. 1ª reimp. p.67-207,2003.

COSTA, S. O. P. et al. Açude Grande: Uma Análise Socioambiental do Seu Entorno. **V Encontro Nacional da Anppas** (Anais), Florianópolis-SC, 2010a.

\_\_\_\_\_. et al. Meio ambiente e Açude Grande: um estudo de representações sociais com usuários do reservatório da cidade de Cajazeiras/PB. **V Encontro Nacional da Anppas** (Anais), Florianópolis-SC, 2010b.

CRAVEIRO, A. C.; MEDEIROS, J. B. L. P.; MENDES, R. M. S. Água e poluição. In: LUCENA, E. M. P... [et al.] **Mudanças climáticas e desenvolvimento sustentável**. Fortaleza-CE, Universidade Aberta do Nordeste, 352 p.: il. 2010.

DALMORO, M.; VIEIRA, K. M. Dilemas na construção de escalas tipo Likert: O número de itens e a disposição influenciam nos resultados? **Revista Gestão Organizacional (RGO)**, Chapecó-SC, v.6, N.3, Edição Especial Epistemologia e Métodos de Pesquisa em Administração e Contabilidade, p. 161-174, 2013.

DONCATO, K. B. et al. Parâmetros físico-químicos e biológicos de águas de tanques de estabilização. **Ciência e Natura**. Santa Maria-RS, v. 35 n. 2, p. 106-118, dezembro, 2013.

DUARTE, P. S. C.; BARATELLA, R.; PAIVA, A. S. As doenças de veiculação hídrica: Um risco evidente. In: **VIII Encontro de pesquisa em educação – III Congresso internacional trabalho docente e processos educativos**, Anais, Uberaba-MG: 22 a 24 de Setembro de 2015. Disponível em <<https://www.uniube.br/eventos/epeduc/2015/completos/53.pdf>>. Acesso em: 01 set. 2019.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Nitrato**. Disponível em <<http://www.cnpma.embrapa.br/projetos/ecoagua/eco/nitrato.html>>. Acesso em 10 dez. 2019.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. Rio de Janeiro-RJ: Interciência, 2 ed., 602 p. 1998.

FERREIRA, A. B. H. **Miniaurélio Século XXI**: o minidicionário da língua portuguesa. Rio de Janeiro-RJ: Nova Fronteira. 5ª ed. ampl. e rev., 873 p. 2001.

FIGUEIREDO FILHO, D. B.; SILVA JÚNIOR, J. A. Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson. **Revista Política Hoje**. Recife-PE: UFPE, Vol. 18, n. 1, 2009.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em Sensoriamento Remoto**. São Paulo-SP: Oficina de Textos, 3 ed. ampl. e atual., 128 p. 2011.

FRANCISCO, P. R. M.; SANTOS, D. **Aptidão Climática do Estado da Paraíba para as Principais Culturas**. Areia-PB: UFPB, 120 p.: il. 2018.

GADOTTI, M. **Educar para a sustentabilidade**: uma contribuição à década da educação para o desenvolvimento sustentável. São Paulo-SP: Editora e Livraria Instituto Paulo Freire, Série Unifreire 2, 127 p. 2008.

GARCIA, D. S. S.; GARCIA, H. S. Objetivos de Desenvolvimento do Milênio e as novas perspectivas do desenvolvimento sustentável pela Organização das Nações Unidas. **Revista**

da **Faculdade de Direito da UFRGS**. Porto Alegre-RS, n. 35, p. 192-206, vol. esp., dez. 2016.

GARCIA, J. I. B.; PAIVA, E. M. C. D. Monitoramento hidrológico e modelagem da drenagem urbana da bacia do Arroio Cancela – RS. **RBRH** – Revista Brasileira de Recursos Hídricos, vol. 11, n.4, p. 99-108, Out./Dez. 2006.

GESSINGER, H; MALTZ, C. Cinza. In: **Engenheiros do Hawaii**: Acústico Novos Horizontes. Direção: Marcelo Sussekind. Rio de Janeiro-RJ: Universal Publishing / Universal Music, *Compact Disc* – CD (60 min. 8 seg.), Faixa 8, 2007.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo-SP: Atlas, 2 ed., 206p. 1989.

GOMES, I. H. R. A. et al. Diagnostico da área de preservação permanente do açude grande no município de Cajazeiras-PB. Nota Técnica. **Revista brasileira de agrotecnologia** (Brasil), vol. 3, nº. 1, p. 1-3, 2013.

GOMES, L. **1808**: Como uma rainha louca, um príncipe medroso e uma corte corrupta enganaram Napoleão e mudaram a História de Portugal e do Brasil. 2ª reimp. São Paulo-SP, Editora Planeta do Brasil, 414 p. 2007.

HAN, L. Spectral reflectance with varying suspended sediment concentrations in clear and algae-laden waters. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**. Vol. 63, No.6, June, 701-705. 1997.

HAMMER, Ø. et al. *Past–Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis* <<https://folk.uio.no/ohammer/past/>>, v. 2.17c, 2001.

HONGYU, K.; SANDANIELO, V. L. M.; OLIVEIRA JUNIOR, G. J. Análise de Componentes Principais: resumo teórico, aplicação e interpretação. **E&S – Engineering and Science**. vol. 1, ed. 5. p. 83-90, 2015.

HORTA, M. L. P.; GRUNBERG, E.; MONTEIRO, A. Q. **Guia básico da educação patrimonial**. Brasília-DF: Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional, Museu Imperial, 1999. 58p. Disponível em: <[http://portal.iphan.gov.br/uploads/temp/guia\\_educacao\\_patrimonial.pdf](http://portal.iphan.gov.br/uploads/temp/guia_educacao_patrimonial.pdf)>. Acesso em: 01 set. 2019.

HOWARD, A. D. Drainage analysis in geologic interpretation: a summation. **American Association of Petroleum Geology Bulletin**. v. 51, n. 11, p. 2246-2259, 1967.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Noções básicas de cartografia**. Rio de Janeiro-RJ: IBGE, Departamento de cartografia, Manuais técnicos em geociências, nº 8, 130 p. il. 1999.

\_\_\_\_\_. **Brasil Cidades**, 2016. Disponível em: <[www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)>. Acesso em: 12 ago. 2017.



IFPB – INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA. **Águas do São Francisco**: educação ambiental para o uso sustentável no Estado da Paraíba. João Pessoa-PB: IFPB, 104p. il. color. 2017.

INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Clima**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br>>. Acesso em: 31 mai. 2018.

INPE – INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Divisão de geração de imagens (DIDGI)**. Disponível em <<http://www.dgi.inpe.br/>>. Acesso em: 31 mar. 2019.

INPE – INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS; CPTEC – Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. Disponível em <<http://enos.cptec.inpe.br/>>. Acesso em: 18 de jul. 2019.

INSA – INSTITUTO NACIONAL DO SEMIÁRIDO. **Sistema de gestão da informação e do conhecimento do semiárido brasileiro – SIGSAB**. Disponível em <<http://sigsab.insa.gov.br/>>. Acesso em: 26 mai. 2018.

IRPAA – Instituto Regional da Pequena Agropecuária Apropriada. **A distribuição da chuva no Nordeste**. Disponível em <<https://irpaa.org/CisternaTelaCim/MapaChuvaSAB.png>>. Acesso em: 19 de jul. 2019.

JATOBÁ, S. U. S. Urbanização, meio ambiente e vulnerabilidade social. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA (Brasil). **Boletim regional, urbano e ambiental**. n. 5, jun. 2011.

LAMPARELLI, M. C. Grau de trofia em corpos d'água do Estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento. São Paulo, SP, 2004. 235 p. **Tese de Doutorado** – Universidade de São Paulo – USP, Instituto de Biociências, Departamento de Ecologia, 2004.

LAPPONI, J. C. **Estatística usando o Excel**. Rio de Janeiro-RJ: Elsevier, 2005.

LOPES, F. B. Uso de Sensoriamento Remoto como suporte ao monitoramento da qualidade das águas superficiais da região semiárida do Brasil. Fortaleza-CE, 2013. 202 f.: il. color., 30 cm. **Tese de Doutorado** – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Engenharia Agrícola, 2013.

LOURENÇO, D. F. Avaliação do grau de degradação ambiental em rios urbanos: estudo de caso do Rio Cariús em Farias Brito-CE. Crato, CE, 2018. 114 p. il. **Dissertação de Mestrado** – Centro de Ciências Agrárias e Biodiversidade, Mestrado em Desenvolvimento Regional Sustentável, Universidade Federal do Cariri – UFCA, 2018.

MACHADO, M. T. S.; BAPTISTA, G. M. M. Sensoriamento Remoto como ferramenta de monitoramento da qualidade da água do Lago Paranoá (DF). **Engenharia Sanitária e Ambiental**. Rio de Janeiro-RJ, v. 21, n. 2. p. 357-365. abr-jun 2016.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. São Paulo-SP: Atlas, 5 ed., 312p. 2003.

MARTINS, G. A.; DOMINGUES, O. **Estatística geral e aplicada**. São Paulo-SP: Atlas, 5 ed., 2014.

MEDEIROS, S. S. et al. **Esgotamento sanitário**: panorama para o semiárido brasileiro. Campina Grande-PB: INSA, 63p. 2014a.

\_\_\_\_\_. **Abastecimento urbano de água**: panorama para o semiárido brasileiro. Campina Grande-PB: INSA, 93p. 2014b.

MENDONÇA, F. A.; DIAS, M. A. **Meio ambiente e sustentabilidade** [livro eletrônico]. Curitiba-PR: Inter Saberes. Série educação ambiental. 294p. 2019.

MI – Ministério da Integração. **Integração do Rio São Francisco**. META 3N. Disponível em <<http://mi.gov.br/web/projeto-sao-francisco/o-andamento-das-obras>>. Acesso em: 22 de ago. 2019.

MINGOTI, S. A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada**: uma abordagem aplicada. Belo Horizonte-MG: Editora da UFMG, 2005.

MOURA, M. S. B. et al. Clima e água de chuva no Semi-Árido. **Embrapa Semiárido – Capítulo em livro técnico-científico (ALICE)**, 2007.

MS – MINISTÉRIO DA SAÚDE (Brasil). **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano**. Brasília-DF: Ministério da Saúde, 212 p. 2006.

\_\_\_\_\_. Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial da União**, Brasília-DF, p. 39-46, seção 1. 14 de dezembro de 2011.

\_\_\_\_\_. Conselho Nacional de Saúde. Resolução nº 510, de 07 de abril de 2016. Dispõe sobre as normas aplicáveis a pesquisas em Ciências Humanas e Sociais cujos procedimentos metodológicos envolvam a utilização de dados diretamente obtidos com os participantes ou de informações identificáveis ou que possam acarretar riscos maiores do que os existentes na vida cotidiana. **Diário Oficial da União**, Brasília-DF, p. 44-46, seção 1. 24 de maio de 2016.

NADALIN, V.; IGLIORI, D. Espreadimento urbano e periferização da pobreza na região metropolitana de São Paulo: evidências empíricas. **EURE - Revista Latinoamericana de Estudios Urbanos e Regionales**, vol. 41, n. 124, pp. 91-111, septiembre 2015.

NOERNBERG, M. A. et al. Relação entre profundidade Secchi e fator de reflectância da água de ambientes aquáticos lênticos em Cachoeira Paulista, SP. **VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto** (Anais). Salvador-BA, INPE, p. 933-939. 14-19 abril 1996.

NOVO, E. M. L. M. Monitoramento de quantidade e qualidade da água e Sensoriamento Remoto. **XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos – SBRH** (Anais), São Paulo-SP, novembro de 2007.

NOVO, E. M. L. M. Sistemas aquáticos e continentais: Definição e Características In: BARBOSA, C. C. F.; NOVO, E. M. L. M.; MARTINS, V. S. **Introdução ao Sensoriamento Remoto de sistemas aquáticos**: princípios e aplicações. São José dos Campos-SP: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, 1ª ed. 161p. 2019.

NUNES, C. M. Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional – PISF. In: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos - CGEE & Agência Nacional de Águas - ANA. **A Questão da Água no Nordeste**. Brasília-DF: CGEE, 2012.

