



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA – UFPB
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

**ANÁLISE DAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS NO ENTORNO DOS SISTEMAS
DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA REGIÃO GEOGRÁFICA IMEDIATA
DE CATOLÉ DO ROCHA - SÃO BENTO, ESTADO DA PARAÍBA**

ADEMIR DE SOUSA NETO

JOÃO PESSOA – PB
2019

ADEMIR DE SOUSA NETO

**ANÁLISE DAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS NO ENTORNO DOS SISTEMAS
DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA REGIÃO GEOGRÁFICA IMEDIATA
DE CATOLÉ DO ROCHA - SÃO BENTO, ESTADO DA PARAÍBA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, em cumprimento aos requisitos necessários para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal da Paraíba.

Orientador:

Prof. Me. Francisco Vilar de Araújo Segundo Neto

**JOÃO PESSOA – PB
2019**

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

S725a Sousa Neto, Ademir de.

ANÁLISE DAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS NO ENTORNO DOS
SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA REGIÃO GEOGRÁFICA
IMEDIATA DE CATOLÉ DO ROCHA - SÃO BENTO, ESTADO DA
PARAÍBA. / Ademir de Sousa Neto. - João Pessoa, 2019.
65 f.

Orientação: Prof Francisco Vilar de Araújo Segundo
Neto.

Monografia (Graduação) - UFPB/CT.

1. Degradação ambiental. 2. Uso e Ocupação da Terra. 3.
Recursos hídricos. 4. Geotecnologias. 5. Semiárido. I.
Araújo Segundo Neto, Prof Francisco Vilar de. II.
Título.

UFPB/BC

FOLHA DE APROVAÇÃO

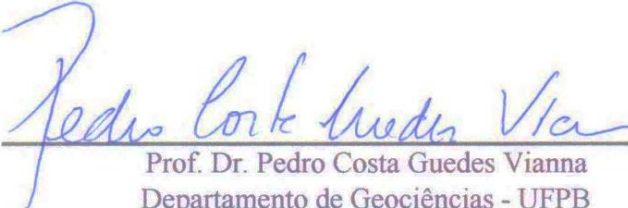
NOME DO ALUNO
Ademir de Sousa Neto

TÍTULO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
Análise das condições ambientais no entorno dos sistemas de abastecimento de água da Região Geográfica Imediata de Catolé do Rocha - São Bento, estado da Paraíba.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado em 23 de setembro de 2019 perante a seguinte Comissão Julgadora:


Prof. Me. Francisco Vilar de Araújo Segundo Neto
Departamento de Geociências - UFPB

Aprovado
(Aprovado/Reprovado)

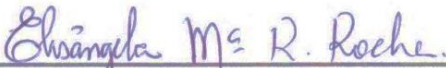

Prof. Dr. Pedro Costa Guedes Vianna
Departamento de Geociências - UFPB

APROVADO
(Aprovado/Reprovado)


Eng. Pe. Antônio Paulo Cabral de Melo

APROVADO
(Aprovado/Reprovado)

Elisângela M. R. Rocha
Coordenadora de Eng. Ambiental
CT/UFPB - Mat. 1821373


Prof.ª. Dra. Elisângela Maria Rodrigues Rocha
Coordenadora do Curso de Graduação em Engenharia Ambiental

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, pelo dom da vida e pela oportunidade de amadurecimento com a finalização deste curso superior e a construção deste trabalho de conclusão de curso. Agradeço ainda a Maria Santíssima, pelo seu colo de mãe, que sempre esteve intercedendo a seu filho amado por mim.

Ao meu orientador, Prof. Me. Francisco Vilar de Araújo Segundo Neto pelo excelente trabalho na orientação deste trabalho, mostrando sua inteira disposição durante todo o processo.

A todos que compõem o LEGAT-UFPB, pelo apoio, paciência e contribuição no processo de construção deste trabalho.

Aos meus familiares, meus pais, Thoclys e Maria e demais familiares, em especial, meus avós Raimundo e Margarida e meus tios Apollyanne e Lenildo que contribuíram para a realização deste trabalho.

Aos meus amigos e colegas da UFPB, aqueles da minha turma 2015.1, em especial, Giulia, Amanda, Mateus, Matheus, Rafaela e Ana Vitória e aos demais colegas que tive a oportunidade de conhecer durante o processo de aprendizagem no tempo de graduação.

Aos meus amigos de vida pessoal que me deram apoio emocional e moral durante a realização deste trabalho, em especial, João Victor, Johansson, Luciene, Anna Clara Irma, Gabriel, Lucas, Eduardo, Valter, Almir, Pedro Augusto, Pedro Henrique, Pe. Vamberg, meu padrinho, Pe. Jurandir, Lucas Lucena e Andreza Alverga e tantos outros que posso ter esquecido de mencionar.

À Universidade Federal da Paraíba, pelo ensino público gratuito e de qualidade. Pelo amadurecimento profissional e pessoal que me proporcionou. A evolução e participação em Centro Acadêmico e Empresa Júnior (a minha querida ECO's) e aos projetos de monitoria e extensão. Agradeço ainda a todos os mestres e doutores que compõem o quadro de docentes desta instituição que puderam dar suas contribuições ao longo da graduação.

*Sempre que puder, fale de amor e com amor
para alguém. Faz bem aos ouvidos de quem
ouve e à alma de quem fala.*

(Irmã Dulce dos Pobres)

RESUMO

O semiárido brasileiro é caracterizado pelos baixos índices pluviométricos e uma consequente escassez dos recursos hídricos, desta forma, faz-se necessário a amenização dos problemas causados pelos longos períodos de estiagem, geralmente por meio da acumulação de água feita em reservatórios artificiais e a preservação dos corpos hídricos naturais que abastecem a população dessa localidade. Neste trabalho, estuda-se a região geográfica imediata de Catolé do Rocha-São Bento, localizada no semiárido do estado da Paraíba, como forma de identificar as condições ambientais dos reservatórios e fontes de abastecimento para consumo humano, por meio da análise de uso e ocupação da terra no entorno dos mesmos. Nesse contexto, fez-se necessário entender a problemática causada pela degradação ambiental, e o papel da gestão de recursos hídricos, além da aplicação de técnicas do Sensoriamento Remoto para análises ambientais. Foram utilizadas imagens atuais do sensor OLI-LANDSAT 8 que permitiu tal estudo, obtendo-se mapas temáticos sobre a ocupação da terra como resultados que foram confrontados e complementados com os diagnósticos ambientais colhidos a partir da visita a campo. Por fim, através das análises, foram sugeridas propostas mitigatórias como forma de amenizar os problemas ambientais e de saneamento identificados. Sendo assim, foi possível diagnosticar as condições ambientais de abastecimento de água para a região.

Palavras chave: Degradação Ambiental; Uso e ocupação da terra; Recursos hídricos; Geotecnologias; Semiárido.

ABSTRACT

The Brazilian semiarid is characterized by low rainfall and a consequent scarcity of water resources, thus, it is necessary to alleviate the problems caused by long periods of drought, usually through the accumulation of water in artificial reservoirs and the preservation of natural water bodies that supply the population of this locality. In this work, are studied the immediate geographic region of Catolé do Rocha-São Bento, located in the semi-arid state of Paraíba, as a way to identify the environmental conditions of reservoirs and sources of supply for human consumption, through the use and occupation analysis. of the earth around them. In this context, it was necessary to understand the problem caused by environmental degradation, the role of water resources management, and the application of Remote Sensing techniques for environmental analysis. Current images of the OLI-LANDSAT 8 sensor that allowed this study were used, obtaining thematic maps on land occupation as results that were compared and complemented with the environmental diagnoses collected from the field visit. Finally, through the analysis, mitigation proposals were suggested as a way to mitigate the identified environmental and sanitation problems. Thus, it was possible to diagnose the environmental conditions of water supply for the region.

Keywords: Environmental Degradation; Land use and occupation; Water resources; Geotechnologies; Semiarid.

LISTA DE SIGLAS

AESA: Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba

ANA: Agência Nacional das Águas

APP: Área de Preservação Permanente

CAGEPA: Companhia de Água e Esgotos da Paraíba

CODEVASF: Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba

CONAMA: Conselho Nacional do Meio Ambiente

DNOCS: Departamento Nacional de Obras Contra as Secas

GPS: *Global Positioning System*

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICMBio: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade

IFOCS: Inspetoria Federal de Obras Contra as Secas

IOCS: Inspetoria de Obras contra as Secas

ONU: Organização das Nações Unidas

PGRS: Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos

PNMA: Política Nacional de Meio Ambiente

PNRH: Plano Nacional de Recursos Hídricos

PNRS: Política Nacional de Resíduos Sólidos

PNSB: Plano Nacional de Saneamento Básico

RGB: *Red/Green/Blue*

RL: Reserva Legal

SIG: Sistema de Informação Geográfica

SNIS: Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

SUDENE: Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização da região geográfica imediata de Catolé do Rocha-São Bento - PB	19
Figura 2. Fluxograma das atividades desenvolvidas	20
Figura 3. Delimitação de APP e classificação do uso da terra no Açude Carneiros - Jericó - PB	36
Figura 4. Margens do Açude Carneiros.....	37
Figura 5. Margens do Riacho São Bento imediatamente ao lado do Açude Carneiros.	38
Figura 6. Delimitação de APP e classificação do uso da terra no Açude Riacho dos Cavalos - Riacho dos Cavalos - PB	39
Figura 7. Açude Riacho dos Cavalos	40
Figura 8. Leito do Riacho dos Cavalos: a) presença de um posto de combustíveis; b) presença de um lixão.	41
Figura 9. Delimitação de APP e uso da terra do Açude Tapera - Belém do Brejo do Cruz - PB	42
Figura 10. Delimitação de APP e classificação do uso da terra do Açude Escondido - Belém do Brejo do Cruz - PB	43
Figura 11. Açude Escondido (a).....	44
Figura 12. Açude Escondido (b).....	45
Figura 13. Delimitação de APP e classificação do uso da terra do Açude Baião - São José do Brejo do Cruz - PB	46
Figura 14. Margens do Açude Baião	47
Figura 15. Açude Baião	48
Figura 16. Delimitação de APP e classificação do uso da terra do Rio Piranhas - Paulista - PB	49
Figura 17. Índícios de eutrofização no Rio Piranhas.....	50
Figura 18. Ligações clandestinas de água às margens do Rio Piranhas	50
Figura 19. Presença de agricultura no entorno do Rio Piranhas.....	51
Figura 20. Barragem de nível do ponto de captação de águas do município de Catolé do Rocha.....	51
Figura 21. Estação de Tratamento de Águas de Catolé do Rocha: a) Câmaras dos floculadores; b) Câmaras de decantação	52
Figura 22. Ponto de lançamento de esgotos de Paulista-PB.....	53
Figura 23. Comparativo do uso da terra em APP da região estudada	55

Figura 24. Sistema de lagoas facultativas da Estação de Tratamento de Esgoto de Catolé do Rocha.....	57
Figura 25. Lançamento dos efluentes de esgoto doméstico após o tratamento no Riacho Agon	57
Figura 26. Sistema Mandala	58
Figura 27. Círculo de Bananeiras	59
Figura 28. Técnicas de Hidroponia	60

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Localidades visitadas no levantamento de campo.	21
Quadro 2. Quantificação dos usos da terra no entorno do Açude Carneiros	37
Quadro 3. Quantificação dos usos da terra no entorno do Açude Riacho dos Cavalos	40
Quadro 4. Quantificação dos usos da terra no Açude Tapera - Belém do Brejo do Cruz - PB	42
Quadro 5. Quantificação do uso da terra no Açude Escondido	44
Quadro 6. Quantificação do uso da terra no entorno do Açude Baião.....	47
Quadro 7. Quantificação do uso da terra no entorno do Rio Piranhas.....	49
Quadro 8. Panorama Geral dos Usos da Terra	54

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	15
1.1. PROBLEMÁTICA	16
1.2. OBJETIVOS	16
1.2.1. Objetivo Geral	16
1.2.2. Objetivos específicos	17
1.3. JUSTIFICATIVA	17
1.4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA	17
2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	20
2.1. REVISÃO DO REFERENCIAL TEÓRICO	20
2.2. LEVANTAMENTO DE DADOS EM CAMPO	21
2.3. AQUISIÇÃO DAS IMAGENS DE SATÉLITE	21
2.3.1. Classificação do uso da terra	22
2.3.2. Vetorização dos reservatórios.....	22
2.4. CONSTRUÇÃO DAS BASES CARTOGRÁFICAS.....	22
2.4.1. Classificação do uso da terra	22
2.4.2. Delimitação de APP	23
2.5. CONSTRUÇÃO DE GRÁFICOS E TABELAS	23
3. REFERENCIAL TEÓRICO	24
3.1. DEGRADAÇÃO AMBIENTAL	24
3.1.1. Degradação ambiental dos corpos hídricos	25
3.2. GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS	26
3.2.1. Comitê de Bacias Hidrográficas como forma de Gestão de Recursos Hídricos 28	
3.2.2. Usos da água no semiárido	29
3.2.3. Gestão dos Recursos Hídricos no Semiárido.....	29
3.3. GEOTECNOLOGIAS E SENSORIAMENTO REMOTOS APLICADOS PARA O MONITORAMENTO DE ÁREAS EM ESTUDO	31
3.3.1. GPS – Global Positioning Sytem	32
3.3.2. Sensoriamento Remoto.....	32
3.3.3. Sistema de Informação Geográfica (SIG)	34
3.3.4. Geotecnologia aplicada ao monitoramento do semiárido.....	34
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
4.1. ANÁLISE DO USO E OCUPAÇÃO DA TERRA	36

4.1.1.	Açude Carneiros – Município de Jericó – PB	36
4.1.2.	Açude Riacho dos Cavalos – Município de Riacho dos Cavalos – PB....	38
4.1.3.	Açude Tapera – Município de Belém do Brejo do Cruz – PB	41
4.1.4.	Açude Escondido – Município de Belém do Brejo do Cruz – PB	43
4.1.5.	Açude Baião – Município de São José do Brejo do Cruz – PB	45
4.1.6.	Rio Piranhas – Município de Paulista – PB: fonte de abastecimento dos municípios de Catolé do Rocha e São Bento – PB.	48
4.2.	PANORAMA GERAL DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DA REGIÃO GEOGRÁFICA IMEDIATA DE CATOLÉ DO ROCHA – SÃO BENTO.....	54
4.2.1.	Agricultura Irrigada e Pecuária Extensiva.....	55
4.2.2.	Saneamento Básico.....	56
4.3.	PROPOSTAS MITIGATÓRIAS PARA OS IMPACTOS AMBIENTAIS ANALISADOS	58
4.3.1.	Sistema Mandala	58
4.3.2.	Círculo de Bananeiras.....	59
4.3.3.	Hidroponia	60
4.3.4.	Plano de Saneamento Básico.....	60
	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	61
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62

INTRODUÇÃO

A preocupação com as mudanças ambientais, segundo Araújo (2016), encontra-se em evidência em todo o globo terrestre, podendo-se afirmar que tais mudanças se originam a partir das ações humanas, em vista do grau de exploração do homem aos recursos naturais. Com o advindo da preocupação com o meio ambiente, surge no cenário mundial o conceito de desenvolvimento sustentável.

Costuma-se definir que o termo desenvolvimento sustentável está em processo constante de evolução. Barbosa (2008) reitera que o mesmo termo surgiu após um estudo feito pelas Organizações Unidas a respeito da crise ambiental instalada no século XX com as novas práticas comerciais, revolução industrial, urbanização desordenada e globalização. As consequências para os impactos causados ao meio ambiente, principalmente no que se diz respeito aos efeitos da industrialização e do crescente consumo humano, são de extrema importância para o conhecimento científico.