OJIMA, R. Urbanização, dinâmica migratória e sustentabilidade no semiárido nordestino: o papel das cidades no processo de adaptação ambiental. **Cadernos Metrópole**, São Paulo-SP, v. 15, n. 29, pp. 35-54, jan/jun, 2013.

PARAÍBA. Decreto nº 25.140, de 28 de junho de 2004. Homologa a deliberação nº 0044/2003, do Conselho de Proteção dos Bens Históricos Culturais – CONPEC, Órgão de Orientação Superior do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico do Estado da Paraíba – IPHAEP, declaratória da Delimitação do Centro Histórico Inicial da cidade de Cajazeiras, deste Estado, e dá outras providências. **IPHAEP**. Disponível em: <<http://paraiba.pb.gov.br/iphaep/municipios-com-centros-historicos-tombados/>>. Acesso em: 01 jun. 2018.

\_\_\_\_\_. **Programa de ação estadual de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca no estado da Paraíba**: PAE-PB/IICA. João Pessoa-PB: SCIENTEC. 144p. 2011.

PAULA FILHO, F. J. Avaliação integrada da bacia de drenagem do Rio Parnaíba através de fatores de emissão de cargas de Nitrogênio e Fósforo e índices de qualidade de águas. Fortaleza, CE, 2014. 192 f.: il. color. enc.; 30 cm. **Tese de Doutorado** – Universidade Federal do Ceará – UFC, Instituto de Ciências do Mar, Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais, 2014.

PAULINO, W. D.; TEIXEIRA, F. J. C. A questão ambiental e a qualidade da água nas bacias hidrográficas do Nordeste. In: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos - CGEE & Agência Nacional de Águas - ANA. **A Questão da Água no Nordeste**. Brasília-DF: CGEE, 2012.

PEARSON. **Gestão ambiental**. São Paulo-SP: Pearson Education do Brasil / Pearson Prentice Hall. 312p. 2011.

PEREIRA, A. C. F.; GALO, M. L. B. T.; VELINI, E. D. Inferência da transparência da água - reservatório de Itaparanga/SP, a partir de imagens multiespectrais Ikonos e espectrorradiometria de campo. **Revista Brasileira de Cartografia**, nº 63/01, p. 179-190, 2011.

PEREIRA, S. S.; CURI, R. C. O sistema de abastecimento do estado da Paraíba, Brasil: uma análise da prática de açudagem. **I Workshop Internacional Sobre Água no Semiárido Brasileiro – WIASB** (Anais). Campina Grande-PB, 2013.

PINTO, V. P. S.; ZACARIAS, R. Crise ambiental: adaptar ou transformar? As diferentes concepções de educação ambiental diante deste dilema. **Educação em foco**. Juiz de Fora-MG, v. 14, n. 2, p. 39-54, set 2009/fev 2010. 2009.

PLATAFORMA BRASIL. **Conselho de Ética na Pesquisa – CEP**. Disponível em <<http://plataformabrasil.saude.gov.br/login.jsf>>. Acesso em 23 dez. 2019.

PUFAL, M. I. Uso de Sensoriamento Remoto na Obtenção de Parâmetros de Qualidade da Água em Lagos. Brasília, DF, 2001. 128 p. **Dissertação de Mestrado** – Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília-UnB, 2001.

QGIS, **General Public License (GNU)**, Free Software Foundation, Inc., v. 2.18, Las Palmas de G. C., 2016.

QUEIROZ, L. R. S. **Pesquisa quantitativa e pesquisa qualitativa**: Perspectivas para o campo da etnomusicologia. Claves 2. p. 87-98, 2006.

R development Core Team, **R: a language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, 2018.

RAMALHO, M. F. J. L. A fragilidade ambiental do Nordeste brasileiro: o clima semiárido e as imprevisões das grandes estiagens. **Sociedade e Território**. Natal-RN, v. 25, n. 2, EDIÇÃO ESPECIAL, p. 104-115, jul./dez. 2013.

RATTNER, H. O esgotamento dos recursos naturais: catástrofe interdependência? **Revista de Administração de Empresas**. São Paulo-SP, vol.17, n.2, p. 15-21, mar./abr. 1977.

REIS, A. Obras novas contra as sêcas. In: CARTAXO, R. **Estrada das boiadas**: Roteiro para São João do Rio do Peixe. Brochura. NOPIGRAL. João Pessoa-PB, 246 p. 1975.

RIO, G. A. P.; DRUMMOND, H. R.; RIBEIRO, C. R. Água: urgência de uma agenda territorial. **Ambiente & Sociedade**. São Paulo-SP, v. XIX, n.4. p. 105-120. out-nov 2016.

RODIER, J. L'analyse de l'eau: eauxnaturelles, eaux residuals, eaux de mer. 5.ed.Paris: Dunod, v.1, 629 p., 1975.

ROLIM, E. S. Patrimônio Arquitetônico de Cajazeiras-PB: memória, políticas públicas e educação patrimonial. João Pessoa, PB, 2010. 145 f.: il. **Dissertação de Mestrado** – Universidade Federal da Paraíba – UFPB, Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes – CCHLA, 2010.

ROLIM, H. O. Proposta de Índice de Estado Trófico em reservatórios do semiárido a partir de dados da bacia do Banabuiú, estado do Ceará. Fortaleza, CE, 2016. 128 f.: il. color. **Tese de Doutorado** – Universidade Federal do Ceará – UFC, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Saneamento Ambiental, 2016.

ROLIM, K. A. M. et al. Avaliação da qualidade da água do Açude Grande na cidade de Cajazeiras-PB. **Revista Interdisciplinar em Saúde**, Cajazeiras-PB, 6 (3): 3-22, jul./set. 2019.

ROMEIRO, A. R. Desenvolvimento sustentável: uma perspectiva econômico-ecológica. **Estudos Avançados**. 26 (74), 2012.

SABESP – COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Norma Técnica Interna SABESP NTS 004 – DQO: Demanda Química de Oxigênio**. São Paulo, SP, 1997. Disponível em <<http://www2.sabesp.com.br/normas/nts/nts004.pdf>>. Acesso em 10 abr. 2019.

SANTO JÚNIOR, L. R. E. A Escola Ambiental Águas do Capibaribe: Um modelo de utilização do Rio como sala de aula. **Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA)**, São Paulo-SP, v. 10, n. 1, p. 316-331, 30 mar. 2015.

SANTOS JÚNIOR, J. A. et al. Uso racional da água: ações interdisciplinares em escola rural do semiárido brasileiro. **Revista Ambiente & Água – An Interdisciplinary Journal of Applied Science**: v. 8, n. 1, p. 263-271, 2013.

SANTOS, M. **Território e Sociedade**: entrevista com Milton Santos. São Paulo-SP: Fundação Perseu Abramo. 2ª ed., 2ª reimp. 2004, 128p.

SANTOS, N. B. et al. Desenvolvimento e crescimento econômico das macrorregiões de Mato Grosso nos anos 2005 e 2013. **INTERAÇÕES**, Campo Grande, MS, v. 18, n. 3, p. 169-182, jul./set. 2017.

SANTOS, Y. S.; NOVIKOFF, C.; SANTOS, U. Políticas públicas e realidade socioambiental no município de Cajazeiras-PB. **Revista de Educação, Ciências e Matemática**, v. 7, n. 1, 2017.

SILVA, A. D. R. et al. Eficiência do aguapé sobre variáveis limnológicas em canais de abastecimento utilizados no cultivo de tambaqui. **Acta Amazonica**. vol. 44(2) 2014: 255 – 262. 2014.

SILVA, J. B. Erosão e escoamento pluvial superficial: uma experiência na bacia hidrográfica do Glória em Uberlândia, Minas Gerais. **Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research medium**, Ituiutaba, v. 3, n. 2, p. 419-438, jul./dec. 2012.

SILVA, L. M. S. et al. Uso de técnicas alternativas para captação, infiltração e reuso de águas: estudo de caso em Cajazeiras (PB). **Revista Princípios Divulgação Tecnológica do IFPB**, João Pessoa-PB, n° 40, p. 116-131, 2018.

SILVA, N. et al. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água**. 4 ed. São Paulo-SP, Livraria Varela, 614p. 2010.

SILVA NETO, A. F. et al. Aplicação de Geotecnologias para Caracterização Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Gramame-PB. **Revista Princípios Divulgação Tecnológica do**

**IFPB**, João Pessoa-PB, n° 20, p. 31-37, 2012.

SILVA NETO, B. Perda da vegetação natural na Chapada do Araripe (1975/2007) no Estado do Ceará. Rio Claro, SP, 2013. 185 p. **Tese de Doutorado** – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista – UNESP, 2013.

SILVA, R. P.; MARTINS, A. V. O.; ARAÚJO, P. C. A utilização do geoprocessamento e da cartografia nos estudos agropecuários: um estudo de caso para a Região Metropolitana de Natal. **Sociedade e Território**. Natal-RN, v. 26, n. 2, p. 92-108, jul./dez. 2014.

SILVA, R. R. et al. Convenção de Minamata: análise dos impactos socioambientais de uma solução em longo prazo. **Saúde Debate**, Rio de Janeiro-RJ, v. 41, n. Especial, p. 50-62, jun., 2017.

SILVA, R. R.; BENIN, G. Análises Biplot: conceitos, interpretações e aplicações. **Ciência Rural**, Santa Maria-RS, v.42, n. 8, p. 1404-1412, ago., 2012.

SILVA, S. A.; OLIVEIRA, R. **Manual de análises físico-químicas de águas de abastecimento residuárias**. Campina Grande-PB: O Autor. 266 p. 2001.

SOUZA, J. A. P. Aspectos gerais da degradação das águas do “Açude Grande” de Cajazeiras-PB. Cajazeiras-PB, 2015. 69 p. **Monografia de conclusão de curso** (Curso de Licenciatura em Geografia) – Centro de Formação de Professores, Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, 2015.

SPOSITO, M. E. B. **Capitalismo e urbanização**. São Paulo-SP: Contexto (Repensando a geografia), 15ª ed. 80p. 2005.

SPERLING, M. V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgoto: princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. Belo Horizonte-MG: Editora da UFMG, 3ª ed., 452p. 2005.

SUDENE – SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE. **Reuso da água para atividades produtivas**. Disponível em <<http://www.sudene.gov.br/desenvolvimento-sustentavel/projetos-2018/reuso-de-agua>>. Acesso em 10 jun. 2018.

TAMDJIAN, J. O.; MENDES, I. L. **Geografia: estudos para a compreensão do espaço**. São Paulo-SP: FTD, 1ª ed. Vol. 2. 432p. 2010.

TEODORO, V. L. I. et al. O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Revista Uniara**, N.20, p. 137-156, 2007.

UFRGS – UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL. Teste de normalidade - Shapiro-Wilk. **WikiR**. Disponível em <[https://www.ufrgs.br/wiki-r/index.php?title=Teste\\_de\\_normalidade\\_-\\_Shapiro%E2%80%93Wilk](https://www.ufrgs.br/wiki-r/index.php?title=Teste_de_normalidade_-_Shapiro%E2%80%93Wilk)>. Acesso em 6 jun.

2019.

UFRRJ – UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO. **Limnologia Aplicada**. Disponível em <<http://www.ufrj.br/institutos/it/de/acidentes/limno.htm>>. Acesso em 10 jun. 2019.

USGS – UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. **Earth Explorer**. Disponível em <<http://earthexplorer.usgs.gov>>. Acesso em: 01 jun. 2018.

VALENTE, J. P. S.; PADILHA, P. M.; SILVA, A. M. M. Contribuição da cidade de Botucatu-SP com nutrientes (fósforo e nitrogênio) na eutrofização da represa de Barra Bonita. **Elet. Quím.**, São Paulo, v. 22, p. 31-48, 1997. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-46701997000100004&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-46701997000100004&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em 11 jun. 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-46701997000100004>.

VILELA, M. A. M. A. Metodologia para monitoramento da qualidade da água de reservatórios utilizando Sensoriamento Remoto. Uberlândia, MG, 2010. 120 p. il. **Dissertação de Mestrado**. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia – UFU, 2010.

XAVIER, H. Educação ambiental para populações em áreas de risco da natureza. In: SEABRA, G. (org.). **Educação ambiental**. João Pessoa-PB: Editora Universitária da UFPB. p. 119-137, 2009.