A degradação ambiental proveniente do processo de urbanização desordenada e tendo a globalização como um dos efeitos negativos causadores, segundo Dias (2015), associa-se a redução da qualidade de vida, ocasionando o aumento da exclusão e desigualdade social, abrindo um amplo questionamento sobre a articulação trabalhista, meio ambiente e economia, bem como sobre o ponto de exaustão dos recursos naturais. Concomitantemente, Viola (1998) afirma que o sucesso dos processos de globalização e da revolução industrial está elevando a degradação do meio ambiente em patamares perigosos, tais quais como, congestionamento nas cidades, aumento das emissões de dióxido e monóxido de carbono, desencadeando, por consequência, a diminuição da qualidade de vida.

Neste trabalho, o enfoque será dado às degradações ambientais ocasionadas pelo uso da terra e suas consequências no sistema de abastecimento público de água. A principal causa que leva a degradação da água, para Lima (2004), são as atividades humanas. O desmatamento é o principal fator que gera o processo de degradação de áreas, onde a vegetação natural dá lugar à pastagem, ao cultivo agrícola ou a construção de obras de engenharia para edificação de estradas, edifícios e barragens. Do mesmo modo Silva e Luz (2016) afirmam que a cobertura vegetal nos centros urbanos possui uma importância relevante, uma vez que melhoram as condições térmicas, tornando-se um dos principais indicadores da qualidade ambiental.

A região do semiárido, principalmente a Caatinga, possui agravantes no que diz respeito à degradação ambiental. As condições climáticas e o uso da terra com atividades agrícolas e pastoreio extensivo combinados com uma baixa qualidade de vida e capacidade técnica da

maioria dos proprietários de terra causam diversos problemas ambientais como a erosão do solo, diminuição da biodiversidade, comprometimento das nascentes e Áreas de Preservação Permanente (APPs) e até mesmo processos de desertificação. (SOUSA e NASCIMENTO, 2015).

A disponibilidade hídrica na região do semiárido é outro ponto peculiar, bem como sua gestão, sendo o desenvolvimento de estruturas de engenharia capazes de tornar o abastecimento de água perene, garantindo o abastecimento humano e as atividades agropecuárias desenvolvidas na região (CIRILO, MONTENEGRO e CAMPOS, 2011). O desperdício de água é para Moraes e Jordão (2002) uma das maiores preocupações na gestão dos recursos hídricos, além do uso inadequado dos reservatórios e os lançamentos de efluentes e resíduos sólidos.

A aplicação de geotecnologias tem se tornado cada vez mais eficaz quanto a análise da dinâmica de uso e ocupação da terra. Para o estudo do uso da terra e cobertura vegetal, as técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento tornam o processo mais rápido e eficiente, bem como mais confiável. Além disso, as geotecnologias possuem baixo custo, o que torna a utilização das mesmas mais viável economicamente. Dessa forma, pode-se analisar por meio do sensoriamento remoto se houve mudanças na cobertura vegetal. (ROSENDO e ROSA, 2007)

1.1. PROBLEMÁTICA

Tendo em vista que o uso inadequado da terra pode acarretar sérios problemas ambientais, será que a região geográfica imediata de Catolé do Rocha-São Bento atende aos parâmetros determinados na legislação ambiental vigente? Quais são os tipos de uso da terra que mais degradam o ambiente próximo aos mananciais de água na localidade? Quais são os principais impactos causados pelo uso inadequado da terra na região imediata de Catolé do Rocha-São Bento? Qual o grau de preservação das matas ciliares nas proximidades dos mananciais de água da região? Como o poder público age quanto ao cuidado com o meio ambiente e os sistemas de abastecimento de água para a região?

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo Geral

- Analisar as condições ambientais no entorno dos sistemas de abastecimento de água da região geográfica imediata de Catolé do Rocha - São Bento, estado da Paraíba.

1.2.2. Objetivos específicos

- Espacializar as Áreas de Preservação Permanentes (APPs) das fontes de abastecimento de água da região geográfica imediata de Catolé do Rocha-São Bento.
- Identificar e quantificar os tipos de ocupação da terra no entorno dos reservatórios de abastecimento urbano da região.
- Avaliar a situação ambiental das fontes de abastecimento de água.
- Propor ações mitigatórias para as degradações ambientais identificadas.

1.3. JUSTIFICATIVA

A região geográfica imediata Catolé do Rocha-São Bento vem sofrendo com sérios impactos ambientais, principalmente por causa do crescente processo de urbanização, do desmatamento para uso da terra para pastagens, com a criação de bovinos, suínos e caprinos, além da produção agrícola.

O interesse do autor pela temática se deu a partir da curiosidade em entender a realidade ambiental da região, tendo em vista seu vínculo com o município de Catolé do Rocha, como forma de contribuir, com a região de origem, por meio desta pesquisa. Vale ressaltar que Catolé do Rocha e os municípios da região, bem como grande parte dos municípios do semiárido nordestino, vêm lidando com o intenso processo de degradação ambiental, onde os solos estão ficando cada vez mais prejudicados e o seu processo de recuperação está cada vez mais difícil.

Além disso, com esse trabalho pretende-se investigar se há o cumprimento das legislações ambientais vigentes no Brasil, principalmente no que se diz respeito à Lei 12.651 de 2012, popularmente conhecida como Novo Código Florestal e demais legislações ambientais.

Outro fator para a escolha da área é que inúmeros estudos científicos mostram que, dependendo do grau, a degradação da Caatinga (bioma no qual o município se insere), pode ser de difícil recuperação. Não obstante, a região carece de estudos e dados sobre tal problemática, que pode ser identificado com o uso do Sistema de Informações Geográficas (SIG) e do Sensoriamento Remoto, os quais podem mapear áreas degradadas em um estágio que se possa recuperar ou até mesmo evitá-las.

1.4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

A região geográfica imediata de Catolé do Rocha-São Bento é composta por onze municípios, sendo eles: Belém do Brejo do Cruz, Bom Sucesso, Brejo do Cruz, Brejo dos Santos, Catolé do Rocha, Jericó, Lagoa, Mato Grosso, Riacho dos Cavalos, São Bento e São José do Brejo do Cruz, que por sua vez se localizam na região intermediária de Patos (Alto

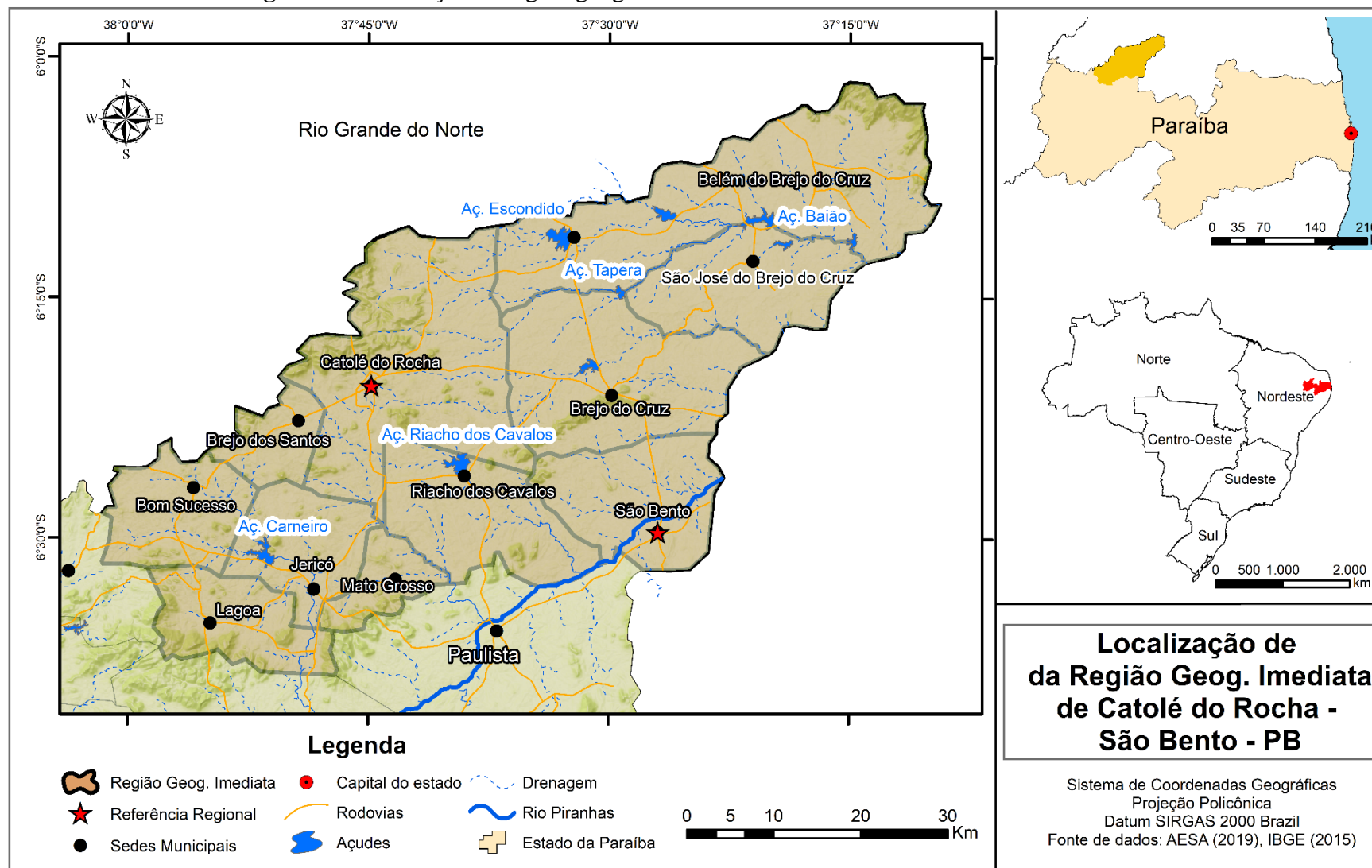
Sertão), no estado da Paraíba, tendo os municípios de Catolé do Rocha e São Bento como as principais sedes da região, como mostrado na figura 1. A região imediata Catolé do Rocha-São Bento faz divisa com o estado do Rio Grande do Norte, inseridos em uma região denominada de Polígono das Secas. (MAIA, 2013). Os municípios que compõem esta região estão inseridos na bacia hidrográfica do Rio Piranhas-Açu, onde 60% da sua área se encontram no estado da Paraíba e corta a região imediata de Catolé do Rocha-São Bento (MOURA, 2007).

Apresentando área total de 3.038 km² e população atual estimada em 116 mil habitantes, a região geográfica imediata de Catolé do Rocha-São Bento, possui clima tropical em que predomina médias térmicas de 27°C e precipitações irregulares que giram em torno de 800 milímetros por ano. O relevo caracteriza-se pela existência, principalmente do Planalto da Borborema e com vegetação de caatinga em quase toda sua longitude. (SILVA *et al.*, 2014).

Tomando como base os dados do Ministério de Minas e Energia do Brasil (2005), o município de Catolé do Rocha, referência da região geográfica imediata, possui uma área de 464,2 km. A sede municipal de Catolé do Rocha situa-se a uma altitude de 272 metros em coordenadas geográficas 9.298.598NS E 638.590EW. O município foi criado em 1835, a população total estimada para 2018 é de 30.343 (trinta mil, trezentos e quarenta e três) pessoas, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Possui clima Bsh-Semiárido quente com chuvas de verão e seca média com 5 a 7 meses secos. A pluviometria média anual é de 849,1 (Período de 1911-1985). A vegetação é do tipo Caatinga-Sertão. A temperatura média é de 26° a 27°C. A topografia apresenta predominantemente relevo ondulado a suavemente ondulado com declividade média à baixa. Ainda assim, encontra-se inserido nos domínios da bacia hidrográfica do Rio Piranhas, região do Médio Piranhas. (MOURA, 2007).

O município de São Bento é vizinho a Catolé do Rocha e tornou-se referência na região a partir da nova classificação de regiões geográficas feitas pelo IBGE em 2017, esse destaque se deu graças a ascensão econômica do município, sendo a capital das redes, produzindo 12 milhões de rede ao ano, sendo 300 empresas informais e 70 formais, atraindo assim pessoas de outros municípios ou promovendo o aumento do êxodo rural para a industrialização e fabricação das redes produzidas. A população de São Bento no último censo foi de 30.879 pessoas e a estimada em 2018 foi de 33.796 pessoas (CARNEIRO e SOUZA, 2014).

Figura 1. Localização da região geográfica imediata de Catolé do Rocha-São Bento - PB

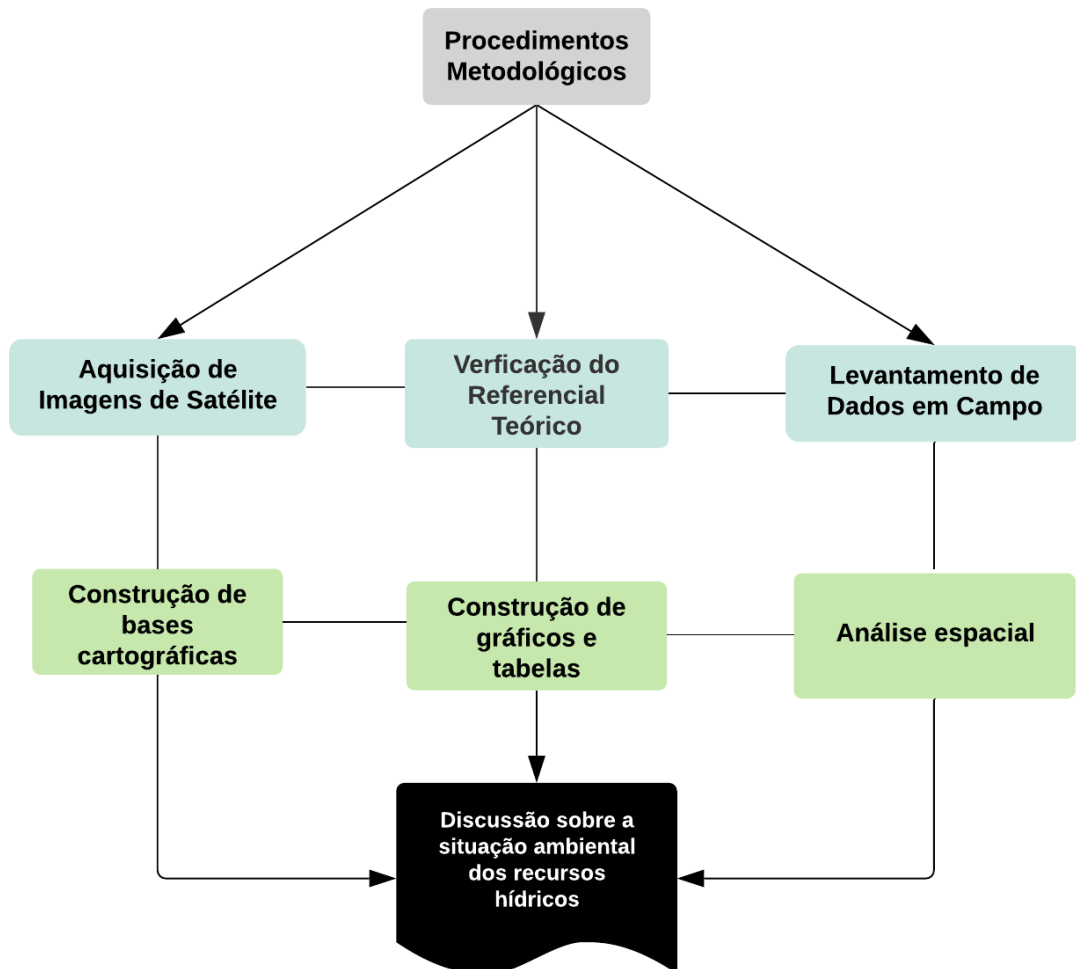


Fonte: Ademir de Sousa Neto (2019)

2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este trabalho está alicerçado em seis importantes momentos que correspondem às etapas das atividades realizadas, conforme o fluxograma na figura 2 abaixo.