## **APÊNDICES**



**Apêndice A – Morador do entorno do Açude Grande (Classe M)**

- 1.1 (M)-Coordenadas Geográficas do Ponto de Coleta (preenchido pelo pesquisador).
- 1.2 (M)-Nome Completo do Entrevistado.
- 1.3 (M)-Data de Nascimento.
- 1.4 (M)-Sexo.
- 1.5 (M)-Estado Civil.
- 1.6 (M)-Grau de Escolaridade.
- 1.7 (M)-A Casa é Própria?
- 1.8 (M)-Qual o Endereço?
- 1.9 (M)-Quantidade Total de Moradores (Incluindo o Entrevistado).
- 1.10 (M)-Renda Total da Sua Casa em Salários Mínimos.
- 1.11 (M)-Tempo que Reside na Casa.
- 1.12 (M)-Na sua Residência Costuma Faltar Água?
- 1.13.1 (M)-Alguma vez Você já Utilizou a Água do Açude Grande? Com qual finalidade?
- 1.13.2 (M)-(Caso a Resposta do item 1.13.1 Seja Sim) Sentiu Algum Mal-Estar ao Utilizar a Água do Açude Grande? Por favor descreva.
- 1.14.1 (M)-(Caso a Resposta do item 1.13.1 Seja Sim) Ainda Utiliza a Água do Açude Grande?
- 1.14.2 (M)-(Caso a Resposta do item 1.14.1 Seja Sim) Sente Algum Mal-Estar ao Utilizar a Água do Açude Grande? Por favor descreva.
- 1.15 (M)-Você Acredita que é Perigoso Para a Saúde Utilizar a Água do Açude Grande Atualmente? Em Uma Escala de Zero (0) a Dez (10), Onde Zero é "Nem Um Pouco Perigoso" e Dez é "Extremamente Perigoso".
- 1.16 (M)-Sente Algum Odor ou Mau Cheiro Vindo do Açude Grande?
- 1.17 (M)-(Caso a Resposta do item 1.16 Seja Sim) Qual o Período do Dia em que Sente o Odor mais Forte Vindo do Açude Grande?
- 1.18 (M)-(Caso a Resposta do item 1.16 Seja Sim) Em Uma Escala de Zero (0) a Dez (10), Onde Zero é Mínimo Odor e Dez é Insuportável, Qual a Intensidade do Odor que Vem do

Açude Grande?

1.19.1 (M)-Acha Importante que Seja Feito Algum Trabalho de Recuperação do Açude Grande?

1.19.2 (M)-Justifique.

1.20.1 (M)-Você Se Sente um Pouco Responsável Pela Situação em Que o Açude Grande se Encontra?

1.20.2 (M)-Justifique.

1.21.1 (M)-Sabe dizer o ano de construção do Açude Grande?

1.21.2 (M)-(Caso a Resposta do item 1.21.1 Seja Sim) Qual foi o ano de construção do Açude Grande?

1.22.1 (M)-Tem Notícia de Órgão Público, Entidade ou ONG Fazendo Algum Trabalho de Conscientização a Respeito do Açude Grande, Seja Sobre a Sua Revitalização, os Perigos de Utilizar a Sua Água ou Sobre a Importância Histórica do Reservatório?

1.22.2 (M)-(Caso a Resposta do item 1.22.1 Seja Sim) Indicar Nome do Órgão Público, Entidade ou ONG com Trabalho de Revitalização ou Conscientização Sobre o Uso da Água ou Importância do Açude Grande.

1.22.3 (M)-(Caso a Resposta do item 1.22.1 Seja Sim) Ano do Trabalho de Revitalização Mais Recente que Teve Notícia.

1.22.4 (M)-(Caso a Resposta do item 1.22.1 Seja Sim) Descreva o Tipo de Trabalho de Revitalização Realizado.

**Apêndice B – Empreendimento próximo ao Açude Grande (Classe E)**

- 1.1 (E)-Coordenadas Geográficas do Ponto de Coleta (preenchido pelo pesquisador).
- 1.2 (E)-Nome Completo do Entrevistado.
- 1.3 (E)-Cargo no Empreendimento/Comércio.
- 1.4 (E)-Data de Nascimento.
- 1.5 (E)-Sexo.
- 1.6 (E)-Estado Civil.
- 1.7 (E)-Grau de Escolaridade.
- 1.8 (E)-Nome do Empreendimento.
- 1.9 (E)-Atividade(s) do Empreendimento.
- 1.10 (E)-Endereço do Empreendimento.
- 1.11 (E)-Quantidade Total de Pessoas que Trabalham no Empreendimento [Incluindo o(s) Proprietário(s)].
- 1.12 (E)-O Prédio Comercial é Próprio?
- 1.13 (E)-Tempo de Instalação do Empreendimento Neste Local.
- 1.14 (E)-No Prédio Costuma Faltar Água?
- 1.15.1 (E)-O Empreendimento já Utilizou a Água do Açude Grande? Com qual finalidade?
- 1.15.2 (E)-(Caso a Resposta do item 1.15.1 Seja Sim) Sabe se Quem Entrou em Contato com a Água do Açude Grande Sentiu Algum Mal-Estar ao Utilizá-la? Por favor descreva.
- 1.16.1 (E)-(Caso a Resposta do item 1.15.1 Seja Sim) O Empreendimento Ainda Utiliza a Água do Açude Grande?
- 1.16.2 (E)-(Caso a Resposta do item 1.16.1 Seja Sim) Sabe se Quem Entra em Contato com a Água do Açude Grande Sente Algum Mal-Estar ao Utilizá-la? Por favor descreva.
- 1.17 (E)-Você Acredita que é Perigoso Para a Saúde Utilizar a Água do Açude Grande Atualmente? Em Uma Escala de Zero (0) a Dez (10), Onde Zero é "Nem Um Pouco Perigoso" e Dez é "Extremamente Perigoso".
- 1.18 (E)-Sente Algum Odor ou Mau Cheiro Vindo do Açude Grande?

1.19 (E)-(Caso a Resposta do item 1.18 Seja Sim) Qual o Período do Dia em que Sente o Odor mais Forte Vindo do Açude Grande?

1.20 (E)-(Caso a Resposta do item 1.18 Seja Sim) Em Uma Escala de Zero (0) a Dez (10), Onde Zero é Mínimo Odor e Dez é Insuportável, Qual a Intensidade do Odor que Vem do Açude Grande?

1.21.1 (E)-Acha Importante que Seja Feito Algum Trabalho de Recuperação do Açude Grande?

1.21.2 (E)-Justifique.

1.22.1 (E)-Você Se Sente um Pouco Responsável Pela Situação em Que o Açude Grande se Encontra?

1.22.2 (E)-Justifique.

1.23.1 (E)-Sabe dizer o ano de construção do Açude Grande?

1.23.2 (E)-(Caso a Resposta do item 1.23.1 Seja Sim) Qual foi o ano de construção do Açude Grande?

1.24.1 (E)-Tem Notícia de Órgão Público, Entidade ou ONG Fazendo Algum Trabalho de Conscientização a Respeito do Açude Grande, Seja Sobre a Sua Revitalização, os Perigos de Utilizar a Sua Água ou Sobre a Importância Histórica do Reservatório?

1.24.2 (E)-(Caso a Resposta do item 1.24.1 Seja Sim) Indicar Nome do Órgão Público, Entidade ou ONG com Trabalho de Revitalização ou Conscientização Sobre o Uso da Água ou Importância do Açude Grande.

1.24.3 (E)-(Caso a Resposta do item 1.24.1 Seja Sim) Ano do Trabalho de Revitalização Mais Recente que Teve Notícia.

1.24.4 (E)-(Caso a Resposta do item 1.24.1 Seja Sim) Descreva o Tipo de Trabalho de Revitalização Realizado.

**Apêndice C – Utente do Açude Grande (Classe U)**

- 1.1 (U)-Coordenadas Geográficas do Ponto de Coleta (preenchido pelo pesquisador).
- 1.2 (U)-Nome Completo do Entrevistado.
- 1.3 (U)-Data de Nascimento.
- 1.4 (U)-Sexo.
- 1.5 (U)-Estado Civil.
- 1.6 (U)-Grau de Escolaridade.
- 1.7 (U)-Reside nas Proximidades do Açude Grande?
- 1.8 (U)-Quantidade Total de Membros da Família (Incluindo o Entrevistado).
- 1.9 (U)-Renda Total da Sua Casa em Salários Mínimos.
- 1.10 (U)-Endereço de Residência.
- 1.11 (U)-Vem Sempre ao Entorno do Açude Grande?
- 1.12 (U)-Quando Decide vir ao Açude Grande, em qual Horário, mais Comumente, Você o Frequenta?
- 1.13 (U)-Com Qual Finalidade Você vem ao Açude Grande?
- 1.14.1 (U)-Alguma vez Você já Utilizou a Água do Açude Grande? Com qual finalidade?
- 1.14.2 (U)-(Caso a Resposta do item 1.14.1 Seja Sim) Sentiu Algum Mal-Estar ao Utilizar a Água do Açude Grande? Por favor descreva.
- 1.15.1 (U)-(Caso a Resposta do item 1.14.1 Seja Sim) Ainda Utiliza a Água do Açude Grande?
- 1.15.2 (U)-(Caso a Resposta do item 1.15.1 Seja Sim) Sente Algum Mal-Estar ao Utilizar a Água do Açude Grande? Por favor descreva.
- 1.16 (U)-Você Acredita que é Perigoso Para a Saúde Utilizar a Água do Açude Grande Atualmente? Em Uma Escala de Zero (0) a Dez (10), Onde Zero é "Nem Um Pouco Perigoso" e Dez é "Extremamente Perigoso".
- 1.17 (U)-Sente Algum Odor ou Mau Cheiro Vindo do Açude Grande?
- 1.18 (U)-(Caso a Resposta do item 1.17 Seja Sim) Qual o Período do Dia em que Sente o Odor mais Forte Vindo do Açude Grande?

1.19 (U)-(Caso a Resposta do item 1.17 Seja Sim) Em Uma Escala de Zero (0) a Dez (10), Onde Zero é Mínimo Odor e Dez é Insuportável, Qual a Intensidade do Odor que Vem do Açude Grande?

1.20.1 (U)-Acha Importante que Seja Feito Algum Trabalho de Recuperação do Açude Grande?

1.20.2 (U)-Justifique.

1.21.1 (U)-Você Se Sente um Pouco Responsável Pela Situação em Que o Açude Grande se Encontra?

1.21.2 (U)-Justifique.

1.22.1 (U)-Sabe dizer o ano de construção do Açude Grande?

1.22.2 (U)-(Caso a Resposta do item 1.22.1 Seja Sim) Qual foi o ano de construção do Açude Grande?

1.23.1 (U)-Tem Notícia de Órgão Público, Entidade ou ONG Fazendo Algum Trabalho de Conscientização a Respeito do Açude Grande, Seja Sobre a Sua Revitalização, os Perigos de Utilizar a Sua Água ou Sobre a Importância Histórica do Reservatório?

1.23.2 (U)-(Caso a Resposta do item 1.23.1 Seja Sim) Indicar Nome do Órgão Público, Entidade ou ONG com Trabalho de Revitalização ou Conscientização Sobre o Uso da Água ou Importância do Açude Grande.

1.23.3 (U)-(Caso a Resposta do item 1.23.1 Seja Sim) Ano do Trabalho de Revitalização Mais Recente que Teve Notícia.

1.23.4 (U)-(Caso a Resposta do item 1.23.1 Seja Sim) Descreva o Tipo de Trabalho de Revitalização Realizado.

**Apêndice D – Pessoa em situação de rua estabelecido às margens do Açude Grande (Classe P)**

1.1 (P)-Coordenadas Geográficas do Ponto de Coleta (preenchido pelo pesquisador).

1.2 (P)-Nome Completo do Entrevistado.

1.3 (P)-Data de Nascimento.

1.4 (P)-Sexo.

1.5 (P)-Estado Civil.

1.6 (P)-Grau de Escolaridade.

1.7 (P)-Tempo que se Estabeleceu às Margens do Açude Grande.

1.8.1 (P)-Alguma vez Você já Utilizou a Água do Açude Grande? Com qual finalidade?