Figura 2. Fluxograma das atividades desenvolvidas



Fonte: Autor (2019)

2.1. REVISÃO DO REFERENCIAL TEÓRICO

Para embasar o trabalho, foram utilizadas pesquisas diversas e trabalhos que abordam temas relacionados com as seguintes palavras-chave: degradação ambiental, enfatizado os autores: Manzatto (2006) e Moraes e Jordão (2002); gestão dos recursos hídricos no semiárido brasileiro enfatizado os autores: Brasil (1997, 2007, 2012) e Araújo Segundo Neto (2016); e geotecnologias, destacando-se os autores: Câmara e Davis (2000) e Florenzano (2005).

2.2. LEVANTAMENTO DE DADOS EM CAMPO

No intuito de comprovar os dados obtidos por meio de sensoriamento remoto e analisados por meio do SIG, foi feito um levantamento de informações em campo na região para embasar as discussões sobre os objetivos propostos.

O levantamento foi feito nos dias 07, 08 e 09 de julho do presente ano, sendo utilizados aparelhos receptores GPS e imagens de satélites atuais dos locais visitados, a fim de analisar as semelhanças entre as imagens e o contexto da realidade.

Este levantamento foi feito, principalmente, no intuito de atender os objetivos específicos de identificar e discutir sobre as soluções mitigatórias para os problemas ambientais e sociais sobre a situação de abastecimento de água na localidade, por isso, o itinerário se fez nos principais reservatórios de abastecimento de água e nas estações de tratamento de água e esgoto, conforme quadro 1 mostrado abaixo.

Quadro 1. Localidades visitadas no levantamento de campo.

Data	Localidade	Município	Coordenadas Geográficas
07/jul	Açude dos Carneiros	Jericó	-6,522868; -37,847250
08/jul	Açude Riacho dos Cavalos	Riacho dos Cavalos	-6,425246; -37,653428
	CAGEPA (Agência Local)		-
	Estação de Tratamento de Água (em construção)		-6,434679; -37,664296
	Lixão		-6,444167; -37,651306
	Estação de Tratamento de Água	Catolé do Rocha	-6,345826; -37,748220
	Estação de Tratamento de Esgoto		-6,348132; 37,726702
	Rio Piranhas - Ponto de captação de água de Catolé do Rocha	Paulista	-6,597536; -37,636284
	CAGEPA (Agência Local)		-6,598199; -37,623855
	Ponto de lançamento de Esgoto de Paulista		-6,591694; -37,623917
09/jul	Açude Tapera	Belém do Brejo do Cruz	-6,244260; -37,485650
	Açude Escondido		-6,188700; -37,552400
	Açude Baião	São José do Brejo do Cruz	-6,171800; -37,329610

Fonte: Autor (2019)

2.3. AQUISIÇÃO DAS IMAGENS DE SATÉLITE

As imagens adquiridas são do sensor OLI do LANDSAT 8. Todas as aquisições, observações e discussões feitas são a respeito da atual situação da área de estudo. Os critérios estabelecidos para a aquisição das imagens foram: ausência ou presença mínima de nuvens e

período mais próximo do levantamento de dados em campo, levando em consideração a quadra anual de chuvas da região, onde desta forma, a vegetação apresenta mais desenvolvida.

Dessa forma, as imagens escolhidas foram datadas de 26 de maio de 2019, possuindo 2,35% de cobertura de nuvens para as análises dos reservatórios artificiais. Já para as análises do Rio Piranhas, essas mesmas imagens possuíram cobertura de nuvens em seu trecho, havendo necessidade de adquirir imagens datadas de 12 de agosto de 2019 com 0,8% de cobertura de nuvens.

2.3.1. Classificação do uso da terra

As imagens do sensor OLI LANDSAT 8 foram utilizadas para o estudo do uso e ocupação da terra e foram obtidas através da plataforma *Remote Pixel*¹, sendo utilizadas as bandas 8 (PAN), 7 (SWIR), 5 (NIR) e 3 (GREEN). As resoluções das imagens são de 15 metros para a primeira banda citada e 30 metros para as demais.

2.3.2. Vetorização dos reservatórios

Foi realizada a atualização das bases em *shapefile* da açudagem fornecida pela Agência Executiva de Gestão das Águas da Paraíba (AES/A). Dessa forma foram utilizadas as imagens adquiridas pelo LANDSAT como plano de fundo, no intuito de atualizar a delimitação dos mesmos e prosseguir com a construção das bases cartográficas.

2.4. CONSTRUÇÃO DAS BASES CARTOGRÁFICAS

Para todas as etapas de construção das bases cartográficas foram utilizados o software ArcGIS (ArcInfo) 10.5, desenvolvido pela ESRI, sendo utilizada a projeção UTM, datum SIRGAS 2000 Zona 24S para todos os processamentos.

2.4.1. Classificação do uso da terra

Para a classificação do uso da terra foram feitas composições de bandas de falsa-cor com penetração atmosférica (7, 5, 3), sendo realizada pela operação *Composite Bands* no ArcMap. Essa composição é utilizada para as etapas posteriores do estudo.

As imagens de satélite obtidas são visualizadas em tons de cinza, visando facilitar a compreensão humana faz-se o processo de composição de bandas utilizando o SIG, processo esse que consiste na inserção das cores primárias aditivas (RGB) a cada uma das cenas, e nesse

¹ <https://search.remotepixel.ca/>

processo de mistura são geradas imagens coloridas verdadeiras, quando trabalhadas na faixa do espectro visível ou coloridas falsa-cor, quando trabalhadas com bandas da faixa do infravermelho.

Após o processo de composição de bandas, faz-se a fusão com a banda 8, de resolução de 15 metros, a fim de converter as resoluções espaciais das demais bandas de 30 para 15 metros, através do operador *Create Pansharpened Raster Dataset*, localizada no *ArcToolBox* → *Data Management Tools* → *Raster* → *Raster Processing*.

Logo após, foi feito o corte das imagens pelo *shapefile* da área analisada através da função *Clip* do ArcMap.

Após o processo de corte, foi feita a classificação não supervisionada das imagens, onde o SIG irá agrupar feições espaciais de dimensões iguais ao número de bandas presentes, utilizando a ferramenta *Image Classification* do ArcMap, selecionando a opção *Iso Cluster Unsupervised Classification*, sendo estabelecidas quatro classes: água, solo exposto, áreas edificadas e vegetação. No intuito de minimizar os erros que possam acontecer na classificação feita pelo SIG, foi solicitado que o mesmo fizesse a classificação em 12 classes e posteriormente foi feita a reclassificação, agrupando os mesmos usos.

2.4.2. Delimitação de APP

A delimitação de APPs foi feita através da ferramenta *Buffer* do ArcMap, onde, tendo como referência o *shapefile* dos corpos hídricos, foi delimitado o raio de influência conforme a legislação.

Foi levado em consideração o Art. 4º da Lei 12.651 de 2012, que delimita o raio de APP de acordo com a largura do corpo hídrico, sendo aplicados 100 metros, uma vez que se trata de reservatório artificial para abastecimento público e de rio com 50 metros de largura.

2.5. CONSTRUÇÃO DE GRÁFICOS E TABELAS

Foram quantificados os dados de uso e ocupação da terra e esses dados de área foram distribuídos no Excel, sendo possível construir tabelas que assim geraram gráficos do tipo “pizza” de distribuição de áreas de acordo com cada classe em estudo. Para quantificar os usos da terra nas APPs é necessário fazer a vetorização do *raster* de classificação do uso da terra já cortado pelo limite do reservatório através da ferramenta *Raster to Polygone*, agrupa-se os polígonos através do *dissolve* e o cálculo das áreas é feito pela calculadora geométrica da tabela de atributos.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

O meio ambiente possui várias definições que dependem da percepção humana que varia pelo uso dado ao mesmo. Krzysczak (2016) define que a percepção ambiental é definida como a tomada de consciência dos humanos sobre o meio que estão inseridos, protegendo e cuidando desse espaço. A preocupação com o meio ambiente vem crescendo, como explicitado na introdução desse trabalho.

Este trabalho visa o melhor entendimento sobre os danos ao meio ambiente, sendo estudados os conceitos de degradação ambiental, gestão dos recursos hídricos e o auxílio das geotecnologias na detecção desses impactos.

3.1. DEGRADAÇÃO AMBIENTAL

Ao estudar a conceituação de degradação ambiental, faz-se necessário também evidenciar a definição de impacto ambiental para poder haver uma distinção adequada de ambos os termos. No Brasil, a definição de impacto ambiental é dada pela Resolução nº 1 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) de 23 de janeiro de 1986, segundo a qual “considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas (...)”. (CONAMA, 1986). Desta forma, Moreira (1999) reflete sobre esta definição como o impacto ao meio ambiente sendo qualquer alteração feita ao meio ambiente através das ações humanas, não importando se estas ações irão gerar consequências positivas ou negativas e classificando a degradação ambiental como sendo um impacto ambiental negativo.

A degradação ambiental pode ser causada por diversos fatores, entre eles encontra-se a urbanização decorrente da industrialização que, segundo Silva (2007) causa um adensamento populacional que acarreta em sérios problemas ao meio urbano e rural, sendo um exemplo a produção de materiais cuja a decomposição é lenta e impede a “volta a terra dos resíduos da produção e do consumo que poderiam reconstruir a fertilidade”, o que pode ser caracterizado como poluição e deterioração do meio ambiente. As principais formas de degradação e poluição antropogênicas afetam diretamente o solo, os corpos hídricos, o clima, o ar e a biodiversidade.

Partindo desse pressuposto, o estudo será aprofundado nas causas e consequências das degradações e poluições causadas ao meio ambiente, principalmente no que se refere aos corpos hídricos, como forma de entender e aplicar a bibliografia nas interpretações dos dados obtidos por este trabalho.

3.1.1. Degradação ambiental dos corpos hídricos

Os recursos hídricos estão presentes na rotina das populações, principalmente por ser o constituinte de todos os organismos vivos. Moraes e Jordão (2002) comentam que o Brasil possui vantagem sobre outros países por possuir este recurso em grandes quantidades, mas faz um alerta sobre a potencialidade de desperdício devido ao seguimento das tendências internacionais das ações antrópicas indevidas que ameaçam tal recurso.

Machado (2003) explicita que desde o crescimento populacional, o desenvolvimento científico-tecnológico e a urbanização expressiva pós revolução industrial, a água doce disponível e própria para consumo humano (cerca de 0,007% disponível em rios, lagos e atmosfera) corre risco de colapso, poluição, assoreamento, impermeabilização do solo, irrigação inadequada, o descarte de resíduos sólidos urbanos e até mesmo hospitalares e outros processos antropogênicos, causando a contaminação desses mananciais. Os resíduos transportados pela água, na maioria das vezes são tóxicos e podem voltar para os corpos hídricos, poluindo-os, perturbando a qualidade da água doce natural. Em países tropicais, o tratamento de águas poluídas é um processo caro e raramente disponibilizado e o consumo dessas águas poluídas pode causar doenças humanas. (MORAES e JORDÃO, 2002)

Segundo Londe et al. (2014), o bloqueio de bueiros tem início com o depósito de lixo em locais impróprios, ocasionando a poluição difusa de corpos hídricos. A partir deste bloqueio, a água da chuva não é drenada adequadamente, provocando ou piorando inundações nos ambientes urbanos, em que grande parte da superfície do solo está impermeabilizada por concreto ou asfalto.

A água proveniente das inundações se mistura a detritos, fezes e urina de animais, animais mortos, chorume e outros poluentes e toda esta mistura é transportada através do escoamento superficial para casas, rios, lagos, reservatórios e pode também atingir aquíferos e unidades de tratamento de água. Os problemas decorrentes deste processo incluem os setores de saúde (aumento na incidência de doenças), ambiente (piora da qualidade da água) e econômico (aumento nos custos de tratamento de serviços de suprimento de água potável e de limpeza de espaços públicos). (LONDE, COUTINHO, *et al.*, 2014, p. 197)

O descarte de resíduos sólidos e lançamento de esgoto doméstico sem tratamento nos corpos hídricos possuem uma atuação degradadora imensurável. Os corpos hídricos são habitualmente supridos por matéria orgânica naturalmente dos ecossistemas terrestres e de atividades humanas em níveis controlados e que são decompostos pela biota aquática, sendo de importância para a fomentação da produção primária e secundária nos ecossistemas aquáticos. Por outro lado, o lançamento pontual de resíduos sólidos, esgotos sanitários e efluentes industriais sem o prévio tratamento comprometem a saúde dos corpos hídricos. O contínuo

lançamento de efluentes de origem antrópica leva ao processo de eutrofização artificial. A eutrofização artificial tem como consequência direta a atração e proliferação de algas e macrófitas aquáticas, desestabilizando o ecossistema, uma vez que o meio é incapaz de decompor essa uma quantidade excessiva de material orgânico contida nos efluentes e resíduos sólidos. Com a continuidade do processo é possível notar a mortandade de peixes e outros organismos, causadas pela falta ou diminuição de oxigênio devido a presença de organismos no espelho dos corpos hídricos, impedindo as trocas gasosas (MORAES, 2009).

A eutrofização em corpos hídricos utilizados como abastecimento para consumo humano resulta em aumento nos custos do tratamento da água para abastecimento público devido ao aumento no uso de coagulantes e alcalinizantes para o total processo de desinfecção da água e adequação aos padrões de potabilidade (BARRETO, BARROS, *et al.*, 2013).

O assoreamento dos corpos hídricos também preocupa a qualidade da água extraída dos mesmos, sendo o principal problema que afeta os lagos implicando na diminuição do volume de água utilizável tendo como causa principal a água da chuva que transportam sedimentos em suspensão, sendo estes originados da retirada de vegetação do solo que o deixa desestabilizado e exposto. (CABRAL, 2005)

Na esfera rural, os corpos hídricos sofrem agressões com os usos indiscriminados de agrotóxicos. A infiltração de agrotóxicos no solo pode atingir reservatórios de água e o lençol freático devido a fraturas e poros existentes nas rochas ou no solo. Os agrotóxicos possuem metais pesados em sua composição, sendo estes absorvidos pelas plantas, transferindo resíduos dessas substâncias para outros níveis tróficos. As ligações entre as diversas cadeias alimentares formam as teias alimentares, que possuem os diversos níveis interligados de forma mais complexa. Através da contaminação dos corpos hídricos por agrotóxicos e o uso da água contaminada para usos humanos, há o contato direto com substâncias tóxicas que irão desencadear problemas de saúde futuros. (STEFFEN, STEFFEN e ANTONIOLLI, 2011).

Ainda assim, a água utilizada para irrigação é uma solução de diversos sais que vão se acumulando à medida que a água infiltra no solo, ocasionando o processo denominado salinização que está relacionado à ocorrência de solos situados em regiões de baixas precipitações pluviais e déficits hídricos elevados (semiáridos e áridos) e com deficiências naturais de drenagem. (CUNHA-SANTINO, 2010).

3.2. GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

Fez-se necessário o surgimento de leis que tratassem mais especificamente sobre pontos peculiares, e uma delas foi a Política Nacional de Recursos Hídricos, lei nº 9.433 de 1997, que

teve como objetivo principal assegurar a disponibilidade de água às futuras gerações no seu devido padrão de potabilidade, utilização racional e integrada dos recursos hídricos, prevenção a eventos climatológicos e incentivo a captação, preservação e aproveitamento de águas pluviais, fazendo-se necessário a articulação com o uso do solo e diversidades físicas, bióticas, demográficas, econômicas, sociais e culturais das diversas regiões do País. Tal lei se vale de dois grandes instrumentos: outorga e criação do comitê de bacias hidrográficas. A outorga assegura o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água, enquanto o comitê de bacias promove o debate das questões relacionadas a recursos hídricos e articular a atuação das entidades intervenientes de modo a priorizar as peculiaridades locais. (BRASIL, REPÚBLICA FEDERATIVA, 1997).

Um legado importante deixado pela Política Nacional de Recursos Hídricos foi a instituição de penalidades e infrações, descritos no artigo 49:

Art. 49. Constitui infração das normas de utilização de recursos hídricos superficiais ou subterrâneos: I - derivar ou utilizar recursos hídricos para qualquer finalidade, sem a respectiva outorga de direito de uso; II - iniciar a implantação ou implantar empreendimento relacionado com a derivação ou a utilização de recursos hídricos, superficiais ou subterrâneos, que implique alterações no regime, quantidade ou qualidade dos mesmos, sem autorização dos órgãos ou entidades competentes; III - (VETADO) IV - utilizar-se dos recursos hídricos ou executar obras ou serviços relacionados com os mesmos em desacordo com as condições estabelecidas na outorga; V - perfurar poços para extração de água subterrânea ou operá-los sem a devida autorização; VI - fraudar as medições dos volumes de água utilizados ou declarar valores diferentes dos medidos; VII - infringir normas estabelecidas no regulamento desta Lei e nos regulamentos administrativos, compreendendo instruções e procedimentos fixados pelos órgãos ou entidades competentes; VIII - obstar ou dificultar a ação fiscalizadora das autoridades competentes no exercício de suas funções. (BRASIL, REPÚBLICA FEDERATIVA, 1997).

Os padrões de potabilidade ditos na PNRH não estão definidos nela, ficando a carga de portarias do Ministério da Saúde. A portaria em vigor atualmente é Portaria Consolidada nº 5 de 28 de setembro de 2017 que põe a obrigatoriedade de controle e vigilância da qualidade à toda água que possuir destinação ao consumo humano e definindo que padrão de potabilidade é um conjunto de valores que permitem a qualidade necessário para consumo humano da água, não oferecendo riscos à saúde (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2017).

Em concomitância com a Política Nacional de Recursos Hídricos, tem-se a Política Federal de Saneamento Básico, lei nº 11.445 de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, possuindo como fundamento principal abastecimento de água, esgotamento sanitário e drenagem de águas pluviais em áreas urbanas, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos realizados de formas adequadas à saúde pública e à proteção do meio ambiente (BRASIL, 2007).

No intuito de garantir o esgotamento sanitário, preservando os corpos hídricos da poluição, surge a resolução CONAMA n° 430 de 2011 que delimita os padrões e diretrizes para gestão de lançamentos de efluentes nos corpos hídricos receptores, definindo as características do efluente a ser lançado e do corpo receptor após o lançamento, estando proibido a causa de efeitos tóxicos aos organismos aquáticos desse corpo hídrico (CONAMA, 2011).

Vale a pena mensurar ainda o Código Florestal Brasileiro, lei n° 12.651 de 2012, o qual possui como objetivo o estabelecimento de normas sobre a proteção da vegetação, áreas de preservação permanente, áreas de reserva legal a exploração florestal, o suprimento de matéria-prima florestal, o controle da origem dos produtos florestais e o controle e prevenção dos incêndios florestais, e prevê instrumentos econômicos e financeiros para o alcance de seus objetivos. De forma mais específica, a legislação define:

II - Área de Preservação Permanente - APP: área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas; III - Reserva Legal - RL: área localizada no interior de uma propriedade ou posse rural, delimitada nos termos do art. 12, com a função de assegurar o uso econômico de modo sustentável dos recursos naturais do imóvel rural, auxiliar a conservação e a reabilitação dos processos ecológicos e promover a conservação da biodiversidade, bem como o abrigo e a proteção de fauna silvestre e da flora nativa; (BRASIL, REPÚBLICA FEDERATIVA, 2012)

3.2.1. **Comitê de Bacias Hidrográficas como forma de Gestão de Recursos Hídricos**

Como mencionado no tópico anterior, em 1997 teve-se a promulgação da Política Nacional de Recursos Hídricos, entretanto, anterior a esta lei, os recursos hídricos brasileiros eram geridos pelo Código das Águas, decreto n° 24.643 de 1934. Neste decreto, considerava-se que a água era de domínio público e privado e de gestão predominantemente do Estado, dificultando o gerenciamento democrático dos recursos hídricos. (BRITO, 2008).

Desta forma, os principais desafios da época eram descentralizar e democratizar a gestão dos recursos hídricos entre os diversos níveis de instâncias governamentais e seus usuários em bacias hidrográficas e rios artificiais, sendo assim, foi configurada a Política Nacional de Recursos Hídricos de 1997, que instituiu o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. A gestão democrática prevista na nova legislação de recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas e a bacia hidrográfica é a unidade territorial da gestão de recursos hídricos. Sua gestão deve ser descentralizada e deve contar com a participação do poder público, dos usuários e das comunidades. (LIMA, 2009).

A implementação de uma política democrática na gestão dos recursos hídricos trouxe o aspecto de uma nova cidadania, de acordo com as manifestações coletivas, instituindo o cidadão como criador de direitos para abrir novos espaços de participação sociopolítica, aspectos que, mesmo com tais avanços, configuram barreiras que precisam ser superadas para multiplicar iniciativas de gestão compartilhada (JACOBI e FRACALANZA, 2005).

3.2.2. Usos da água no semiárido

Sobre os diversos usos da água é possível observar cotidianamente a água sendo utilizada em atividades industriais, irrigações em atividades agropastoris, produção de energia (usadas geralmente no resfriamento de caldeiras em termoelétricas), na recreação e, principalmente, no abastecimento humano e dessedentação de animais, sendo este último, assegurado no art. 1º da Política Nacional de Recursos Hídricos como prioridade em casos de estiagem (AZEVEDO, 2012).

A disputa entre agricultura irrigada e abastecimento público é um dos maiores conflitos pelo uso da água, principalmente em regiões semiáridas e com economia baseada na agricultura. (BRITO, 2008).

Como dito por Tucci, Hespanhol e Netto (2000), o semiárido brasileiro e algumas regiões onde o uso de água é intenso apresentam condições críticas quanta a esta relação no período de estiagem. O nordeste brasileiro, sobretudo, possui condições hídricas combinadas desfavoráveis: evapotranspiração alta durante todo o ano, baixa precipitação, formação cristalina em boa parte do seu território e baixo desenvolvimento econômico social. Do mesmo modo, como dito anteriormente, é o aspecto econômico adquirido à água.

A água é fator essencial de desenvolvimento rural em regiões de grande variabilidade sazonal de água e em regiões de seca como o nordeste, onde a viabilidade do desenvolvimento econômico depende, muitas vezes, da disponibilidade de água. Existe uma importante expansão de empreendimentos voltados para a fruticultura irrigada, que apresenta alta rentabilidade econômica. (TUCCI, HESPANHOL e NETTO, 2000, p. 34)

3.2.3. Gestão dos Recursos Hídricos no Semiárido

Na perspectiva de melhorar a situação da escassez hídrica no Nordeste a construção de açudes se tornou uma espécie de medida padronizada para solucionar o problema. Tal feito foi administrado, principalmente, pelo Departamento Nacional de Obras Contra a Seca (DNOCS) do Governo Federal. Entretanto, este projeto não se atentou em distribuir as águas acumuladas de forma igualitária, uma vez que o abastecimento de comunidades distantes das estruturas não

foi pensado. Dessa forma, os açudes não ofertaram água para uma grande parcela da população. Deste modo, algumas medidas emergenciais precisaram ser tomadas para socorrer a população, sendo uma delas a utilização de caminhões-pipa. (ANDRADE e NUNES, 2014).

Ao longo do processo de formação territorial do semiárido nordestino, a ampliação da oferta de água se deu, historicamente, pelas políticas desenvolvidas pelas Inspetorias de Secas (IOCS e IFOCS), DNOCS, SUDENE, CODEVASF, pelas diversas esferas políticas (Federal, estadual e municipal) e até por ações particulares das Oligarquias nordestinas. (ARAÚJO SEGUNDO NETO, 2016, p. 43)

Como breve histórico sobre as políticas aplicadas ao semiárido, tem-se, de acordo com Araújo Segundo Neto (2016):

- 1909: foi criado o primeiro órgão de combate as secas e voltado para o Nordeste, através do Decreto n° 7.619 de 21 de outubro de 1909, chamando-se de Inspetoria de Obras Contra as Secas (IOCS).
- 1919: IOCS que havia sido criado em caráter emergencial, torna-se permanente e passa a ser chamar de Inspetoria Federal de Obras Contra as Secas (IFOCS).
- Governo de Getúlio Vargas (1930-1945): houve a construção de diversos açudes na região.
- 1945: o então IFOCS é passa-se a se chamar Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS) e torna-se a instituição federal mais antiga com atuação no Nordeste brasileiro.
- 1959: criação da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), que entre seus objetivos existia o anseio de aumentar a produtividade do semiárido nordestino.
- Golpe Militar de 1964: desestruturou os planos de desenvolvimento da região semiárida do Nordeste, e o DNOCS passou a criar projetos de perímetros públicos de irrigação nos estados da região.
- 1974: foi instituída a Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (CODEVASF), pela Lei n° 6.088, com o objetivo de promover o desenvolvimento da região do São Francisco, com base nos recursos hídricos.

Ainda no intuito de mitigar os efeitos da seca, surgiu o Programa Nacional de Universalização do Acesso e Uso da Água – Água para Todos, instituído pelo Decreto Federal n° 7.535 de julho de 2011 com a finalidade de promover a universalização do acesso à água em áreas rurais, principalmente no semiárido nordestino, para consumo humano e para a produção

agrícola e alimentar. Sendo o foco do programa a construção de micro barragens, cisternas de produção e captação de água da chuva e sistema de abastecimento coletivo. (BRASIL, REPÚBLICA FEDERATIVA, 2011).

O Projeto de Integração do rio São Francisco com as Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional é maior e mais recente obra de aporte hídrico do Nordeste brasileiro, tendo como objetivo principal assegurar a demanda de água para a região do semiárido brasileiro utilizando as águas do rio São Francisco, sendo um empreendimento do Governo Federal sob responsabilidade do Ministério da Integração Nacional. O fornecimento das águas suprirá as demandas por consumo humano e animal, agricultura irrigada e piscicultura. (ARAÚJO SEGUNDO NETO, 2016).

3.3. GEOTECNOLOGIAS E SENSORIAMENTO REMOTOS APLICADOS PARA O MONITORAMENTO DE ÁREAS EM ESTUDO

As geotecnologias, ou simplesmente geoprocessamento, são o conjunto de tecnologias utilizadas na coleta, processamento, análise e disponibilização de informações com referência geográfica, sendo compostas por soluções em hardware, software e mão de obra humana que juntos constituem ferramentas para tomada de decisões. Dentre as geotecnologias destacam-se: sistemas de informação geográfica, sensoriamento remoto, sistema de posicionamento global. (ROSA, 2005).

O termo geoprocessamento evidencia a obrigatoriedade dos conhecimentos técnicos em matemática e computação para o tratamento da informação geográfica que influenciará as áreas de análise dos recursos naturais, cartografia, transportes, planejamento urbano, comunicação e energia. O conjunto de ferramentas computacionais utilizadas para o geoprocessamento são denominadas de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) que permitem analisar e integrar dados e criar um banco de dados georreferenciados. (CÂMARA e DAVIS, 2000).

Em um país de dimensões continentais como o Brasil, o Sistema de Informações Geográficas apresenta dados essenciais para tomadas de decisões importantes sobre problemas urbanos, rurais e ambientais e ainda possibilita a criação de banco de dados para consultas a qualquer momento. (CÂMARA e DAVIS, 2000).

Com a inovação dos meios de exploração dos recursos naturais a necessidade de estudos, que acompanhassem a dinâmica das modificações no meio ambiente, também, cresceu, como por exemplo, as técnicas de sensoriamento remoto que possibilitaram o estudo de impactos ambientais em diversos biomas de diferentes locais na superfície da Terra, tornaram-se, assim, um campo em contínua evolução. O conceito mais específico para sensoriamento remoto leva em conta as funções dos

sensores e a transferência de dados por intermédio de energia entre o objeto e o sensor. (SILVA, 2014, p. 48).

Desta forma, as ferramentas de geotecnologias podem ser utilizadas para facilitar os estudos, a compreensão e monitoramento dos processos de degradação ambiental, principalmente em áreas que carecem de informações e vivem situações precárias como o semiárido brasileiro, utilizando-as como fornecedoras de dados confiáveis que servem como base para as tomadas de decisões. (TAVARES, 2019).

3.3.1. GPS – Global Positioning System

O GPS é a abreviatura de *Navigation System with Time and Ranging Global Positioning System NAVSTAR/GPS*, sendo um sistema de rádio navegação baseado em observações aos satélites artificiais, fundamentado na medida de distância entre o usuário e os satélites, admitindo-se um mínimo erro. (ARANA, 2000).

O GPS foi desenvolvido e controlado pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos e foi utilizado como instrumento de favorecimento na Segunda Guerra Mundial, após esse acontecimento, os Estados Unidos se empenharam em encontrar uma solução para o problema do posicionamento preciso, surgindo assim, o GPS como sistema que possui uma alta precisão. (ROSA, 2005). Apesar de ter sido criado com finalidades de guerra, o Sistema de Posicionamento Global (GPS) revelou-se extremamente preciso e rápido para o posicionamento e mapeamento, contribuindo também para o Sensoriamento Remoto. (CÂMARA e DAVIS, 2000).

Com o auxílio do GPS é possível coletar dados em campo, facilitando a localização de alguns pontos indispensáveis para a análise do estudo proposto, principalmente no que se refere a vegetação, uso do solo e degradação ambiental, auxiliando na referência da análise proposta. (TAVARES, 2019).

3.3.2. Sensoriamento Remoto

O sensoriamento remoto é o processo de aquisição de imagens de um determinado território, através da radiação eletromagnética gerada pelo sol ou pela terra que é emitida por determinados objetos que compõe este território e captada por sensores instalados em aviões ou em satélites. (LEITE e ROSA, 2006). As imagens obtidas através do sensoriamento remoto proporcionam uma visão de conjunto temporal de extensas áreas da superfície terrestre, possibilitando estudos regionais integrados e envolvendo vários campos do conhecimento.

Além de mostrar a transformação do meio ambiente, destacando os impactos causados por fenômenos naturais ou ações antrópicas ao longo do tempo. (FLORENZANO, 2005).

A obtenção de dados por sensoriamento remoto requer o uso de energia, sendo utilizado a radiação eletromagnética que se propaga em formas de ondas eletromagnéticas com a velocidade da luz. Tal energia é necessária para a operação dos sensores remotos. Os sensores remotos são equipamentos que captam e registram a energia refletida ou emitida pelos elementos terrestres. A capacidade que um sensor possui para discriminar objetos em função da sua sensibilidade espectral é chamada de resolução espacial, de forma geral, quanto maior o número de bandas de um sensor, maior será sua resolução espectral e melhor será o detalhamento dos dados. (FLORENZANO, 2011).

Existe uma grande variedade de satélites artificiais utilizados em missões militares, de telecomunicações, navegações, usos científicos, meteorológicos e de sensoriamento remoto. Os principais satélites de recursos naturais são: LANDSAT; SPOT; CBERS; IRS e entre outros. O LANDSAT foi lançado em 1972, pela NASA, e tem como objetivo a aquisição de dados espaciais, espectrais e temporais da superfície da terra, de forma global, sinóptica e repetitiva. Os satélites LANDSAT possui 8 versões, a mais atual, o LANDSAT 8 foi equipado com o sensor OLI (Operational Land Imager) e TIRS (Thermal Infrared Sensor), possuindo estas 11 bandas, um período de 16 dias de revisita e resolução pancromática de 15 metros, multiespectral de 30 metros e termal de 100 metros. (ROSA, 2005).

Os produtos de Sensoriamento Remoto e sua manipulação em ambiente SIG permitem uma rápida e econômica abordagem na apuração da dinâmica do uso do solo, sobretudo em áreas de preservação permanente, sendo assim de fundamental importância para a identificação e quantificação de áreas de preservação permanente e sua devida ocupação do solo, utilizando-se de imagens de satélite, com baixa ou média resolução espacial. (PASSOS, SALES e LIMA, 2018).

Impulsionados pela disponibilização de dados orbitais por órgãos nacionais e internacionais, o uso do sensoriamento remoto tem sido cada vez mais frequente, e as demais geotecnologias são utilizadas por diversos autores que estudam a região Semiárida sob as diferentes formas de abordar as questões ambientais e as interferências das ações humanas ao meio ambiente. (SILVA, 2014).