1.8.2 (P)-(Caso a Resposta do item 1.8.1 Seja Sim) Sentiu Algum Mal-Estar ao Utilizar a Água do Açude Grande? Por favor descreva.

1.9.1 (P)-(Caso a Resposta do item 1.8.1 Seja Sim) Ainda Utiliza a Água do Açude Grande?

1.9.2 (P)-(Caso a Resposta do item 1.9.1 Seja Sim) Sente Algum Mal-Estar ao Utilizar a Água do Açude Grande? Por favor descreva.

1.10 (P)-Você Acredita que é Perigoso Para a Saúde Utilizar a Água do Açude Grande Atualmente? Em Uma Escala de Zero (0) a Dez (10), Onde Zero é "Nem Um Pouco Perigoso" e Dez é "Extremamente Perigoso".

1.11 (P)-Sente Algum Odor ou Mau Cheiro Vindo do Açude Grande?

1.12 (P)-(Caso a Resposta do item 1.11 Seja Sim) Qual o Período do Dia em que Sente o Odor mais Forte Vindo do Açude Grande?

1.13 (P)-(Caso a Resposta do item 1.11 Seja Sim) Em Uma Escala de Zero (0) a Dez (10), Onde Zero é Mínimo Odor e Dez é Insuportável, Qual a Intensidade do Odor que Vem do Açude Grande?

1.14.1 (P)-Acha Importante que Seja Feito Algum Trabalho de Recuperação do Açude Grande?

1.14.2 (P)-Justifique.

1.15.1 (P)-Você Se Sente um Pouco Responsável Pela Situação em Que o Açude Grande se Encontra?

1.15.2 (P)-Justifique.

1.16.1 (P)-Sabe dizer o ano de construção do Açude Grande?

1.16.2 (P)-(Caso a Resposta do item 1.16.1 Seja Sim) Qual foi o ano de construção do Açude Grande?

1.17.1 (P)-Tem Notícia de Órgão Público, Entidade ou ONG Fazendo Algum Trabalho de Conscientização a Respeito do Açude Grande, Seja Sobre a Sua Revitalização, os Perigos de Utilizar a Sua Água ou Sobre a Importância Histórica do Reservatório?

1.17.2 (P)-(Caso a Resposta do item 1.17.1 Seja Sim) Indicar Nome do Órgão Público, Entidade ou ONG com Trabalho de Revitalização ou Conscientização Sobre o Uso da Água ou Importância do Açude Grande.

1.17.3 (P)-(Caso a Resposta do item 1.17.1 Seja Sim) Ano do Trabalho de Revitalização Mais Recente que Teve Notícia.

1.17.4 (P)-(Caso a Resposta do item 1.17.1 Seja Sim) Descreva o Tipo de Trabalho de Revitalização Realizado.



**Apêndice E – Representante da Prefeitura de Cajazeiras-PB (Classe C)**

1.1 (C)-Local ou Setor da Coleta.

1.2 (C)-Nome Completo do Entrevistado.

1.3 (C)-Cargo ou Função do Entrevistado.

1.4 (C)-Idade do Entrevistado.

1.5 (C)-Sexo.

1.6 (C)-Estado Civil.

1.7 (C)-Grau de Escolaridade.

1.8 (C)-A Prefeitura de Cajazeiras já fez por conta própria ou em parceria com outra(s) instituição(ões) algum trabalho de revitalização do Açude Grande? Qual foi o trabalho e quando ele foi executado?

1.9 (C)-Já existiu ou ainda existe por parte da Prefeitura algum projeto sendo desenvolvido no sentido de conscientizar a população sobre a importância do Açude Grande para a cidade de Cajazeiras ou sobre os perigos de se utilizar das suas águas no atual estado de degradação em que ele se encontra?

### Apêndice F – Dados das Análises Físico-Químicas da Primeira Coleta (22/04/2019)

#### Sumarização de dados das análises físico-químicas obtidos na primeira coleta

DADO / PONTO	PA	PB	PC	PD	PE	PF
LATITUDE (S)	-06,885758	-06,889282	-06,885940	-06,887670	-06,888099	-06,888390
LONGITUDE (W)	-38,571802	-38,574430	-38,564350	-38,566307	-38,568072	-38,569866
HORA DA COLETA	13:00	14:40	14:10	10:50	11:20	11:45

PONTO / VARIÁVEL	OD (mg/L)	Temp. (°C)	pH	C.E. (µS/cm)	Turb. (NTU)	Nitra. (mg/L)
PA	5,90	34,50	6,96	520	13,70	0,04153
PB	6,17	32,00	6,87	480	25,10	0,06610
PC	7,92	35,00	7,32	500	3,11	0,03334
PD	4,46	28,80	7,07	510	2,93	0,03744
PE	5,69	30,50	7,03	500	3,08	0,00000
PF	5,27	30,60	6,74	490	3,56	0,01287
<b>N (observações)</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>
Valor Min.	4,46	28,80	6,74	480	2,93	0,00000
Valor Max.	7,92	35,00	7,32	520	25,10	0,06610
Somatório	35,41	191,40	41,99	3000	51,48	0,19128
Média	5,90	31,90	7,00	500	8,58	0,03188
Variância	1,33	5,93	0,04	0,00	83,28	0,00053
Mediana	5,80	31,30	7,00	500	3,34	0,03539
25 percentil	5,07	30,08	6,84	490	3,04	0,00965
75 percentil	6,61	34,63	7,13	510	16,55	0,04767
Desvio Padrão	1,15	2,43	0,20	10	9,13	0,02313
Shap.-Wilk p (valor)	0,61	0,53	0,92	0,96	0,01	0,88000

PONTO / VARIÁVEL	Nitri. (mg/L)	Cl-a (µg/L)	Sulf. (mg/L)	P Tot. (mg/L)	Cor (uC)	Secchi (m)
PA	0,00714	0,55	0,938	0,0079	129,83	-
PB	0,00641	25,00	1,263	0,0343	120,94	-
PC	0,00653	17,70	0,944	0,0069	118,17	-
PD	0,00586	17,80	0,938	0,0223	107,06	0,56
PE	0,00531	26,35	0,000	0,0313	102,06	0,59
PF	0,00611	17,02	0,326	0,0224	106,50	0,55
<b>N (observações)</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>3</b>
Valor Min.	0,00531	0,55	0,000	0,0069	102,06	0,55
Valor Max.	0,00714	26,35	1,263	0,0343	129,83	0,59
Somatório	0,03736	104,42	4,409	0,1251	684,56	1,70
Média	0,00623	17,40	0,735	0,0209	114,09	0,57
Variância	0,00000	84,44	0,222	0,0001	112,61	0,00
Mediana	0,00626	17,75	0,938	0,0224	112,62	0,56
25 percentil	0,00572	12,90	0,245	0,0077	105,39	0,55
75 percentil	0,00668	25,34	1,024	0,0321	123,16	0,59
Desvio Padrão	0,00062	9,19	0,470	0,0115	10,61	0,017
Shap.-Wilk p (valor)	1,00	0,13	0,240	0,3200	0,58	0,46

### Apêndice G – Dados das Análises Físico-Químicas da Segunda Coleta (31/10/2019)

#### Sumarização de dados das análises físico-químicas obtidos na segunda coleta

DADO / PONTO	PA	PB	PC	PD	PE	PF
LATITUDE (S)	-06,885758	-06,889282	-06,885940	-06,887670	-06,888099	-06,888390
LONGITUDE (W)	-38,571802	-38,574430	-38,564350	-38,566307	-38,568072	-38,569866
HORA DA COLETA	13:25	14:20	13:50	11:15	11:35	11:50

PONTO / VARIÁVEL	OD (mg/L)	Temp. (°C)	pH	C.E. (µS/cm)	Turb. (NTU)	Nitra. (mg/L)
PA	5,00	35,30	7,30	1060	9,55	0,00000
PB	5,01	35,70	7,62	1180	6,08	0,09907
PC	7,15	34,00	8,19	1040	19,00	0,00000
PD	9,51	30,90	8,32	1030	15,10	0,07889
PE	9,52	34,70	8,08	1030	19,50	0,01836
PF	9,36	34,70	8,21	1040	18,20	0,09100
<b>N (observações)</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>
Valor Min.	5,00	30,90	7,30	1030	6,08	0,00000
Valor Max.	9,52	35,70	8,32	1180	19,50	0,09907
Somatório	45,55	205,30	47,72	6380	87,43	0,28733
Média	7,59	34,22	7,95	1063	14,57	0,04789
Variância	4,82	2,98	0,16	3387	30,93	0,00218
Mediana	8,26	34,70	8,14	1040	16,65	0,04863
25 percentil	5,01	33,23	7,54	1030	8,68	0,00000
75 percentil	9,51	35,40	8,24	1090	19,13	0,09302
Desvio Padrão	2,20	1,73	0,40	58,20	5,56	0,04669
Shap.-Wilk p (valor)	0,05	0,06	0,16	0	0,20	0,09000

PONTO / VARIÁVEL	Nitri. (mg/L)	Cl-a (µg/L)	Sulf. (mg/L)	P Tot. (mg/L)	Cor (uC)	Secchi (m)
PA	0,01866	526,88	1,806	0,0286	119,83	-
PB	0,01718	79,55	5,113	0,0143	159,83	-
PC	0,01347	10,70	0,596	0,0401	86,50	-
PD	0,01298	19,10	0,393	0,0459	79,83	0,35
PE	0,01186	12,90	0,596	0,0475	78,72	0,33
PF	0,01298	14,45	0,550	0,0475	81,50	0,34
<b>N (observações)</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>3</b>
Valor Min.	0,01186	10,70	0,393	0,0143	78,72	0,33
Valor Max.	0,01866	526,88	5,113	0,0475	159,83	0,35
Somatório	0,08713	663,58	9,054	0,2239	606,22	1,02
Média	0,01452	110,60	1,509	0,0373	101,04	0,34
Variância	0,00000743	42279,10	3,382	0,0002	1070,12	0,0001
Mediana	0,01323	16,78	0,596	0,0430	84,00	0,34
25 percentil	0,01270	12,35	0,511	0,0250	79,55	0,33
75 percentil	0,01755	191,38	2,633	0,0475	129,83	0,35
Desvio Padrão	0,00273	205,62	1,83891	0,01337	32,71353	0,01
Shap.-Wilk p (valor)	0,13740	0,0003	0,0036	0,0972	0,0256	1,00

## **ANEXOS**

**Anexo A – Decreto nº 25.140, de 28 de junho de 2004**

GOVERNO DO ESTADO DA PARAÍBA  
PODER EXECUTIVO  
GABINETE DO GOVERNADOR

Decreto nº 25.140, de 28 de junho de 2004.

Homologa a deliberação nº 0044/2003, do Conselho de Proteção dos Bens Históricos Culturais – CONPEC, Órgão de Orientação Superior do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico do Estado da Paraíba – IPHAEP, declaratória da Delimitação do Centro Histórico Inicial da cidade de Cajazeiras, deste Estado, e dá outras providências.

O GOVERNADOR DO ESTADO DA PARAÍBA, no uso de suas atribuições que lhe confere o Art. 86, inciso IV da Constituição do Estado, e atendendo ao disposto no Art. 40 do decreto nº 7.819, de 24 de outubro de 1978, e.

Considerando que o Conselho deliberativo do Instituto do Patrimônio Histórico e artístico do estado da Paraíba – CONPEC ao apreciar proposta de Delimitação do Centro Histórico Inicial da cidade de Cajazeiras, aprovou o traçado que define as áreas de Preservação Rigorosa e Preservação Ambiental daquele município, tendo como objetivo preservar o Patrimônio Histórico, Artístico, Ambiental e Natural ali existente.

DECRETA:

Art. 1 Fica homologada a deliberação nº 0044/2003 do Conselho de Proteção dos Bens Históricos Culturais – CONPEC. De 27 de novembro de 2003, declaratória da Delimitação do Centro Histórico inicial da cidade Cajazeiras, deste Estado, indicativo das áreas de Preservação Rigorosa compreendida pelo perímetro que define esta delimitação: A linha demarcatória do traçado contorna o Açude grande, seguindo as Ruas Coronel Guimarães, Manuel Mariano, Juvêncio Carneiro, Germiniano de Sousa, Víctor Jurema, contornando a quadra do Colégio Nossa Senhora de Lourdes, através da Rua Barão do Rio Branco, contornando a Praça José Guimarães até a Rua Padre Ibiapina, perfazendo o contorno de todo o Colégio Diocesano, ficando estas áreas sob a jurisdição do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico do Estado da Paraíba – IPHAEP.