3.3.3. Sistema de Informação Geográfica (SIG)

A partir da necessidade de diminuir o custo de elaboração e manutenção de mapas, através da automação do processamento de dados espaciais iniciou-se uma busca por técnicas que realizasse todo o processo de aquisição, armazenamento, análise e apresentação de dados georreferenciados na superfície terrestre, assim surge o SIG (Sistema de Informação Geográfica). Essa técnica é um ramo do geoprocessamento bastante utilizada hoje e de suma importância para estudos geográficos de correlação, haja vista que consegue combinar dados de diferentes fontes e espacializar essas informações em um mapa. Portanto, o SIG é instrumento essencial para análises complexas que envolve uma grande quantidade de informações, depois de combinadas e processadas as informações o usuário tem novos dados que podem ser retirados através de gráficos, tabelas e principalmente mapas. (ROSA, 2005).

O SIG possui a capacidade de estabelecer relações espaciais entre elementos gráficos, sendo o sistema mais adequado para a análise espacial dos dados geográficos. Além dos dados geométricos e espaciais, o SIG possui atributos alfanuméricos, que podem ser associados a elementos gráficos, fornecendo informações descritivas sobre eles. (CÂMARA e DAVIS, 2000).

A definição e as características de um SIG descritas anteriormente, bem como a multiplicidade de usos dessa ferramenta, apontam para uma visão interdisciplinar de sua utilização, inclusive para estudos de ambientais, principalmente no que se refere a áreas com poucas informações. (MACÊDO, 2015).

3.3.4. Geotecnologia aplicada ao monitoramento do semiárido

A utilização de imagens de satélite para o estudo da dinâmica do processo de monitoramento em áreas do semiárido nordestino vem sendo frequentemente realizada. Em outras regiões Semiáridas no mundo, o emprego das geotecnologias tem proporcionado resultados satisfatórios. Impulsionados pela disponibilização de dados orbitais por órgãos nacionais e internacionais, o uso do sensoriamento remoto tem sido cada vez mais frequente, e as demais geotecnologias são utilizadas por diversos autores que estudam a região Semiárida sob as diferentes formas de abordar as questões ambientais e as interferências das ações humanas ao meio ambiente. (SILVA, 2014).

As modificações na cobertura vegetal, mesmo que esta, seja totalmente ou parcialmente removida, provoca alterações no equilíbrio do ambiente, onde essas alterações aceleram os processos de erosão, assoreamento dos rios, aumento da temperatura local, redução da recarga d'água de rios e aquíferos, aumento de incêndios, entre outros eventos, isso se deve,

primordialmente, pela importância da cobertura vegetal na manutenção do equilíbrio ambiental. (GOMES, MEDEIROS, *et al.*, 2013).

Com o uso das geotecnologias, é possível ter uma melhor análise do uso e ocupação do solo é de fundamental importância para os estudos ambientais, uma vez que, essas análises possibilitam a representação da dinâmica da superfície terrestre em estudo. O uso e ocupação do solo é definido como o modo em que a superfície terrestre é utilizada pelos seres humanos. E de acordo com os tipos de uso do solo as alterações exercidas pelo homem podem ser identificadas e classificadas em duas principais perspectivas. Sendo elas a perspectiva geral e mais perceptível que se dá a partir da conversão de uma categoria de uso para outra, por exemplo a alteração da cobertura vegetal nativa para atividades agrícolas. Já a outra perspectiva é a de manejo, que seria a mudança dentro de uma mesma categoria de uso do solo, por exemplo, áreas domiciliares urbanas sendo transformadas em áreas de atividades terciárias. (JANSEN, 2002).

A análise da paisagem, feita por meio das geotecnologias, deve contemplar todos os elementos que influenciam na dinâmica natural e, que, intensificados pelas ações humanas, levam ao processo de degradação. Entre as diferentes formas de abordar este fenômeno, a análise da paisagem possibilita a caracterização e avaliação espaço-temporal tanto dos aspectos físicos como dos usos e ocupação, ou seja, a apropriação do espaço. (SILVA, 2014)

As metodologias que utilizam a Geotecnologia como ferramenta principal vem se destacando, sendo a alternativa mais viável para se reduzir significativamente o tempo gasto com o mapeamento das áreas a serem protegidas e, por consequência, agilizar o período hábil de fiscalização do cumprimento das leis pertinentes à legislação. (EUGENIO, SANTOS, *et al.*, 2011).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

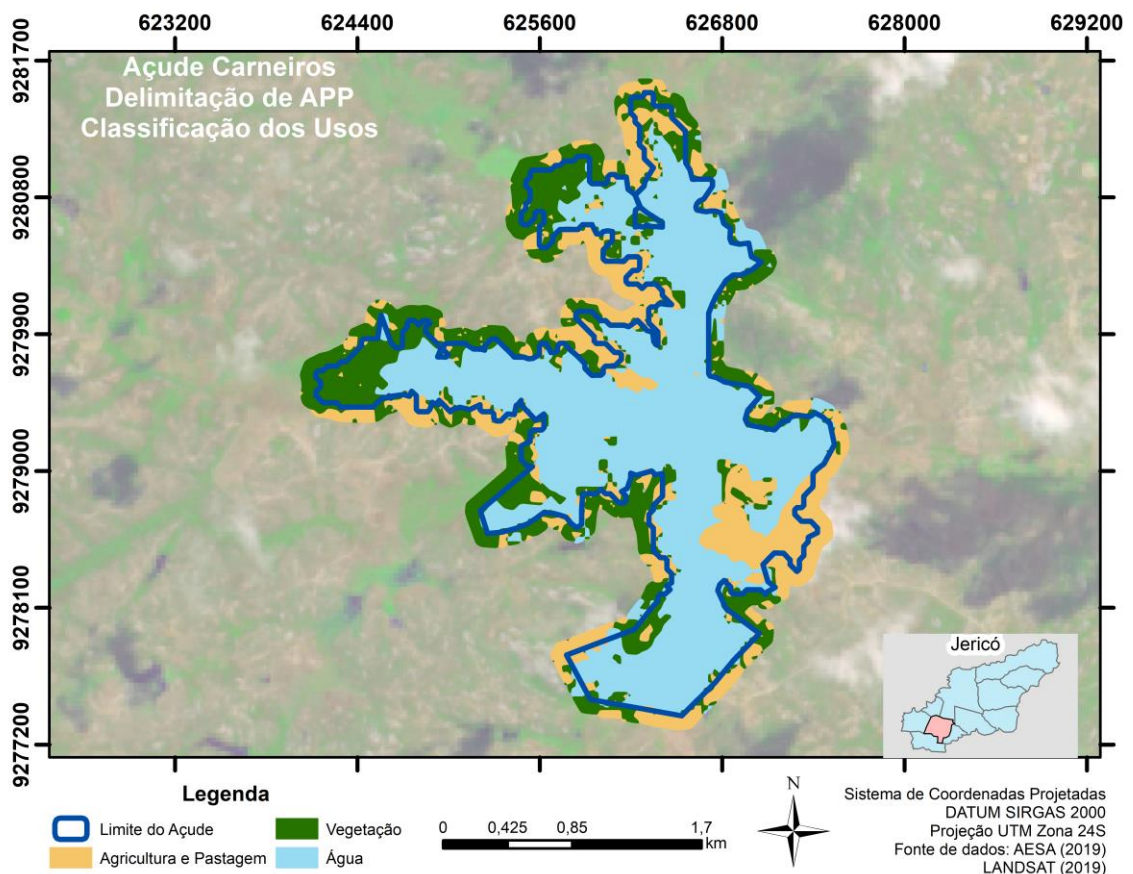
4.1. ANÁLISE DO USO E OCUPAÇÃO DA TERRA

As análises envolvendo o uso e ocupação da terra no entorno dos reservatórios e fontes de abastecimento urbano dos municípios da região geográfica imediata de Catolé do Rocha-São Bento foram feitos através de técnicas de sensoriamento remoto, utilizando-se o SIG. As coletas de dados em campo foram essenciais para validar os resultados obtidos a seguir, como também entender a realidade no tocante ao abastecimento de água na região.

4.1.1. Açude Carneiros – Município de Jericó – PB

No reservatório do município de Jericó, percebeu-se que a sua extensão e capacidade atual estão em patamares estáveis para atender a demanda hídrica local, apresentando 28,2% da sua capacidade total (AESAs, 2019). No entanto, nota-se que nas margens, em sua maior parte, não há presença de mata ciliar ou de vegetação que o proteja das intempéries, configurando uma ampla degradação local, como mostrado na figura 3.

Figura 3. Delimitação de APP e classificação do uso da terra no Açude Carneiros - Jericó - PB



Elaboração: Ademir de Sousa Neto (2019)

De modo geral, levando em consideração a realidade local, as áreas degradadas, que não possuem cobertura vegetal, foram classificadas como áreas de agricultura e pastagem. Entretanto, através da coleta de dados no Açude Carneiros, observou-se que a área está de fato degradada, sem usos hodiernos de práticas agropecuárias, contudo, essas áreas foram degradadas por causa dessas atividades.

Apesar de estarem praticamente imersos no entorno do reservatório, a população rural não possui acesso às águas do mesmo, tendo o seu abastecimento realizado através de carros-pipa ou por meio de ligações de bombas clandestinas. Algo que desperta a curiosidade é o fato de o abastecimento dessa população ribeirinha ser feita pela água advinda de outro reservatório. O Açude Carneiros abastece os municípios de Bom Sucesso, Brejo dos Santos, Lagoa, Mato Grosso e o próprio município de Jericó, conforme dados coletados em campo. De forma geral, foram definidas as seguintes classes de uso da terra conforme o quadro 2 abaixo.

Quadro 2. Quantificação dos usos da terra no entorno do Açude Carneiros

Açude Carneiros						
Usos	Área no Açude		Área na APP		Área Total	
	ha	%	ha	%	ha	%
Água	314,5	94,9	17,0	5,1	331,5	100
Vegetação	72,2	40	110,4	60	182,6	100
Agricultura e Pastagem	56,1	36,6	97,2	63,4	153,3	100

Fonte: Autor (2019)

Percebe-se que existe uma vasta área sendo classificada como agricultura e pastagem, embora que a mesma esteja amplamente degradada, conforme pode ser visto na figura 4.

Figura 4. Margens do Açude Carneiros



Fonte: Acervo do autor (2019)

Comparando o mapa com a figura acima é possível admitir que a área carece de vegetação que proteja o reservatório dos processos erosivos que o mesmo está condicionado. Mesmo havendo presença de casas próximas a parede do açude, as práticas ligadas a agricultura são inexistentes.

A degradação nesta área não se faz presente apenas no reservatório. Nas proximidades do Açude Carneiros, existem leitos de vários riachos, entre eles o Riacho São Bento, que não possui vegetação em suas margens e possuindo residências no leito, conforme figura 5.

Figura 5. Margens do Riacho São Bento imediatamente ao lado do Açude Carneiros



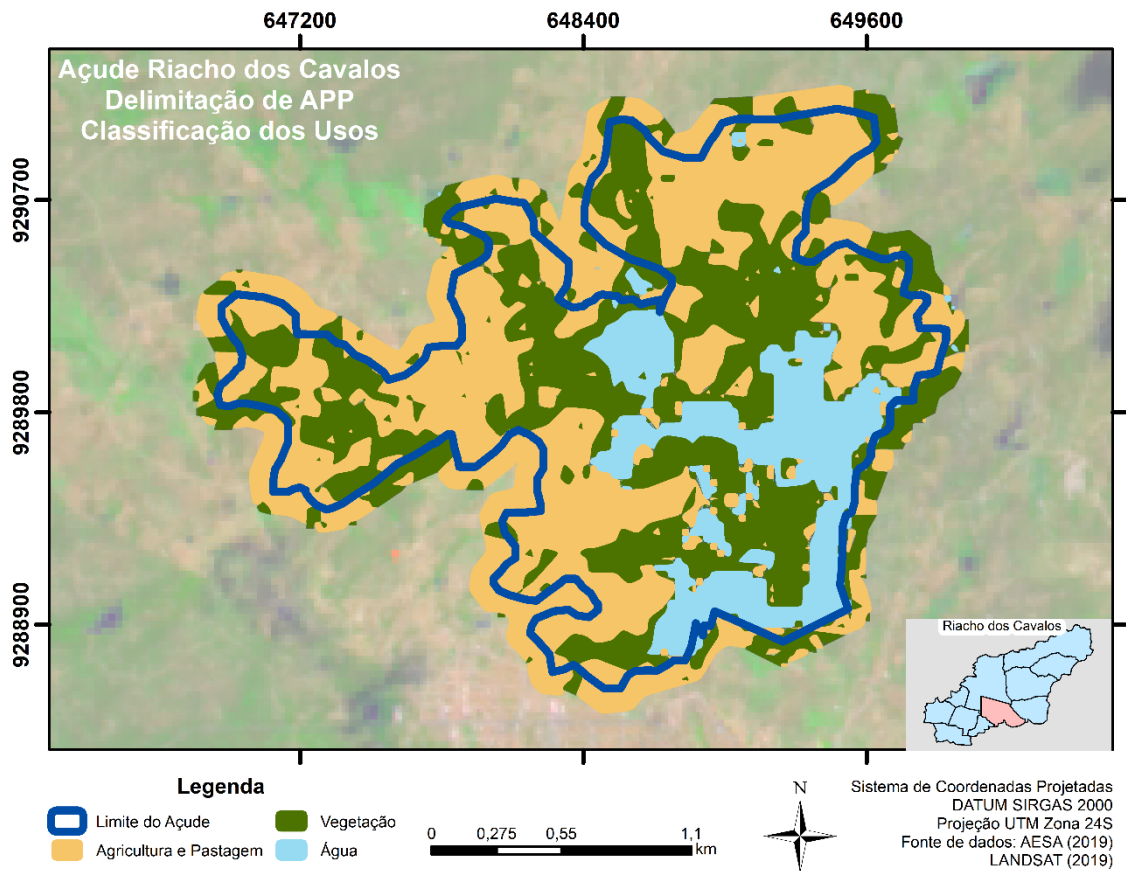
Fonte: Acervo do autor (2019)

A população residente no entorno do reservatório está em uma área de vulnerabilidade em caso de fortes e intensas precipitações. A escassez e a forte estiagem se configuram para que essas residências apresentem certa situação de estabilidade e segurança, devido à proximidade com o açude. Mesmo com a presença dessa população, não foi encontrado no Açude Carneiros rastros de poluição por resíduos sólidos ou efluentes de esgoto doméstico.

4.1.2. Açude Riacho dos Cavalos – Município de Riacho dos Cavalos – PB

O estudo do Açude de Riacho dos Cavalos revela a dimensão, o volume insuficiente, operando com 19% da sua capacidade total, para atender a demanda hídrica local e os diversos usos irregulares no leito do reservatório e em sua área de APP, configurando um amplo descaso na gestão dos recursos hídricos nessa localidade, conforme apresentado na figura 6 (AESAs, 2019).

Figura 6. Delimitação de APP e classificação do uso da terra no Açude Riacho dos Cavalos - Riacho dos Cavalos - PB



Elaboração: Ademir de Sousa Neto (2019)

Pela figura 6 é possível notar expressiva degradação nos limites do açude de Riacho dos Cavalos e o desrespeito quanto à delimitação da APP, com pequenos remanescentes de vegetação ainda preservados. O açude Riacho dos Cavalos abastece apenas o próprio município, mesmo assim, possui uma demanda insuficiente para suprir a população local. Diante da escassez dos recursos hídricos no município, em 2017 foi anunciada a construção de uma adutora para Riacho dos Cavalos, onde o ponto de captação de águas será proveniente do Rio Piranhas (RIACHO NOTÍCIAS, 2007). O SIG classificou o uso da terra conforme o quadro 3.