Art. 2º - Os seguintes imóveis isolados ficam tombados, para integrarem o Patrimônio Histórico e Cultural do Estado da Paraíba: Cajazeiras Tênis Clube, Praça e Matriz de Nossa Senhora de Fátima, Praça Mãe Aninha, Colégio Nossa Senhora de Lourdes, Colégio Diocesano, Catedral de Nossa Senhora da Piedade, Palácio Episcopal, Praça Cardeal Arco verde, prefeitura Municipal e Praça João da Mata, Seminário Nossa Senhora da Assunção e o Colégio de Nossa Senhora do Carmo.

Art. 3º - O Morro Cristo Rei, considerado patrimônio ambiental do referido município, deverá ser preservado, inicialmente, através de cadastramento.

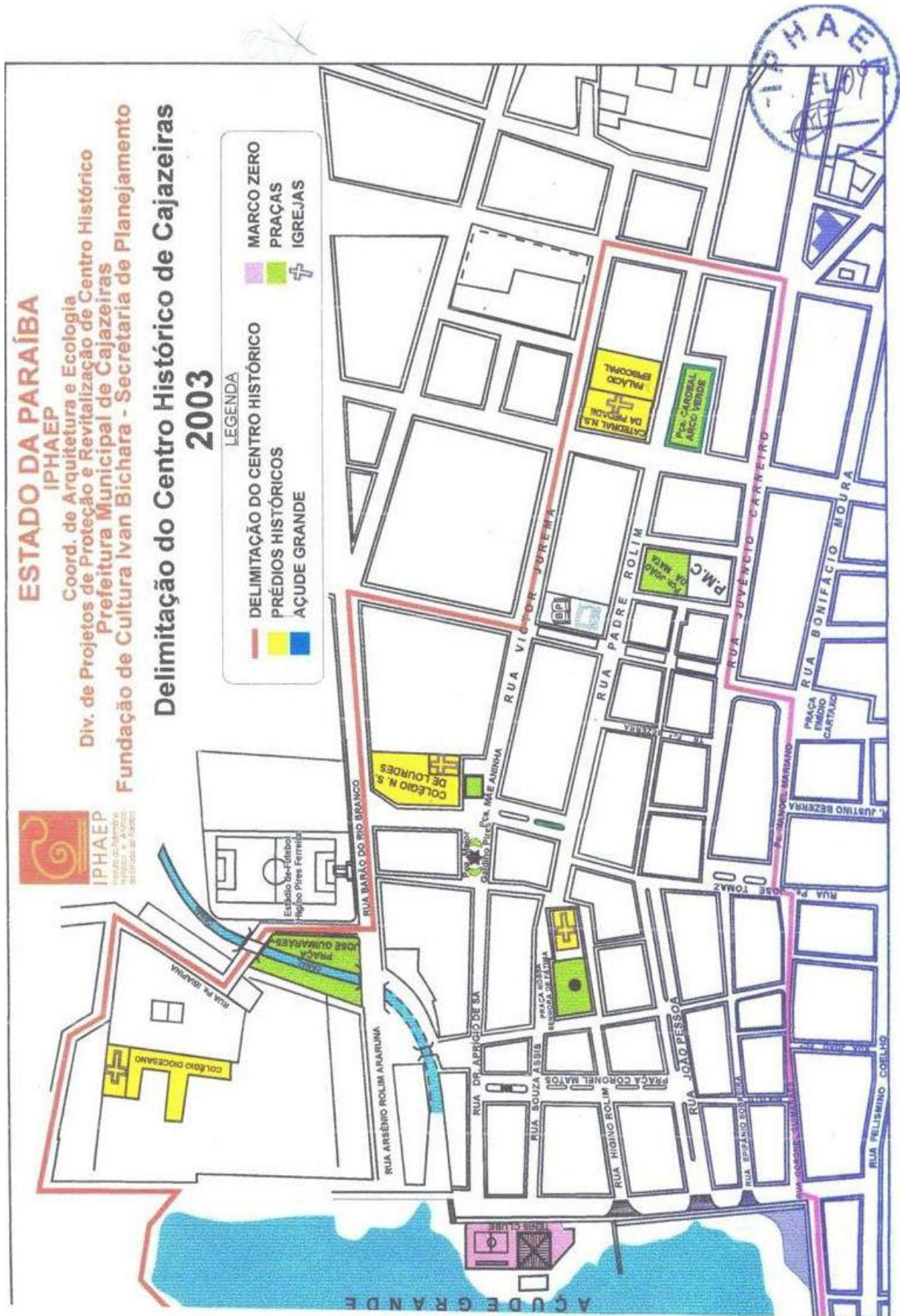
Art. 4º - Este Decreto entra em vigor na data de sua publicação.

Art. 5º - Revogam-se as disposições em contrário.

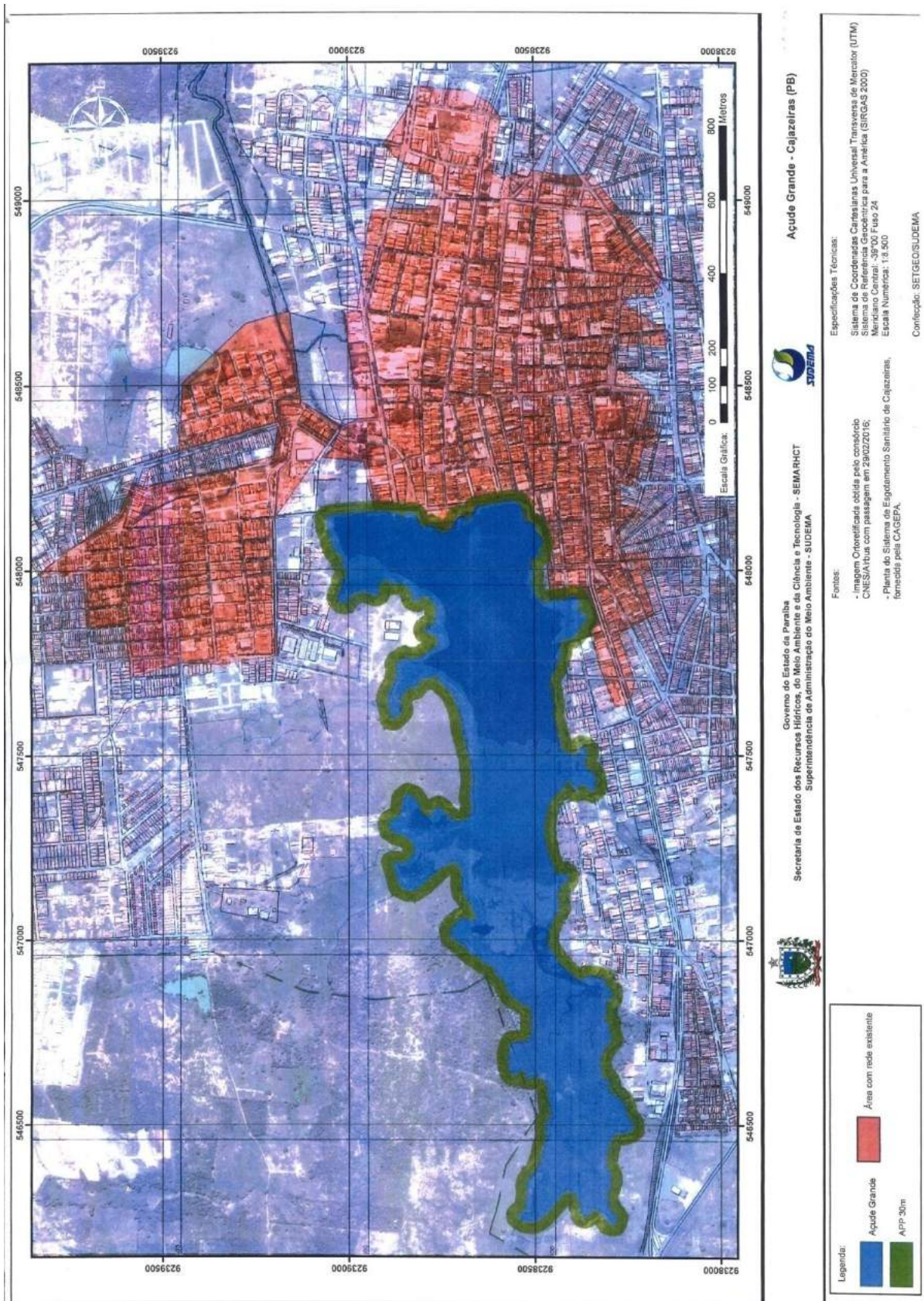
PALÁCIO DO GOVERNO DO ESTADO DA PARAÍBA, em João Pessoa, 28 de junho de 2004: 116º da Proclamação da República.

CÁSSIO CUNHA LIMA  
Governador

Anexo B – Mapa de Delimitação do Centro Histórico de Cajazeiras – IPHAEP, João Pessoa, 2003



**Anexo C – Mapa de Delimitação da APP do Açude Grande e da zona com Esgotamento Sanitário na cidade de Cajazeiras – SUDEMA, João Pessoa, 2016**



## Anexo D – Certidão de Escritura Pública de Desapropriação da Área do Açude Grande

LIVRO 13 FOLHA 035V

**AH**

**Cartório Antonio Holanda**  
 CNPJ/MF 09.318.577/0001-10  
 CAJAZEIRAS-PB - PB - 2º OFÍCIO  
 Maria Dolores Lira de Souza  
 Tabelã e Registradora

**STANLEY LIRA DE SOUZA**  
 Substituto

REG. DE IMÓVEIS, ESCRITURAS, PROCURAÇÕES, PROTESTOS, AUTENTICAÇÕES, RECONH. DE FIRMAS, ETC.

**CERTIDÃO DE ESCRITURA PUBLICA DE DESAPROPRIAÇÃO**

Saibam quantos este publico instrumento de Escritura de Desapropriação, virem que no ano do Nascimento de Nosso Senhor Jesus Cristo, Republica dos Estado Unidos do Brasil e aos vinte e oito dias do mês de dezembro de mil novecentos e quinze, nesta cidade de Cajazeiras, Termo e Comarca do mesmo do Estado da Paraíba do Norte . Compareceram no meu Cartório do Tabeliã Publico de Notas, o Engenheiro José Francisco Coêlho Sobrinho, como representante da Inspetoria de Obras Contra a Seca, bem como Olidom Pereira Campos e sua mulher Dona Emidia Rolim da Silveira Campos, os quais aqui presente como outorgantes Olidom Pereira Campos e Dona Emidia Rolim da Silveira Campos, e como Outorgados O **GOVERNO FEDERAL**, representado pelo referido Dr. Engenheiro José Francisco Coêlho Sobrinho, atualmente neste município de Cajazeiras, na qualidade de Encarregado dos trabalhos de socorro aos flagelados pela crise climaterica, que hora atravessamos todos conhecidos pelos próprios de mim Tabelião, das testemunhas abaixo assinadas, que dou fé. E por eles Outorgantes me foi declarado e me foi dito na presente das ditas testemunhas que, sendo senhores e possuidores de uma parte de terra do Açude de Cajazeiras, no perímetro urbano desta cidade, na Data de Alagoa de São Francisco, deste termo, cuja parte de terra foi havida por permuta com Dona Raimunda Angelina de Albuquerque Rolim. Com as seguintes dimensões: comprimento na direção do sudoeste para o nordeste (onze graus), cento e dez metros, largura ao sul normal a linha do eixo poligonal, treze metros, largura que se limita com o Sitio terreno da casa de caridade desta cidade, quinze metros, também normal ao mesmo eixo poligonal; limites para baixo do mencionado eixo, com os terrenos pertencentes aos outorgantes onde se encontra atualmente uma cerca de varas afora construída, ficando delimitado respectivo perímetro, no qual existiam as seguintes arvores frutíferas que foram arracandas, dois umbuzeiros, três mangueiras, um coqueiro, um jenipapeiro, uma goiabeira, uma laranjeira, uma oiticicas e outro umbuzeiro. (palmeira), uma muralha de alvenaria de tijolos com nove palmos de altura, com uma espessura com cento e dez metros de extensão, a qual foi demolida por se achar sobre a antiga barragem, de tudo isso como acima ficou mencionado da desapropriação, para a serventia publica, a ocupação da referida barragem com reconstrução, pela quantia de