Quadro 3. Quantificação dos usos da terra no entorno do Açude Riacho dos Cavalos

Açude Riacho dos Cavalos						
Usos	Área no Açude		Área na APP		Área Total	
	ha	%	ha	%	ha	%
Água	67,1	96,4	2,5	3,6	69,6	100
Vegetação	143,4	75,7	46,1	24,3	189,5	100
Agricultura e Pastagem	164,4	63,7	93,7	36,3	258,1	100

Fonte: Autor (2019)

Observa-se uma discrepância enorme quanto a agricultura e pastagem no entorno do reservatório comparado a área coberta por vegetação. Foi possível identificar a presença de plantações de capim nas margens do reservatório, bem como residências ao seu redor, visto que o reservatório se encontra no perímetro urbano do município, possuindo interferências diretas da população por meio de resíduos sólidos e efluentes domésticos, evidenciados pela presença de espécies instaladas no espelho d'água, indicando uma possível eutrofização do corpo hídrico. Tais fatores podem estar comprometendo a qualidade da água (Figura 7).

Figura 7. Açude Riacho dos Cavalos

Fonte: Acervo do autor (2019)

Mesmo com indícios de eutrofização, a água segue sendo distribuída para a população sem o devido tratamento, uma vez que a Estação de Tratamento de Águas está em construção, o que pode ocasionar a proliferação de doenças de veiculação hídrica.

De acordo com a agência local da CAGEPA, a última vez em que o reservatório verteu água foi em 2009. Passados aproximadamente dez anos, com a expansão urbana, a população se estabeleceu em áreas inundáveis do açude, como se o mesmo não tivesse mais capacidade de verter, configurando uma situação de vulnerabilidade, onde 200 famílias usam

irregularmente o reservatório para fins de abastecimento humano, dessedentação animal e agricultura irrigada.

O riacho dos Cavalos, atravessa a sede do município até chegar no reservatório, onde nas suas proximidades observa-se a presença de um posto de combustíveis e de um lixão que atende o município, conforme figura 8.

Figura 8. Leito do Riacho dos Cavalos: a) presença de um posto de combustíveis; b) presença de um lixão.



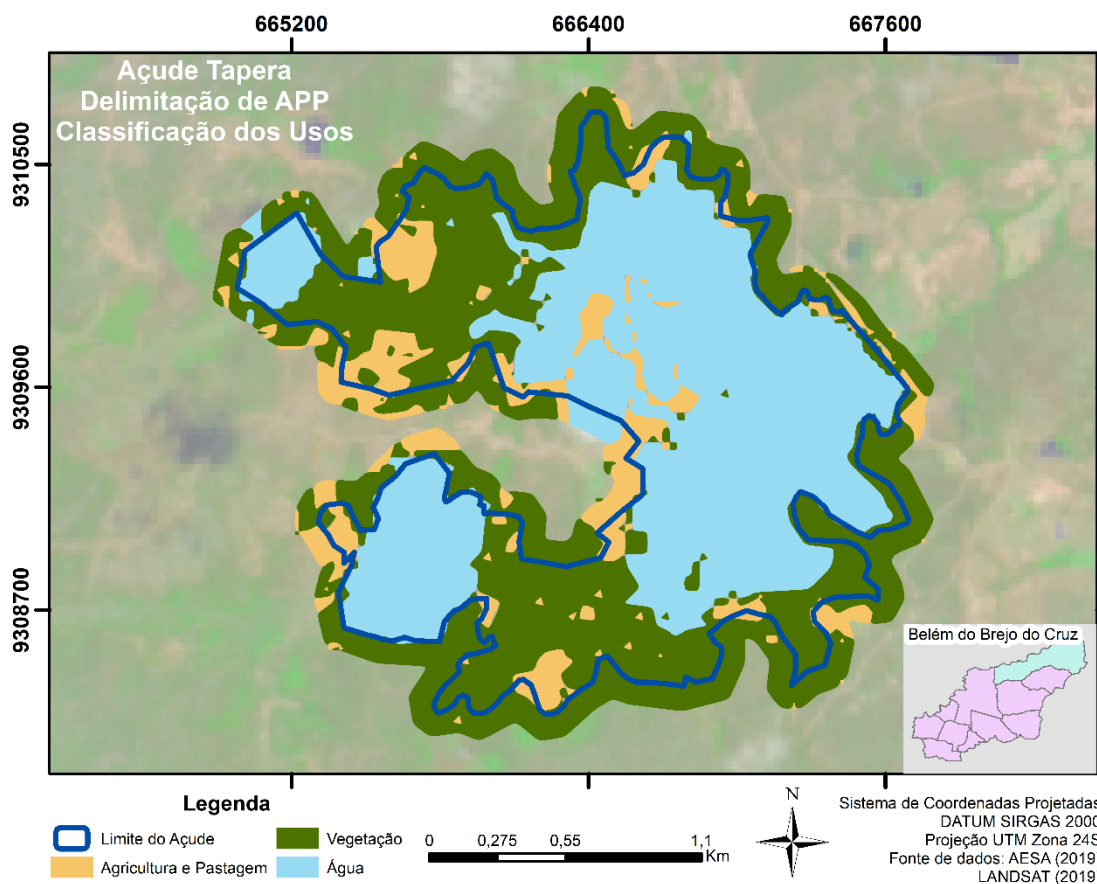
Fonte: Acervo do autor (2019)

Com a insuficiência e ineficiência do abastecimento proveniente do reservatório local, a população possui complementa o seu abastecimento por meios carros pipa e de caixas d'água públicas, como também por poços tubulares instalados pela administração municipal.

4.1.3. Açude Tapera – Município de Belém do Brejo do Cruz – PB

O estudo feito por imagens de satélite no Açude Tapera mostrou que o reservatório está em condições ambientais adequadas, embora esteja operando apenas com 8,4% da sua capacidade total, apresenta boa presença de vegetação, como mostra a figura 9 (AESAs, 2019).

Figura 9. Delimitação de APP e uso da terra do Açude Tapera - Belém do Brejo do Cruz - PB



Elaboração: Ademir de Sousa Neto (2019)

É possível notar, pela figura 9, uma boa estabilidade de APPs com presença de mata ciliar, embora existam alguns trechos com usos de agricultura e pecuária em suas margens. De acordo com o Quadro 4, a presença da agricultura e pastagem nos limites do reservatório e de sua APP são mínimas e uma boa cobertura vegetal se faz presente.

Quadro 4. Quantificação dos usos da terra no Açude Tapera - Belém do Brejo do Cruz - PB

Açude Tapera						
Usos	Área no Açude		Área na APP		Área Total	
	Há	%	ha	%	ha	%
Água	190,4	96,7	6,5	3,3	196,9	100
Vegetação	112,2	47,2	125,7	52,8	238,0	100
Agricultura e Pastagem	30,5	54,3	25,7	45,7	56,1	100

Fonte: Autor (2019)

Embora a demanda hídrica deste reservatório seja destinada para suprir às necessidades de abastecimento humano, dessedentação de animais e agropecuária, sendo a primeira necessidade a prioridade, a atividade agropecuária é o principal usuário destas águas. Mesmo

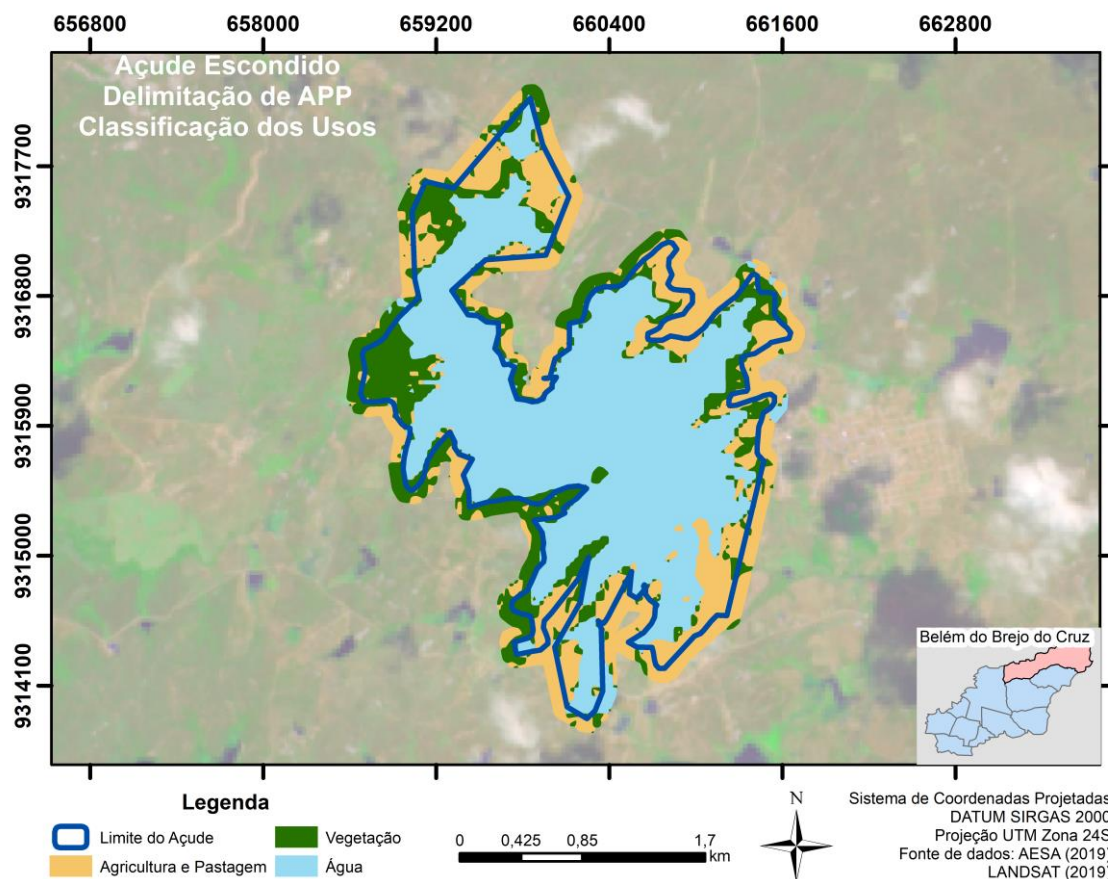
com parte das APPs sendo respeitada, a quantidade de fósforo presente na água é alta, proveniente dos fertilizantes e agrotóxicos usados nas lavouras. (ANA, 2016).

O município de Belém do Brejo do Cruz possui outro reservatório artificial, o Açude Escondido, que será abordado a seguir.

4.1.4. Açude Escondido – Município de Belém do Brejo do Cruz – PB

O açude Escondido é localizado na zona urbana do município de Brejo do Cruz, e está atualmente com 33% da capacidade total, possuindo uma degradação notável com presença de atividades agropastoris e interferências provenientes da urbanização, como pode ser visto na figura 10 (AESA, 2019).

Figura 10. Delimitação de APP e classificação do uso da terra do Açude Escondido - Belém do Brejo do Cruz - PB



Elaboração: Ademir de Sousa Neto (2019)

A proximidade com a zona urbana pode influenciar quanto a deposição de resíduos sólidos e lançamento de efluentes no reservatório, comprometendo a qualidade da água. Entretanto, a degradação pelo uso da agricultura e pastagem é o sobressalto desta região, como

classificado pelo SIG e demonstrado no quadro 5 abaixo. Tal fato poderia ser justificado, uma vez que a ANA restringiu o uso desse reservatório apenas para a irrigação. (ANA, 2016). Não obstante, mesmo havendo a restrição do uso da água, deveria ser respeitada a faixa de preservação imposta pelo Código Florestal, como maneira de manter uma boa qualidade da água e do reservatório, algo que não é respeitado, como mostrado na figura 10.

Quadro 5. Quantificação do uso da terra no Açude Escondido

Açude Escondido						
Usos	Área no Açude		Área na APP		Área Total	
	Há	%	ha	%	ha	%
Água	364,8	97,3	10,1	2,7	374,9	100
Vegetação	84,5	53,8	72,7	46,2	157,2	100
Agricultura e Pastagem	87,4	41,5	123,3	58,5	210,7	100

Fonte: Autor (2019)

A presença de áreas destinadas para pasto e plantação de capim, pode ser observada ao fundo da figura 11 abaixo, além disso a atividade pesqueira é presente neste reservatório.

Figura 11. Açude Escondido (a)



Fonte: Acervo do autor (2019)

Na figura 11 é possível notar a presença de cercas com arames farpados que podem estarem sendo usadas para delimitar propriedades privadas, demonstrando possíveis conflitos existentes nessa localidade pelo uso da água. É possível notar também a rasoalidade do reservatório, o que pode ser uma consequência direta da falta de vegetação em suas margens.

Foi encontrado nas margens do reservatório resíduos sólidos provenientes da construção civil (figura 12), porém não havia vegetação no espelho d'água que demonstrasse presença de matéria orgânica proveniente de esgoto doméstico.

Figura 12. Açude Escondido (b)



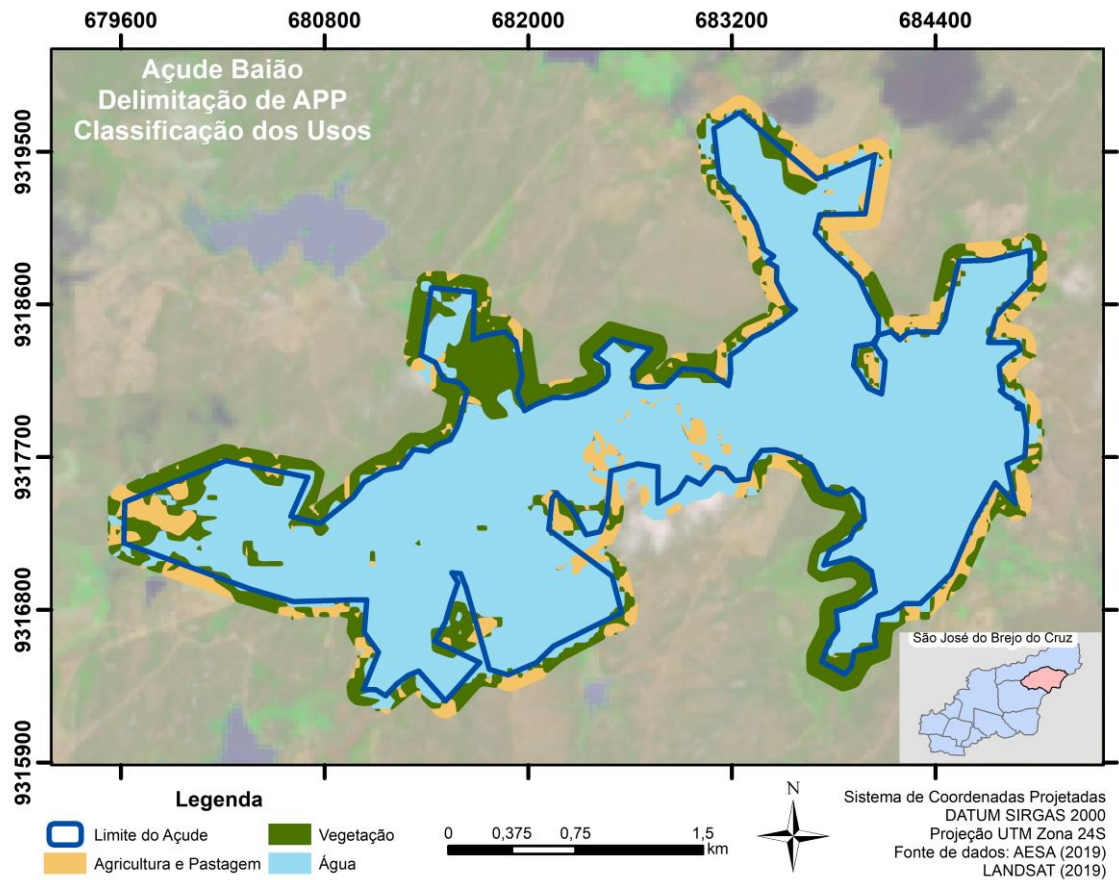
Fonte: Acervo do autor (2019)

Do mesmo modo, a presença de atividades agropastoris pode transmitir ao corpo hídrico substâncias químicas perigosas que possam poluí-lo, como o uso indiscriminado de fertilizantes, agrotóxicos ou ecretas de animais que usam o reservatório como fonte de dessedentação. Mesmo com a limitação do uso da água para irrigação, a falta de fiscalização facilita o uso do corpo hídrico pela população local para outros fins, não se preocupando para as atividades degradadoras.

4.1.5. Açude Baião – Município de São José do Brejo do Cruz – PB

O açude Baião está localizado na zona rural do município de São José do Brejo do Cruz, possuindo um acesso difícil, distante da sede municipal, influenciando diretamente nos usos do reservatório e proteção de suas áreas de APP. O açude possui hoje 40% de sua capacidade total (AESA, 2019). Como mostra a figura 13, o reservatório possui uma extensa área com vegetação ao longo de sua área de APP e pontos de áreas degradadas com solos expostos.

Figura 13. Delimitação de APP e classificação do uso da terra do Açude Baião - São José do Brejo do Cruz - PB



Elaboração: Ademir de Sousa Neto (2019)

Mesmo com a ausência de residências próximas ao açude, foram identificados alguns pontos no entorno do reservatório com atividades agropastoris, servindo-se da terra com agricultura irrigada e pastagem. Este açude atende as demandas de abastecimento humano do município, sendo esta a prioridade máxima, irrigação e dessedentação animal, contudo, o maior uso é destinado a irrigação, ou seja, demonstrando o potencial de agricultura na região. No quadro abaixo, tem-se a classificação do uso da terra.

Quadro 6. Quantificação do uso da terra no entorno do Açude Baião

Açude Baião						
Usos	Área no Açude		Área na APP		Área Total	
	Há	%	ha	%	ha	%
Água	547,8	91,3	52,1	8,7	599,9	100
Vegetação	47,5	25,9	136,2	74,1	183,7	100
Agricultura e Pastagem	19,8	20,7	75,6	79,3	95,4	100

Fonte: Autor (2019)

O reservatório do município de São José do Brejo do Cruz ainda é utilizado como principal fonte de abastecimento de localidades que são atendidas pelo programa Carro Pipa do Exército Brasileiro. A extensão e volume, demonstram que o açude é raso, contudo possui uma disponibilidade hídrica que atenda a demanda do município e consiga suprir casos de emergência em outras localidades, além de não possuir residências próximas e dispor de uma vegetação preservada.

Figura 14. Margens do Açude Baião

Fonte: Acervo do autor (2019)

A figura 14 retrata a presença de canalizações que facilitem a retirada de água pelos caminhões da Operação Carro Pipa, bem como as marcas de pneus de grandes caminhões são evidenciadas nesta imagem.

Foi possível, ainda, identificar a existência de uma vegetação densa, típica da caatinga, integrando a APP deste reservatório (figura 15). Pela distância da zona urbana, não foi encontrada traços de poluição por resíduos sólidos ou efluentes de esgoto doméstico. Todavia, não se pode descartar uma possível contaminação das águas pelo uso indiscriminado dos

defensivos agrícolas, já que foi diagnosticado atividade agropecuária no entorno do reservatório.

Figura 15. Açude Baião



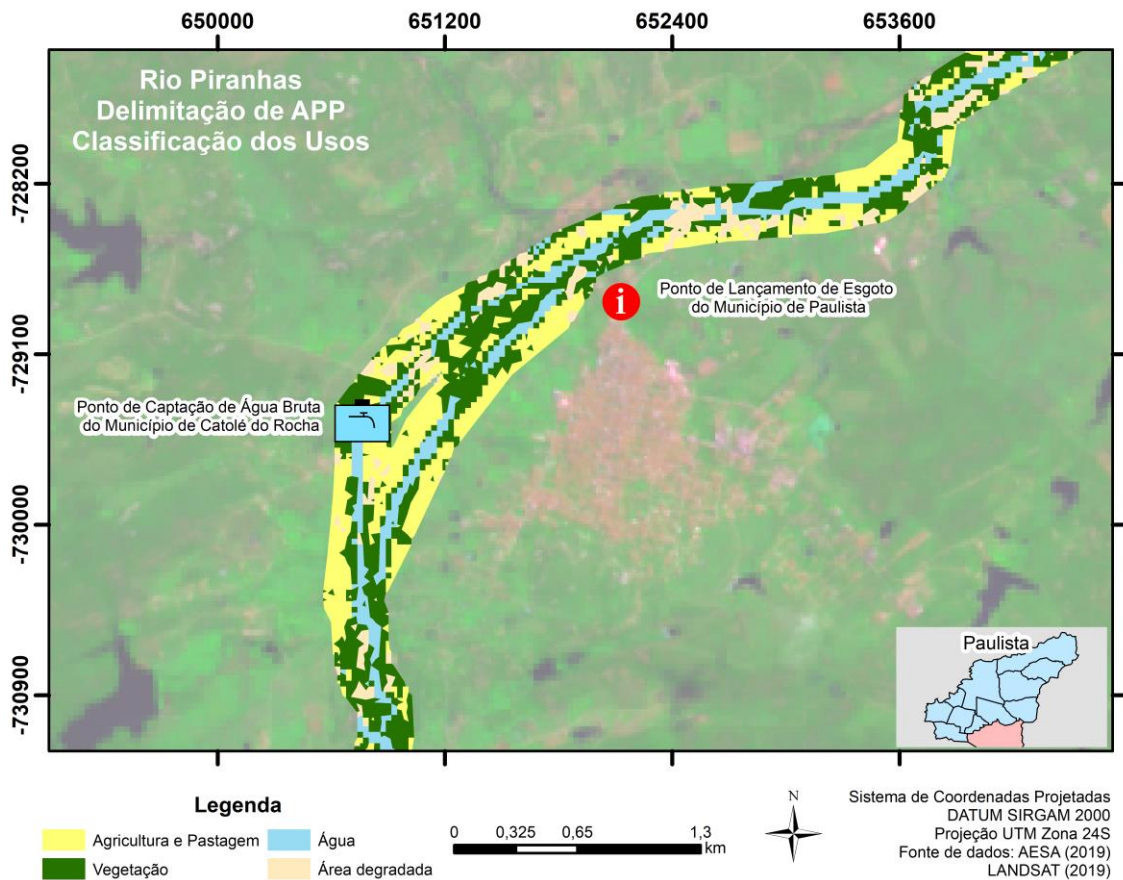
Fonte: Acervo do autor (2019)

4.1.6. Rio Piranhas – Município de Paulista – PB: fonte de abastecimento dos municípios de Catolé do Rocha e São Bento – PB.

O abastecimento dos municípios de Catolé do Rocha e São Bento não é feito por reservatórios artificiais, mas por meio de adutoras que captam água no Rio Piranhas. A coleta de dados foi feita no ponto de captação de Catolé do Rocha, situado no município de Paulista – PB, este último não pertence a Região Geográfica Imediata em estudo.

O ponto de captação de águas do município de Catolé do Rocha se encontra ao lado da zona urbana do município de Paulista – PB, havendo contribuições de poluição urbana e rural. Nota-se a ampla área ao longo do rio e em seus entornos sendo usado para atividades agropastoris, com residências próximas que fazem a captação irregular de água por meio de suas bombas privadas. Tais atividades podem comprometer a qualidade da água captada, podendo conter coliformes fecais advindos de esgotos domésticos ou substâncias tóxicas presentes nos defensivos agrícolas.

Figura 16. Delimitação de APP e classificação do uso da terra do Rio Piranhas - Paulista - PB



Elaboração: Ademir de Sousa Neto (2019)

A presença de atividades agropecuárias e áreas degradadas identificadas pelo SIG, é de um caráter preocupante. A falta de vegetação pode comprometer a navegabilidade do rio, bem como a vazão necessária para a captação. A quantificação do uso da terra é apresentada no quadro 7 abaixo, onde a área degradada foi somada ao uso de agricultura e pastagem, uma vez que embora abandonada, a mesma foi degradada para acolher este fim.

Quadro 7. Quantificação do uso da terra no entorno do Rio Piranhas

Rio Piranhas - Município de Paulista - PB						
Usos	Área no Açude		Área na APP		Área Total	
	Há	%	ha	%	ha	%
Água	86,5	44,1	109,7	55,9	196,2	100
Vegetação	112,1	33,8	219,3	66,2	331,4	100
Agricultura e Pastagem	122,7	29,1	299,0	70,9	421,7	100

Fonte: Autor (2019)

Com a consequente falta de vegetação, foi possível identificar trechos do rio, próximos ao ponto de captação de águas de Catolé do Rocha, com indícios de eutrofização, conforme figura 17.

Figura 17. Indícios de eutrofização no Rio Piranhas



Fonte: Acervo do autor (2019)

Devido à presença de inúmeras famílias às margens do Rio Piranhas, foram encontradas muitas ligações clandestinas de bombas para suprir a demanda hídrica das populações ribeirinhas. (Figura 18).

Figura 18. Ligações clandestinas de água às margens do Rio Piranhas



Fonte: Acervo do autor (2019)

Não obstante, foram encontradas atividades agrícolas em regiões bem próximas, caracterizadas como APPs, onde existe a prática de agricultura irrigada, como mostrado na figura 19 abaixo.

Figura 19. Presença de agricultura no entorno do Rio Piranhas



Fonte: Acervo do autor (2019)

O trecho mais próximo do ponto de captação é cercado para evitar que influência das atividades antrópicas – resíduos sólidos, lançamentos de efluentes e retiradas da cobertura vegetal - interfira ainda mais na qualidade da água captada para a população de Catolé do Rocha, possuindo uma pequena margem de mata ciliar e uma canalização que garante a vazão ecológica. (Figura 20). A captação é feita por uma barragem de nível, e segundo técnicos da CAGEPA encontrados no local, a adutora possui 31 km e conta com duas elevatórias, sendo a captação feita nesse ponto devido à vazão contínua auxiliada pela barragem de nível, conseguindo suprir a vazão requerida.

Figura 20. Barragem de nível do ponto de captação de águas do município de Catolé do Rocha



Fonte: Acervo do autor (2019)

Após ser captada, a água segue para Catolé do Rocha onde passa pela Estação de Tratamento de Água do município antes de ser distribuída. O tratamento é feito pelo método convencional, ou seja, possui o intuito de reduzir a turbidez, cor, sabor e cheiro da água por meio da retirada do material particulado. No início do processo é adicionado sulfato de alumínio para que reaja com a matéria suspensa, seguindo para os flocculadores para que a reação seja ativada e posteriormente para os decantadores para que o material particulado fique retido e se deposite no fundo do tanque. O material remanescente é retirado pelos filtros e logo após recebe o cloro para que haja a desinfecção da água. Sendo este tratamento importante para assegurar a qualidade da água distribuída à população. (Figura 21).

Figura 21. Estação de Tratamento de Águas de Catolé do Rocha: a) Câmaras dos flocculadores; b) Câmaras de decantação



Fonte: Acervo do autor (2019)

Algo preocupante informado pela Agência da CAGEPA do município de Paulista é quanto ao lançamento de esgoto doméstico no Rio Piranhas. A maior parte dos efluentes domésticos dos municípios que circundam este corpo hídrico, despejam seus efluentes no mesmo sem nenhum tratamento. O ponto de lançamento de esgoto doméstico do município de Pombal é feito no Rio Piranhas. O município de Pombal fica a montante e a aproximadamente 40 km do município de Paulista onde é feita a captação de águas de Catolé do Rocha e do próprio município de Paulista, o que pode influenciar, juntamente com o lançamento de outras cidades, na qualidade da água captada e distribuída à população. O município de Paulista, assim como Catolé do Rocha, possui o sistema de tratamento de água convencional no intuito de amenizar as patologias de caráter hídrico.

O lançamento de esgoto doméstico sem o devido tratamento contraria a Resolução do CONAMA nº 430 de 2011, onde em seu art. 3º diz que: “Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente nos corpos receptores após o devido

tratamento e desde que obedecem às condições, padrões e exigências dispostos nesta Resolução e em outras normas aplicáveis.”. (CONAMA, 2011).

Ainda assim, o esgoto doméstico do município de Paulista é lançado a jusante dos pontos de captação de água de Catolé do Rocha e de Paulista, entretanto é localizado a montante e a aproximadamente 27km do ponto de captação de águas de São Bento, o que pode interferir também na qualidade de água captada por São Bento. Do mesmo modo, o esgoto de Paulista é lançado e segue o curso do Rio Piranhas e logo após o ponto de lançamento existe bares e restaurantes que se servem do Rio Piranhas para atividades de lazer, o qual há banhistas que entram em contato direto com a água contendo efluentes domésticos. Na figura abaixo (Figura 22), é possível notar a presença de diversas vegetações ao longo do espelho d'água, caracterizando uma possível eutrofização pela presença de material orgânico advindo do esgoto doméstico.

Figura 22. Ponto de lançamento de esgotos de Paulista-PB



Fonte: Acervo do autor (2019)

De acordo com a CAGEPA o sistema de abastecimento de São Bento segue o mesmo padrão do sistema de Catolé do Rocha, onde provavelmente são encontrados os mesmos problemas.

4.2. PANORAMA GERAL DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DA REGIÃO GEOGRÁFICA IMEDIATA DE CATOLÉ DO ROCHA – SÃO BENTO

Segundo o banco de dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) do Governo Federal, em 2011, o município de Catolé do Rocha possuía 69,2% da população com acesso ao sistema de distribuição de água, sendo 93,3% habitantes da zona urbana, bem como 2,4% da população possuía acesso a rede coletora de esgoto. E ainda, do esgoto coletado apenas 15,6% é tratado, com a visita a campo, a CAGEPA informou que 100% da população urbana possui distribuição de água e coleta de esgoto, não mensurando dados sobre a população rural. Já para São Bento, os dados de 2010 mostram que 82,5% da população possui acesso ao sistema de distribuição de água, sendo 100% para a população urbana e não havendo dados sobre coleta de esgoto. (BRASIL, 2013)

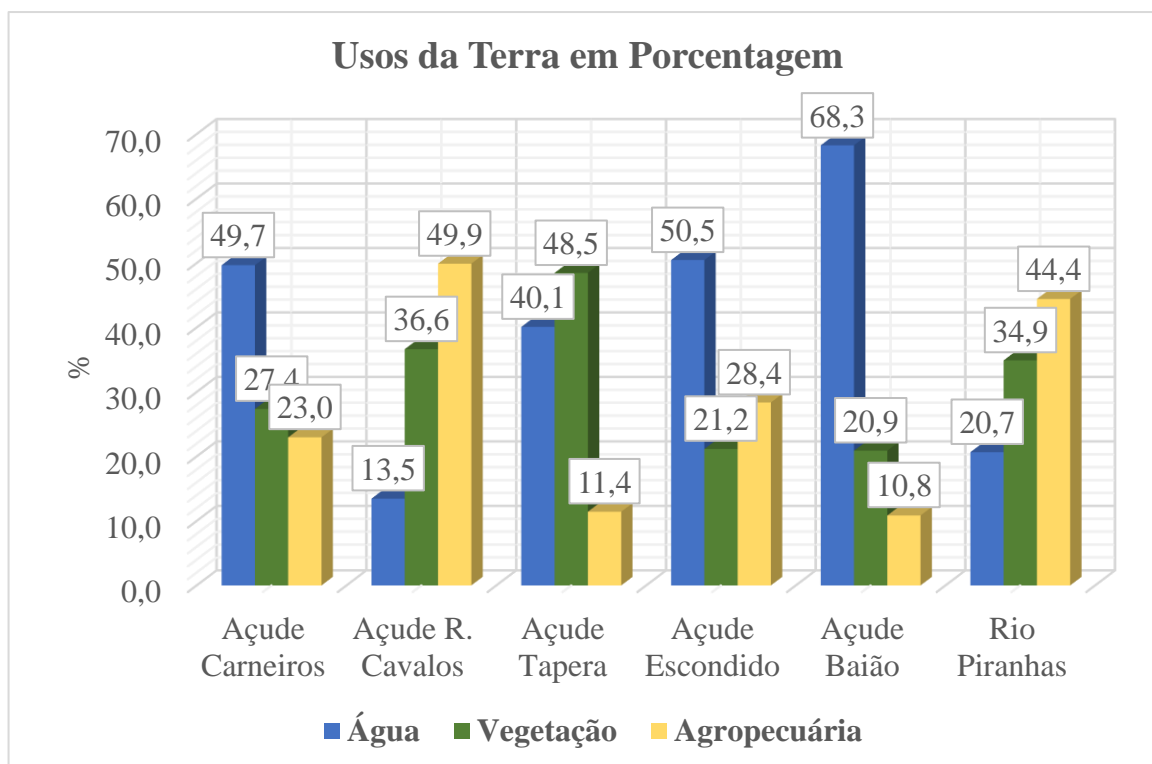
Nota-se uma recorrência sobre os impactos ambientais encontrados na Região Geográfica Imediata em estudo envolvendo os recursos hídricos. A agricultura e pecuária são os principais usuários dos sistemas de abastecimento e contam com uma carga poluidora potencial, principalmente quando aliados a falta de conscientização ambiental das populações ribeirinhas e falta de planos de saneamento básico regional.