Rua Odilon Cavalcante, 95, Centro - CAJAZEIRAS-PB-Paraiba - Fone: 83 3531-2015 / Fax:



LIVRO 13

FOLHA

um conto de reis, importância que receberam na moeda legal do país nesta data, por intermédio supra dito Engenheiro José Francisco Coêlho Sobrinho, por conta da verba retirada da Delegacia fiscal deste estado, para as despesas com os serviços, que hora estão procedendo no mesmo açude publico de Cajazeiras. E pelo Outorgado representado pelo referido Engenheiro José Francisco Coêlho Sobrinho, também me foi dito que ficou acertado entre representante das Obras contra a Seca, e os Outorgantes desapropriados, que restava mais o direito de poderem retirar todo material atinente a confecção da mencionada muralha demolida no inicio dos trabalhos, bem como que aceitava a presente Escritura como nela se contem exarado fica. Assim o disseram e outorgaram, dou fé, sendo lida e achada conforme assinam com as testemunhas presente Hephifanio Gonçalves Sobreira Rolim e Raymundo Estolano de Souza, residentes nesta cidade de mim conhecidos, Tabelião Publico que escrevi e assino em publico e raso que uso. Em testemunho da verdade (Sinal Publico) 2º Tabelião - Serafim Valdemiro de Albuquerque, Cajazeiras, em 28.12.1915. Assino: Olidom Pereira Campos, Emidia Rolim da Silveira Campos, Engenheiro José Francisco Coêlho Sobrinho, Hephifanio Gonçalves Sobreira Rolim, Raymundo Estolano de Souza. O referido é verdade e dou fé. Cajazeiras-PB, 28 de dezembro de 1915.

Dada e passada nesta cidade de Cajazeiras, Estado da Paraíba. O referido é verdade e dou fé.

Cajazeiras-PB, 03 de julho de 2015.

*Maria Dolores Lira de Souza*  
 Maria Dolores Lira de Souza

Oficiala do Registro Geral de Imóveis

**AT** CARTÓRIO - "ANTÔNIO HOLANDA"  
 SERVIÇO NOTARIAL E REGISTRO E  
 PROTESTO 2º OFÍCIO  
 MARIA DOLORES L. DE SOUZA - TABELIÃO  
 STANLEY LIRA DE SOUZA - SUBSTITUTO  
 Fone/Fax: (83) 3531-2015 / Cajazeiras-PB

Tribunal de Justiça do Estado da Paraíba  
**SELO DIGITAL DE FISCALIZAÇÃO**  
 Tipo Normal B  
 Escritura sem valor declarado  
**ABU52052-DQ6Y**  
 Confira os dados do ato em:  
<https://selodigital.tjpb.jus.br>  
 Emolumentos R\$: 15,96  
 FARPEN R\$: 1,04 FEPJ R\$: 0,47

**Anexo E – Certidão de Entrega do Açude Grande pelo Governo Federal ao Governo Estadual**

LIVRO 13 FOLHA 138V

**AH**

**Cartório Antonio Holanda**  
 CNPJ/MF 09.318.577/0001-10  
 CAJAZEIRAS-PB - PB - 2º OFÍCIO  
 Maria Dolores Lira de Souza  
 Tabeliã e Registradora

**STANLEY LIRA DE SOUZA**  
 Substituto

REG. DE IMÓVEIS, ESCRITURAS, PROCURAÇÕES, PROTESTOS, AUTENTICAÇÕES, RECONH. DE FIRMAS, ETC.

**CERTIDÃO DO TÉRMO DE ENTREGA DO ACUDE GRANDE DE CAJAZEIRAS AO ESTADO DA PRAHYBA DO NORTE**

Aos seis dias do mês de novembro do ano de mil novecentos e dezesseis, nesta cidade de Cajazeiras, Comarca e termo do mesmo nome, Estado da Parahyba do Norte, compareceram em meu Cartório os senhores engenheiros José Fernandes Coêlho Sobrinho, por parte da União, e o Coronel Juvêncio Carneiro, prefeito em exercício, pelo Governo do Estado, e por aquele foi dito em minha presença e das testemunhas abaixo nomeadas e assinadas, que fazia entrega do açude público de Cajazeiras, em boas condições de conservação ao Estado da Parahyba do Norte, na pessoa do referido prefeito em exercício, bem como das terras indenizadas até a cota noventa e cinco do projeto, que foram desapropriada, como consta das escrituras publicas, aos seguintes senhores: João de Souza Rolim, Marcelino de Souza, Firmino Rolim de Albuquerque, Raymundo Nonato Gomes, Sabino Gonçalves Rolim de Albuquerque, Maria Leopoldina Cartaxo Rolim, João Mariano Gomes, Rita Gomes de Albuquerque, Antonia Rolim de Albuquerque, Joaquim Gonçalves de Mattos Rolim, Maria Idalina Mattos, Hygino Gonçalves Sobreira Rolim, por me e como curador dos ausentes; Ana Cartaxo Sobreira, Ephifanio Gonçalves Sobreira Rolim, Saturnino Bastos Sobreira, José Sobreira Rolim, Luímea Lyra Sobreira, Angelino Sobreira, Raymundo Derçulino Sobreira, Maria Antonio Rolim, José Joaquim Rolim da Cunha, Maria Sofia Rolim, Maria Antonio Vieira Rolim, Olyntho de Souza Roolim, Ana da Cunha Rolim, Raymundo da Cunha Rolim, Anna Roloim da Cunha, Odilon Pereira Campos, Emydia Silveira Campos, Dr. Bonifacio Gonçalves de Moura, Vital Rolim, Ursulino Cartaxo Rolim, Antonia Maria d'O Regina Duarte, Victoria de Souza Rolim, Crispim Sizenando Coêlho, Maria Guimarães Coêlho, Francisco Luiz de Albuquerque, Vital Leite Rolim, Raymundo Sizenando Coêlho, Moyses Coêlho, Cezario Duarte Rolim. E pelo dito prefeito também foi dito que dava o dito açude como recebido o terras desapropriadas obrigando-se em nome do Governo deste Estado a manter sempre esta obra de serventia publica nas melhores condições de conservação como atualmente se acha. E para maiores segurança aqui ficam transcritos os telegramas oficiais da delegação de poderes recebidos pelo Coronel Juvêncio Carneiro e engenheiro José Francisco Coêlho Sobrinho que assinam

Rua Odilon Cavalcante, 95, Centro - CAJAZEIRAS-PB-Paraíba - Fone: 83 3531-2015 / Fax:

LIVRO 13

FOLHA

este termo como representantes doutor Joaquim Victor Jurema, Juiz de Direito desta Comarca e Aprígio Bezerra de Mello, Coletor Federal. Eis o teor dos telegramas; Prefeito Municipio Cajazeiras, Parahyba, três de novembro de mil novecentos e dezesseis, conforme solicitação Inspector Obras Contra Secas autorizo-vos receber açude ahi construído assinando termos. Saudações Camillo Hollanda, Presidente Estado. Engenheiro Coêlho Sobrinho Cajazeiras, numero seiscentos e sessenta e oito. (Rio, três de novembro de mil novecentos e dezesseis), tendo sido autorizado pelo aviso numero trezentos e quinze de vinte e cinco de outubro findo, a fazer entrega direta ao Estado da Parahyba do açude Cajazeiras, acabo de receber do Exellentissimo Senhor doutor Presidente deste Estado, comunicando-me ter autorizado prefeito municipal d'ahy a receber mediante termo esse açude. Do termo deverá constar estado de obrigação para com a União a conservar esse açude sempre em boas condições. Saudações. Aarão Reis. Depois tendo escrito para mim Tabelião que o li perante todos que reciprocamente aceitaram, outorgaram e assinam com as testemunhas de tudo presente doutor Joaquim Victor Jurema, Aprígio Bezerra de Mello, pessoas conhecidas de mim Tabelião que dou fé e assino em publico e raso com o sinal que uso. Em testemunho da verdade Segundo Tabelião Publico Seraphim Valdemiro de Albuquerque, Cajazeiras seis de novembro de mil novecentos e dezesseis, Engenheiro José Francisco Coêlho Sobrinho, Juvêncio Carneiro, Joaquim Victor Jurema, Aprígio Bezerra de Mello. (estava selado com cem mil oitocentos reis de selo Federal devidamente inutilizado). Era o que se continha no termo que copiei fielmente com o original do que me reporto e dou fé. Cajazeiras em 16 de novembro de 1916. O tabelião Seraphim Valdemiro de Albuquerque.

Dada e passada nesta cidade de Cajazeiras, Estado da Paraíba. O referido é verdade e dou fé.

Cajazeiras-PB, 03 de agosto de 2015.

*Maria Dolores Lira de Souza*  
 Maria Dolores Lira de Souza

Oficiala do Registro Geral de Imóveis

**AT** CARTÓRIO "ANTÔNIO HOLANDA"  
 SERVIÇO NOTARIAL E REGISTRO E  
 PROTESTO 2º OFÍCIO  
 MARIA DOLORES L. DE SOUZA - TABELIÃO  
 STANLEY LIRA DE SOUZA - SUBSTITUTO  
 Fone/Fax: (83) 3531-2015 / Cajazeiras-PB

Tribunal de Justiça do Estado da Paraíba  
**SELO DIGITAL DE FISCALIZAÇÃO**  
 Tipo Normal B  
 Escritura sem valor declarado  
**ABU52067-T4K8**  
 Confira os dados do ato em:  
<https://selodigital.tjpb.jus.br>  
 Emolumentos R\$: 15,96  
 FARPEN R\$: 1,04 FEPJ R\$: 0,47

## Anexo F – Relatório de Obra da Inspetoria Federal de Obras Contra as Secas

Ministerio da Viação e Obras Publicas  
 Inspetoria Federal de Obras Contra as Secas  
2º Distrito

- C O P I A -

AÇUDE "CAJAZEIRAS"

Estado da Paraíba - Município de Cajazeiras

Orçamento . . . 76:244\$096

Custo: 73:201\$425 - Capacidade: 2.599.600 m<sup>3</sup> - Custo do m<sup>3</sup>: 28 rs.

I. - Historico

No interior do Estado da Paraíba, é a cidade de Cajazeiras uma das mais importantes, não só pelo seu comércio, como pela sua população, que, correspondente a 458 casas, que pagam impostos, deve de elevar-se a mais de 4.000 habitantes; e, assim, nada mais natural que o Governo, ao declarar-se a sêca que assolou o nordeste em 1915, voltêsse, desde logo, suas vistas para essa cidade, onde se aglomeravam muitos flajelados.

Como auxilio a êsses infelizes, foi determinada a reconstrução dum velho açude mal iniciado nas proximidades da cidade; e, entre os estudos e projetos da "Inspetoria de Obras Contra as Sêcas", procurou-se qualquer outra obra nessa região que pudesse ser imediatamente iniciada.

Infelizmente nada pôde essa Repartição fornecer; pois, sôbre o assunto, apenas havia, em seu arquivo, uns estudos, feitos em 1911, que não se prestavam, por incompletos e deficientes, de base á organização dum projéto capaz de ser executado. Da memoria descritiva, que acompanhára tais estudos, constava haver em Cajazeiras, mesmo dentro na cidade, um velho açude, que fôra construido em terras pertencentes, na quasi sua totalidade, á familia Rolim, então chefiada pelo padre Rolim, altamente conceituado no lugar.

Esse velho açude fôra formado, por duas barragens, nos braços do riacho Caeira, pouco abaixo da confluencia dos riachos Boi-Morto e Cazemiro, que completam a bacia hidrografica do açude. As barragens eram: uma de terra, mal construida e ja em pessimas condições de conservação, com o comprimento de 150 metros e, mais ou menos, cinco metros de altura, correndo ao longo de seu eixo um muro de alvenaria de tijolos de dois metros de altura e 0,20 de espessura, com fundações de 0,50 de profundidade por 0,30 de base e a outra, construida de alvenaria de pedra e cal, fechava o braço direito do riacho, servindo tambem de saúgradouro. com a largura de 26 m05

- 2 -

## II.- Organização da comissão construtora e início dos trabalhos.

Para a reconstrução do açude "CAJAZEIRAS" foi constituída - pelo aviso n. 349, de 18 de novembro de 1915 - uma comissão construtora, tendo por chefe o engenheiro José Francisco Coelho Sobrinho (com a diária de . 25\$); coadjuvado pelo engenheiro Themistocles Nóbrega, como auxiliar-técnico (com a diária de 20\$), e pelo Sr. Bartolomeu Bezerra Filho, como auxiliar de escrituração (com a diária de 10\$000); sendo, mais tarde, transferido para essas obras, como dezenhista (com a diária de 15\$) o Sr. Adauto Faria de Miranda.

Somente no dia 25 de dezembro foi possível a essa comissão chegar ao longínquo local das obras que ía iniciar, indo da capital do Estado, onde recebera numerário para as despesas, via Fortaleza, e atravessando o interior do Ceará para alcançar a cidade de Cajazeiras, que fica relativamente perto da divisa deste Estado, com o da Paraíba.

Disse o chefe do serviço, no seu primeiro relatório: "Logo no dia imediato ao de nossa chegada se nos deparou o triste e desolador cenário da Bêca, com seu inseparável cortêjo de miserias, que me treme a pena descrever. Uma multidão de famintos, maltrapilhos, semi-nús, magros, anêmicos, caquéticos, nos deu a idéia nítida de um verdadeiro quadro dantesco. No dia 27 do mesmo mês foram iniciados os trabalhos do açude público CAJAZEIRAS, sendo alistados 300 homens, apesar de existirem cerca de 1000 flagelados á cata de colocações".

## III- Projeto adotado.

Nada existindo definitivamente assentado sobre a reconstrução do açude, deliberou o engenheiro Coelho Sobrinho aproveitar parte da barragem de terra existente, onde era preciso extinguir imensos formigueiros e nivelar o coroamento, deixando como sangradouro a antiga barragem-vertedouro, existente no braço direito do riacho, que seria reconstruída. Com esse intuito foram iniciadas as obras.

Examinando, entretanto, posteriormente, com mais cuidado, as obras que estavam em execução, resolveu modificar o trabalho iniciado e organizou novo projeto, que foi definitivamente adotado, elevando a cota da barragem de mais dois metros, suprimindo a barragem-vertedouro que, além de ser inaproveitável em sua maior parte, deixava escoar as águas do açude dentro na parte mais povoada da cidade, determinando-lhe, assim, grandes prejuízos no tempo das cheias, e estabelecendo novo sangradouro para o açude, á direita da primeira barragem de terra, em terreno firme, entre as duas barragens.

O novo projeto, elevando o coroamento da barragem da cota 95 á cota 97 e substituindo a barragem-vertedouro por outra de terra á montante, na mesma cota 97, trouxe a grande vantagem de aumentar consideravelmente a capacidade do açude, que ficou sendo de 2.599.600 de metros cúbicos d'água.

O sangradouro - com mais de 14 metros que o antigo ficou com 40 metros de largura, oferecendo suficiente vazão.

E as duas barragens com 453 1/2 metros de desenvolvimento, têm, na base, a largura máxima de 25 metros e. no coroamento a de 3 metros:

- 3 -

As primeiras sondagens procedidas no local, onde devia ser aberto o sangradouro, indicaram a existência de rocha, que sendo de má qualidade, exigiu a construção de um cordão de alvenaria de pedra e cal, que ficou com 36 metros de comprimento sobre 0,60 de largura, assente suas fundações em rocha firme.

#### IV - Início das obras e conclusão

Iniciadas a 27 de dezembro de 1915, ficaram as obras definitivamente concluídas a 15 de abril de 1916; sendo que, para maior segurança da antiga barragem de alvenaria, que ficou á jusante da nova barragem de terra construída, foi deliberada, depois de organizado o projeto, a construção de 3 gigantes de alvenaria na parte externa da referida muralha.

#### V - Desapropriações

Conforme havia sido determinado, desde que foram atacadas as obras de construção do açude, tratou, desde logo, o engenheiro encarregado da desapropriação das terras, que deveriam ser ocupadas pelas águas da respectiva bacia hidráulica.

¶ sempre essa, no interior do nosso paiz, tarefa das mais difíceis e penozas, por causa do desconhecimento completo, por parte dos proprietários, da extensão exata de suas terras e da falta quasi absoluta de documentos comprobatorios de posse por parte daqueles que se apresentam como verdadeiros donos. Tais dificuldades repetem-se em quasi todas as obras; e sendo sempre preferível liquidar, desde logo, amigavelmente as desapropriações a deixa-las para depois de pronta a obra, ou obtê-las por meio de demoradas questões judiciais; é bem possível que nem todas tenham sido feitas com o devido cuidado.

No açude CAJAZEIRAS, era a das desapropriações uma das mais intrincadas questões. Apresentavam-se muitos possuidores de terras a desapropriar e deixavam de acudir aqueles que maior extensão possuíam. Não podendo permanecer a comissão indefinidamente á espera destes, foi liquidando os casos que iam acudindo ao apelo do engenheiro encarregado; de modo que, concluído o açude, estavam ainda por desapropriar as terras pertencentes aos Srs. Padres Nonato Pitta e Frutuoso Rolim, que, residindo fora do Estado da Paraíba, não poderam ser atendidos a tempo, e as do Sr. Antonio de Souza, que recuzára-se a qualquer acordo amigável.

Estas tres desapropriações ainda a concluir não deverão exigir mais de uns 6:000\$000, que adicionados aos 15:847\$ pagos aos proprietários, mencionados no termo da entrega da obra ao Estado da Paraíba, abaixo transcrito elevarão a 21:847\$000 a importancia total das desapropriações; quantia que, apesar dum pouco elevada, não parece exagerada, desde que se leve em consideração o fato de estar o açude encaixado na propriedade de Cajazeiras e em excelente local para maior e melhor desenvolvimento das culturas que já aí floreciam.

Proprietarios expropriados

e

importancias que receberam

Raimundo Sezinando Coêlho.....	6:000\$000
Antonio Sezinando Coêlho.....	1:377\$000

- 4 -

Sabino Gonçalves Rolim e outros .....	418\$000
Cezario Duarte Rolim .....	504\$000
João de Souza Rolim e outros .....	5:000\$000
Epifanio Gonçalves Sobreira Rolim ....	415\$000
Crispim Sezinando Coelho (bemfeitorias)	<u>533\$000</u>
Total .....	15:847\$000

#### VI - Exame da obra concluída

Tendo sido deliberada a entrega do açude concluído ao Governo do Estado da Paraíba, foi determinado aos engenheiros Pedro Ciarlini e Henrique Pyles - encarregados, respectivamente, das obras dos açudes "Riacho do Sangue" e "Velãme", em construção no Estado do Ceará - que fossem até Cajazeiras examinar si o açude ali recentemente construído estavam em condições de ser entregue.

Os relatórios desse exame, apresentados, separadamente, pelos dois engenheiros, são semelhantes? e, por isto, traslado para aqui apenas o do engenheiro Henrique Pyles.

"Partindo do Riacho do Sangue, a 29 de maio, em companhia do engenheiro Pedro Ciarlini, dirigi-me para a cidade de Cajazeiras, distante aproximadamente 250 quilômetros, para examinar o açude do mesmo nome, e onde chegamos na tarde de 2 de junho. Na manhã seguinte, em companhia do engenheiro Coelho Sobrinho, nos dirigimos ao local da obra, que se acha logo acima da cidade, começando em seguida onde foi possível, verificar que a construção estava de acordo com o projeto e que apresentava, nas suas diversas partes, aproximadamente, as seguintes dimensões, ou relações:

#### BARRAGEM A

Comprimento .....	229 <sup>m</sup> 00
Altura, inclusive barragem antiga que media, aproximadamente, 5 metros .....	7,00
Largura maxima .....	25,00
Coroamento .....	3,00
Taludes de montante .....	2:1
Taludes de jusante .....	1,5:1
Cubação, cerca de 6.500 m <sup>3</sup> (inclusive a barragem antiga e respectivas fund.)	
Revanche .....	2,00

#### BARRAGEM B

Comprimento .....	224,00 <sup>m</sup>
Altura maxima (inclusive fundações)	8,00
Largura maxima .....	21,50
Coroamento .....	3,00
Taludes de montante .....	2:1
Taludes de jusante (até muro antigo na	

- 5 -

Cubação, cerca de 7.000<sup>m3</sup> (inclusive fundações)  
 Revanche ..... 2,00<sup>m</sup>

MURO DE SUPORTE

Alvenaria de pedra e cal:  
 Cubação, cerca de ..... 11,50<sup>m3</sup>

SANGRADOURO

Largura na soleira ..... 40,00<sup>m</sup>  
 Soleira em pedra e piçarra com cordão de alvenaria de pedra e cal no traço de 1:2 ..... 10,350<sup>m</sup>  
 Corte em rocha, cerca de ..... 390,000  
 " " piçarra, cerca de ..... 1155,000

Segundo dizem, a altura máxima da lamina dagua no antigo sangradouro atingiu 1,20 sobre seu comprimento de 26 metros, dando, portanto, uma vazão maxima de

$Q = 1,84 L H^{3/2} = 1,84 \times 26 \times (1,2)^{3/2} = 62,8$  por seg.,  
 sendo L = largura na soleira e H = espessura da lâmina dagua.

Aplicando-se a mesma formula para achar a largura que o sangradouro deveria ter (para descarregar 68m<sup>3</sup>,8), sangrando com uma lâmina dagua de um metro, temos:

$$L = \frac{Q}{1,84 \times H^{3/2}} = \frac{62,8}{1,84} = 34,20$$

Verifica-se, portanto, que o sangradouro de 40,00 é mais que suficiente.

Em 3 de junho verificou-se que as aguas tinham atingido á cota 4.000; faltava um metro para o sangradouro começar a sangrar.

"As duas barragens, que se acham cercadas de arame farpado e plantadas de grama, apresentam apparencia agradavel. Nota-se, na barragem B, pequena infiltração; porem, é de se esperar que não periguesua estabilidade, visto a maior parte ser por debaixo do antigo vertedouro e a tendencia ser de diminuir com a continuada sedimentação.

"Segundo informações do engenheiro Coêlho Sobrinho, acham-se desapropriados, aproximadamente, 2/3 das terras da bacia hydraulica, faltando apenas tres proprietários, que se achavam ausentes e cujas indenizações atingirão talvez a sete (7) contos de reis."

Quando, em agosto de ano de 1917, esteve o Dr. Pires do Rio em inspeção ás obras a carga do engenheiro Coêlho Sobrinho, escreveu, ás paginas 3 de seu respectivo relatorio:

"A obra dá a apparencia de ter sido feita com cuidado. De fato, as duas paredes reveem, quer a feita a montante do muro de pedra, quer a feita como capeamento da velha barragem de terra.



- 6 -

riçarra em que se fundou; na segunda (a montante do muro de pedra) a re-  
vença é vista perfeitamente no trêcho em que a barragem é fundada em ro-  
cha á flor do solo. Medi esta última revença (cerca de 40 litros por mi-  
nuto) e calcúlo a da outra em 20 litros. Nessas condições, a perda por  
infiltração não excederá 1 litro por segundo (ou 86400 litros por dia).  
Esta perda - de cerca de 60.000 metros cubicos em dois anos de seca -  
não influe num açude de mais de 2.500 metros cubicos de capacidade. Não  
me parece que a infiltração venha a prejudicar a estabilidade das bar-  
ragens; num, porque as aguas não aparecem no pé da parêde sinão á uns  
100 metros á jusante; e na outra, porque as terras se acham suportadas  
por um muro de pedras. Este muro foi consolidado por meio de tres gigan-  
tes de pedra e cal; um dêsses contrafortes foi construído num pôço cuja  
agua se exgotou apenas enquanto os pedreiros trabalhavam. A cal da base  
dum contraforte deve ter sido dissolvida e o gigante será de nulo efeito  
como obra de reforço.

VII. - Orçamento e despesas

Como se vê pelo orçamento que acompanhou o projeto organizado  
pelo engenheiro Coêlho Sobrinho, foram as obras avaliadas em 76:244\$096  
Infelizmente, não fôram estas concluídas apenas com o dispêndio dessa  
importancia, por causa das condições especiais da época em que foram exe-  
cutadas.

VIII. - Discriminação da despesa total efetuada

Por conta do credito especial de 5.000:000\$ - aberto pelo De-  
creto n. 11.641, de 15 de julho de 1915 - foram distribuídos, á Delega-  
cia do Tesouro Nacional na Paraíba, dois creditos na importancia total  
de 80:000\$000, sendo o primeiro de 50:000\$000 e o outro de 30:000\$000.

A despesa total abaixo discriminada, feita com a obra, elevou-  
se a 79:976\$220, a saber:

I. - Despesas efetuadas por conta de creditos especiais:

a) - por meio dos adiantamentos feitos ao respectivo encarre-  
gado das obras:

(Credito aberto pelo Decreto n. 11.641, de 15/7/1915).

Pessoal técnico e administrativo	12:337\$000	
" operario .....	39:522\$350	
Desapropriações efetuadas .....	15:847\$000	
Ferramentas, utensilios, objetos de escritório e materiais de cons- trução .....	11:750\$490	79:456\$840

b) - pelo Tezouro Nacional diretamente:

(Credito aberto pelo Decreto n. 11.641, de 15/7/1915)

Transportes e transmissão de telegramas .....	519\$386
Total .....	79:976\$220

Para termos, porem, o custo real da obra realizada, mister é de-  
duzir as importancias de 2:264\$500 (relativa á depreciação de 5%) e de

- 7 -

trução da estrada de rodagem de Cajazeiras á Souza ou ao todo 6:774\$795  
 donde o custo real da obra ..... 73:201\$425

II - Entrega da obra ao Estado da Paraíba

Tendo sido autorizado - pelo aviso n. 315, de 25 de outubro do ano passado - a fazer entrega do açude concluído ao Estado da Paraíba, que se prontificara a recebe-lo e a conserva-lo para serventia publica, foi realizada essa entrega, lavrando-se no ato o seguinte termo:

1º Traslado. - Termo de entrega do açude publico "Cajazeiras" ao Estado da Paraíba do Norte. Aos seis dias do mês de novembro do ano de mil novecentos e dezesseis, nesta cidade de Cajazeiras, comarca e termo do mesmo nome, Estado da Paraíba do Norte, compareceram em meu cartorio os senhores engenheiros José Francisco Coelho Sobrinho, por parte da União, e coronel Juvencio Carneiro, prefeito em exercicio, pelo Governo do Estado, e por aquelle foi dito em minha presença e das testemunhas abaixo nomeadas e assinadas, que fazia entrega do açude publico CAJAZEIRAS, e em boas condições de conservação do Estado da Paraíba do Norte, na pessoa do referido prefeito em exercicio, bem como das terras indenizadas até a cota noventa e cinco do projeto, que foram desapropriadas, como consta das escrituras publicas, aos seguintes senhores: João de Souza Rolim, Marcolino de Souza, Firmino Rolim de Albuquerque, Raimundo Nonato Gomes, Sabino Gonçalves Rolim, Maria Leopoldina Cartaxo Rolim, João Mariano Gomes, Rita Gomes de Albuquerque, Antonia Rolim de Albuquerque, Joana Gonçalves de Matos Rolim, Maria Idalina Matos, Higinio Gonçalves Sobreira Rolim, por si e como procurador dos ausentes: Ana Cartaxo Sobreira, Epifanio Gonçalves Sobreira Rolim, Saturnino Basto Sobreira, José Sobreira Rolim, Edmea Lira Sobreira, Angelino Sobreira, Raimundo Derçulino Sobreira, Maria Antonio Rolim, José Joaquim Rolim da Cunha, Maria Sofia Rolim, Maria Antonio Vieira Rolim, Ollinto de Souza Rolim, Ana da Cunha Rolim, Raimundo da Cunha Rolim, Ana Rolim da Cunha, Ollion Pereira Campos, Enidia Silveira Campos, Dr. Bonifacio Gonçalves de Moura, Vital Rolim Filho, Urculino Cartaxo Rolim, Antonia Maria d'0 Regina Duarte, Vitoria de Souza Rolim, Grizina Sizerando Coelho, Maria Guimarães Coelho, Francisco Luiz de Albuquerque, Vital Leite Rolim, Raimundo Bizenando Coelho, Moisés Coelho, Cezario Duarte Rolim, e pelo dito prefeito também foi dito que dava o dito açude como recebido o termo expropriado, obrigando-se em nome do Governo deste Estado a manter sempre esta obra de serventia publica nas melhores condições de conservação, como atualmente se acha. E para maior segurança aqui ficam transcritos os telegramas officiaes da delegação de poderes recebidos pelo coronel Juvencio Carneiro e engenheiro José Francisco Coelho Sobrinho que assinam este termo como representantes Dr. Joaquim Victor Jurema, Juiz de Direito desta comarca e Aprigio Bezerra de Melo, coletor federal. Eis o teor dos telegramas: "Prefeito Municipio Cajazeiras, Paraíba tres novembro mil novecentos e dezesseis. Conforme solicitação Inspector Obras Contra Zecaz autorizo-vos receber açude aqui construido assinando termos. Saudações. Camilo Holanda, Presidente Estado". Engenheiro Coelho Sobrinho. Cajazeiras, numero seiscentos sessenta e oito. (140, tres novembro mil novecentos e dezesseis). Tendo sido autorizado, pelo aviso numero trescentos e quinze de vinte e cinco de outubro findo, a fazer entrega directa ao Estado da Paraíba do açude Cajazeiras acabo de receber do excelentissimo senhor doutor Presidente desse Estado, comunicação ter autorizado prefeito Municipal dai a receber mediante termo esse açude. Do termo deve constar Estado se obriga para com a União a conservar esse açude sempre em boas condições. Saudações. Araújo Reis. Depois deste escrito por mim Tabelião que o li perante todos que reciprocamente acataram, outorgaram e assinam com as testemunhas de tudo presentes doutor Joaquim Victor Jurema, Aprigio Bezerra de Melo pessoas conhecidas de mim Tabelião que dou fé e assino em publico e razo com o sinal de que uso. Em testemunho da verdade segundo Tabelião Publico, Serafim Waldemiro de Albuquerque, Cajazeiras seis de novembro de mil novecentos e dezesseis. Engenheiro José Francisco Coelho Sobrinho, Juvencio Carneiro, Bel. Joaquim Victor Jurema, Aprigio Bezerra de Melo. (Estava selado com mil oitocentos reis de selo Federal do

No mês de maio do ano de 1917 foram em virtude de solicitação do Excelentíssimo Sr. Presidente do Estado - cedidos, pelo Governo Federal, mais algumas pás, picaretas, enxadadas e carrinhos de mão para serem empregados na conservação das obras.

(Ass.) J. Pereira Guimarães.

ORÇAMENTO, ORGANIZADO PELO ENGENHEIRO QUELHO SOBRINHO,  
DAZ OBRAS DE RECONSTRUÇÃO DO AQUEDU CAJAZEIRAS.

Barragem principal:						
1 -	Roçado em canoeirão á machado .....	3.178,774	m <sup>2</sup>	\$020	66\$575	
2 -	Excavação em terra até 2 metros de profundidade inclusive carga, descarga e transporte a 2 decametros.	1.786,440	m <sup>3</sup>	1\$058	1:890\$053	
3 -	Excavação em terra argilosa para o aterro da referida barragem.	5.614,312	m <sup>3</sup>	1\$670	9:375\$901	
4 -	Transporte a 20 decametros de distancia horizontal .....	5.614,312	m <sup>3</sup>	\$300	1:684\$294	
5 -	Humedecimento e apiloamento em camadas de 0,20 a 0,25 de espessura .....	6.507,532	m <sup>3</sup>	\$750	4:880\$649	17:894\$472
Sangradouro:						
6 -	Excavação em niçarra até 2 metros de profundidade, inclusive carga e descarga....	662,096	m <sup>3</sup>	1\$670	1:105\$700	
7 -	Excavação em pedra a polvora até 2 metros de profundidade inclusive carga, descarga e transporte a 3 decametros .....	226,750	m <sup>3</sup>	6\$739	1:528\$068	2:633\$768
Muro de arrimo:						
8 -	Alvenaria ordinaria de pedra com 2 de cal e 3 de areia...	11,326	m <sup>3</sup>	23\$801	269\$570	
9 -	Rebóco lizo de chapa de argamassa de 1 de cal e 1,5 de areia.....	20,945	m <sup>2</sup>	1\$847	38\$685	308\$255
					A transportar -----	20:836\$495

- 9 -

Transporte 20:836\$495

## Barragem Suplementar:

10 - Rocado e capceirão a machado na área ocupada pela barragem .....	m <sup>2</sup>	2.520,000	\$020	50\$400	
11 - Excavação em terra ordinária até 2 m. de profundidade, inclusive carga, descarga e transporte a 4 decímetros.....	m <sup>3</sup>	1.470,630	1\$088	1:600\$045*	
12 - Excavação em terra argilosa para o aterro da barragem..	m <sup>3</sup>	6.059,952	1\$670	10:120\$120	
13 - Transporte de terra a 30 dec. de distância, inclusive a terra aproveitada do sangradouro .....	m <sup>3</sup>	6.722,048	\$450	3:024\$922	
14 - Humedecimento e aplicação em camadas de 0,20 a 0,25 de espessura.....	m <sup>3</sup>	6.722,048	\$750	5:031\$536	19:827\$023
15 - Direitos sobre o material de instalação, compra e seu transporte até o local da obra .....	20%	-	-	-	3:132\$704
16 - Eventuais.....	5%	-	-	-	2:439\$811
17 - Administração de 20% sobre 48:796\$222 .....					9:759\$244
18 - Desapropriações de terras, benfeitorias e sítios cultivados com árvores frutíferas, etc., 20% sobre o total.....					15:248\$819
					TOTAL ----- 76:244\$096

Copiei e conferi:

3ª Secção - Rio, 10 de fevra de 1928

(Ass.) Illegivel.

2º Escriurario.

## Anexo G – Cadastro Nacional da Pessoa Jurídica da AC3

 <b>REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL</b> <b>CADASTRO NACIONAL DA PESSOA JURÍDICA</b>				
NÚMERO DE INSCRIÇÃO <b>06.181.640/0001-21</b> <b>MATRIZ</b>		<b>COMPROVANTE DE INSCRIÇÃO E DE SITUAÇÃO CADASTRAL</b>		DATA DE ABERTURA <b>10/03/2004</b>
NOME EMPRESARIAL <b>ASSOCIACAO DOS CAJAZEIRENSES E CAJAZEIRADOS DO CEARA - AC3</b>				
TÍTULO DO ESTABELECIMENTO (NOME DE FANTASIA) <b>AC3</b>			PORTE <b>DEMAIS</b>	
CÓDIGO E DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE ECONÔMICA PRINCIPAL <b>94.30-8-00 - Atividades de associações de defesa de direitos sociais</b>				
CÓDIGO E DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES ECONÔMICAS SECUNDÁRIAS <b>94.93-6-00 - Atividades de organizações associativas ligadas à cultura e à arte</b> <b>94.99-5-00 - Atividades associativas não especificadas anteriormente</b>				
CÓDIGO E DESCRIÇÃO DA NATUREZA JURÍDICA <b>399-9 - Associação Privada</b>				
LOGRADOURO <b>R PINHO PESSOA</b>		NÚMERO <b>558</b>	COMPLEMENTO	
CEP <b>60.135-170</b>	BAIRRO/DISTRITO <b>JOAQUIM TAVORA</b>	MUNICÍPIO <b>FORTALEZA</b>	UF <b>CE</b>	
ENDEREÇO ELETRÔNICO		TELEFONE		
ENTE FEDERATIVO RESPONSÁVEL (EFR) *****				
SITUAÇÃO CADASTRAL <b>ATIVA</b>			DATA DA SITUAÇÃO CADASTRAL <b>10/03/2004</b>	
MOTIVO DE SITUAÇÃO CADASTRAL				
SITUAÇÃO ESPECIAL *****			DATA DA SITUAÇÃO ESPECIAL *****	

Anexo H – Logotipo do coletivo “Fórum Açude Grande”