O quadro 8 mostra, de forma geral, como se dá os usos da terra nos reservatórios estudados e corrobora com a figura 23, mostrando que há a interferência humana, pois onde deveria haver apenas água e vegetação para a proteção integral dos corpos hídricos, há também a presença de atividades agropecuárias.

Quadro 8. Panorama Geral dos Usos da Terra

Panorama Geral dos Usos da Terra								
Corpo Hídrico	Água		Vegetação		Agropecuária		Total	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Açude Carneiros	331,5	49,7	182,6	27,4	153,3	23,0	667,4	100
Açude Riacho dos Cavalos	69,6	13,5	189,5	36,6	258,1	49,9	517,2	100
Açude Tapera	196,9	40,1	238,0	48,5	56,1	11,4	491,0	100
Açude Escondido	374,9	50,5	157,2	21,2	210,7	28,4	742,7	100
Açude Baião	599,9	68,3	183,7	20,9	95,4	10,8	878,9	100
Rio Piranhas	196,2	20,7	331,4	34,9	421,7	44,4	949,2	100

Fonte: Autor (2019)

Figura 23. Comparativo do uso da terra em APP da região estudada

Fonte: Autor (2019)

4.2.1. Agricultura Irrigada e Pecuária Extensiva

As atividades de agropecuárias foram encontradas em todos os municípios analisados e com desenvolvimento dentro de APP, onde vale salientar que a maior parte dessas atividades se caracteriza como agricultura e pecuária de subsistência, sem a intenção de produção em larga escala.

A ocorrência de baixa pluviosidade ou chuvas más distribuídas acarreta o decréscimo ou perda da produção agrícola. Com a falta de precipitação, a população procura áreas com disponibilidade hídrica, onde se instalam e ignoram as Áreas de Preservação Permanente das margens dos reservatórios artificiais e corpos hídricos naturais. (COUTINHO, CARNEIRO, *et al.*, 2013).

Mesmo com a agricultura voltada para a subsistência, a monocultura se instala atrelada ao uso de defensivos agrícolas e agricultura irrigada. A monocultura poderá exaurir os nutrientes e minerais do solo, deixando-o infértil. Bem como o uso de defensivos agrícolas pode infiltrar o solo, atingir o lençol freático ou até mesmo, através do escoamento superficial, atingir diretamente o corpo hídrico. E ainda assim, a agricultura irrigada poderá promover o processo de salinização do solo, devido a alta evaporação da região semiárida.

A pecuária é tida para Coutinho et. al. (2013) como uma atividade de resistência a seca comparada as explorações agrícolas. Contudo, o desmatamento promovido para obter uma área de pastagem possui caráter devastador. O solo, sem a sua cobertura vegetal, se torna vulnerável, uma vez que o sedimento possuirá uma facilidade maior de desagregação e transporte por ação dos ventos e escoamento superficial. Somando este fator com a presença da pecuária no entorno dos reservatórios, existe alta probabilidade de haver o assoreamento dos corpos hídricos, bem como a poluição dos mesmos pelas excretas das criações ali instaladas.

4.2.2. Saneamento Básico

A falta de saneamento básico foi algo recorrente nos municípios analisados. A interferência humana com o manejo e destinação final errônea dos resíduos sólidos e efluentes sanitários domésticos acabam por afetar a saúde dos corpos hídricos estudados.

Além dos resíduos sólidos encontrados nas margens, pode-se observar a presença de vegetação no espelho d'água de alguns reservatórios, o que pode ser o indicador de eutrofização dos corpos hídricos. Tal exposto pode ser ocasionado tanto pela falta de conscientização ambiental dos moradores, como da falta de políticas de saneamento básico local.

Foi diagnosticado o lançamento de esgotamento sanitário sem o devido tratamento no rio Piranhas, sendo uma prática regular de diversos municípios que ocupam a bacia deste rio. A capacidade dos corpos hídricos se recuperarem por si só (autodepuração) não ocorrem no semiárido por falta de vazão circulante, comprometendo a qualidade da água.

O único município que apresentou uma estratégia de saneamento básico com sistema de coleta e tratamento de esgoto foi o de Catolé do Rocha, que o faz através do tratamento convencional com lagoas anaeróbicas e facultativas. (Figura 24). Mesmo com o tratamento dos efluentes, o mesmo ainda possui uma toxicidade considerável, mas ajudará ao corpo hídrico se estabilizar, ou seja, realizar sua autodepuração. Como dito, o lançamento de efluentes nos corpos hídricos só deve ser feito após o tratamento, fato regulamentado pela Resolução do CONAMA n° 430 de 2011.

Figura 24. Sistema de lagoas facultativas da Estação de Tratamento de Esgoto de Catolé do Rocha



Fonte: Acervo do autor (2019)

Contudo, ainda há uma preocupação com o lançamento de efluentes de Catolé do Rocha, mesmo tratado, o esgoto é lançado no Riacho Agon, corpo hídrico intermitente, ou seja, em épocas do ano, principalmente nas épocas de estiagem, o riacho é alimentado apenas com os efluentes. (Figura 25)

Figura 25. Lançamento dos efluentes de esgoto doméstico após o tratamento no Riacho Agon



Fonte: Acervo do autor (2019)

Tal riacho é um afluente do Rio Piranhas. Dessa forma, a carga poluidora não estaria sendo diluída e atingindo diretamente a qualidade do Riacho Agon e do Rio Piranhas.

4.3. PROPOSTAS MITIGATÓRIAS PARA OS IMPACTOS AMBIENTAIS ANALISADOS

Algumas medidas podem ser propostas diante dos impactos analisados nesta área de estudo e estão descritas neste tópico.

4.3.1. Sistema Mandala

O sistema Mandala (figura 26) é uma forma de mitigar os efeitos causados pela agropecuária de subsistência e que haja a necessidade de irrigação. O plantio é feito de forma circular. A horta é posta em círculos concêntricos, permitindo que às plantas se ajudem mutuamente, trabalhando, desta forma, com conceitos de cortinas quebra ventos, de plantas repelentes a insetos, colaborando com a recuperação da biodiversidade e do controle ecológico de insetos pragas assim como de doenças e plantas invasoras, dispensando o uso de defensivos agrícolas e evitando uma possível contaminação do solo, lençol freático ou corpo hídrico próximo. Da mesma maneira, tal sistema evita os impactos causados pela monocultura. (MARTINS, SILVA, *et al.*, 2012).

Figura 26. Sistema Mandala



Fonte: (FIASCHITELLO, 2014)

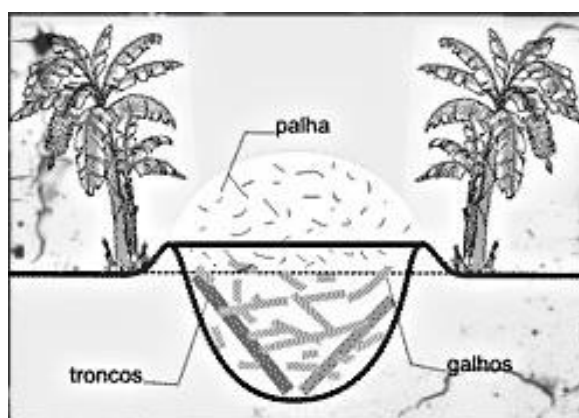
Este sistema consiste na produção em vários canteiros em torno de uma única fonte de água para irrigação, distribuída uniformemente para plantações diferentes, permitindo um melhor aproveitamento de recursos como a água e o solo e evitando os efeitos de salinização do solo promovido pela agricultura irrigada. Além disso, é possível realizar este método de produção em áreas pequenas e com poucos recursos. (MARTINS, SILVA, *et al.*, 2012).

4.3.2. Círculo de Bananeiras

O círculo de Bananeiras (figura 27) é um sistema alternativo para o tratamento de efluentes sanitários, evitando assim que estes infiltrem no solo e atinjam o lençol freático ou contaminem os corpos hídricos diretamente. Pode ser posto em prática em locais que não possuem sistema de coleta e tratamento de esgoto, apropriado, principalmente para zonas rurais.

As bananeiras evapotranspiram uma quantidade considerável de água, de acordo com a os fatores de sazonalidade e clima, o que requer adaptação no sistema, em vista da região semiárida possuir limitações quanto a disponibilidade hídrica, desta forma a água captada pelas bananeiras devem ser totalmente das águas utilizadas nos consumos residenciais. Além de bananas é possível cultivar plantas como mamão e taioba que também servem de alimento ou ornamentais como copo de leite e papiros. Ao receber água cinza normalmente rica em nutrientes compostos por restos de alimentos (pia da cozinha), terra, poeira e suor (tanque de lavar roupa e chuveiro), além de outros restos orgânicos da casa (papel, e restos de cozinha), as plantas crescem com mais vigor, produzindo frutos muito saudáveis. (SABEI, 2013).

Figura 27. Círculo de Bananeiras



Fonte: (PARAÍSO, 2014).

A construção desse sistema é simples, compreendendo a escavação de um buraco, em formato de uma bacia circular, com um metro de profundidade e dois metros de diâmetro, mantendo uma altura de 30 centímetros nas margens para formar uma barreira de proteção que impedirá o carreamento dos sedimentos por meio da ação do escoamento superficial e um possível transbordo do efluente sanitário. O sistema não pode ser impermeabilizado, pois a infiltração da água é necessária para que seja consumida pelas plantas. (DATERRA, 2016).

4.3.3. Hidroponia

Uma das técnicas que podem ser utilizadas para a resolução da agricultura irrigada no semiárido, principalmente no que se diz respeito aos períodos de estiagem é a hidroponia. (Figura 28). Essa técnica prevê uma maior absorção de água e nutrientes pelas plantas, com menor gasto energético e menores prejuízos morfofisiológicos. (SOARES, 2007).

Figura 28. Técnicas de Hidroponia



Fonte: (HMJARDINS, 2017)

4.3.4. Plano de Saneamento Básico

Existem infinitas tecnologias sustentáveis, como algumas citadas acima, mas é necessário a participação do poder público, principalmente no que se refere ao saneamento básico dos municípios.

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (2018), 54% dos municípios brasileiros possuem planos de resíduos sólidos, contudo, pode-se observar que boa parte dos municípios analisados não se encaixam nesse quadro. O Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos é um instrumento estabelecido pela Lei 12.305 de 2010 para garantir a limpeza urbana e a sustentabilidade.

O PGRS estabelece a destinação final dos resíduos e a PNRS define o fim dos lixões a céu aberto. Uma alternativa viável seria a abertura de um consórcio composto pelos municípios da Região Geográfica Imediata, juntamente com um Plano Integrado de Saneamento Básico para a região.

É de grande importância, também, a gestão dos efluentes sanitários domésticos, os quais devem passar por tratamento antes de serem lançados aos corpos hídricos, como estabelece a Resolução nº 430 de 2011 do CONAMA.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir deste trabalho foi possível realizar uma análise espacial dos sistemas de abastecimento de água da Região Geográfica Imediata de Catolé do Rocha – São Bento, usando técnicas do Sensoriamento Remoto por meio do SIG, além de discussões sobre o contexto socioambiental.

Com o uso do SIG delimitou-se as Áreas de Preservação Permanente e quantificou-se o uso da terra. Através da pesquisa em campo, pode-se atestar a eficácia, bem como mensurar algumas limitações que não desmerecem a classificação feita pelo SIG, uma vez que a maior parte das classificações foi feita de forma adequada.

Com a coleta de dados em campo foi possível identificar problemas e conflitos pelo uso da água no semiárido e discutir sobre as medidas já adotadas e que ainda podem ser tomadas para mitigar os efeitos da escassez, bem como analisou-se a cooperação das ações antrópicas no processo de degradação da área e dos corpos hídricos, mostrando a carência de conscientização ambiental.

Com os resultados obtidos foi possível chegar à conclusão de que os reservatórios estudados são os principais responsáveis pelo atendimento de grande parte da população da região geográfica imediata de Catolé do Rocha-São Bento. Em períodos de secas prolongadas, os carros-pipa se tornam elementos fundamentais e exercem uma importante função de segurança hídrica. Notou-se uma certa deficiência na gestão dos recursos hídricos da região, principalmente no que se refere as legislações ambientais de proteção as APPs, tornando-a uma área vulnerável as consequências inoportunas ocasionadas pela degradação, no que concerne aos reservatórios, pode-se haver uma queda na capacidade total dos reservatórios por fenômenos causados pelo assoreamento, devido a falta de mata ciliar, e conseqüentemente, afetando a qualidade da água. Do mesmo modo, o lançamento de efluentes é algo de extrema relevância quanto aos impactos ambientais, havendo a necessidade de um estudo da curva de autodepuração do rio Piranhas para analisar o potencial impacto causado e as conseqüências do lançamento contínuo, devendo-se ainda adotar medidas rápidas quanto ao cessamento de tal atividade.

Conclui-se que é necessário a aplicação, o cumprimento e a fiscalização de políticas públicas, que visem ao equilíbrio ecossistêmico. Esta parece ser uma das tarefas mais importante na Gestão de Recursos Hídricos no semiárido nordestino, de forma a diminuir os impactos ambientais e os transtornos causados pelas fortes estiagens.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AESA. VOLUME MENSAL. **Governo da Paraíba - AESA**, 2019. Disponível em: <<http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/monitoramento/volume-mensal/?tipo=outros>>. Acesso em: 11 setembro 2019.
- ANA. **Plano de Recursos Hídricos - Piancó-Piranhas-Açu**. Brasília: [s.n.], 2016.
- ANDRADE, J. A. D.; NUNES, M. A. Acesso à água no Semiárido Brasileiro: uma análise das políticas públicas implementadas na região. **Revista espinhaço**, v. 3, n. 2, p. 28-39, 2014.
- ARANA, J. M. **O uso do GPS na elaboração da carta geodail**. Curitiba: UFPR - Tese de Doutorado em Ciências, 2000.
- ARAÚJO SEGUNDO NETO, F. V. D. **Diferentes formas de abastecimento de água na região semiárida da bacia do rio Paraíba**. João Pessoa - PB: UFPB - Dissertação de Mestrado em Geografia, 2016.
- ARAÚJO, S. M. S. D. DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, ÉTICA E SUSTENTABILIDADE ECONÔMICA MUNDIAL. **Geotemas**, Revista online, v. 6, n. 2, p. 60-71, 2016. ISSN 2236-255X.
- AZEVEDO, D. C. F. D. **ÁGUA: IMPORTÂNCIA E GESTÃO NO SEMIÁRIDO NORDESTINO. POLÊMICA**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 1, p. 74-81, jan/mar 2012.
- BARRETO, L. V. et al. Eutrofização em Rios Brasileiros. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 9, n. 16, p. 2165-2179, Julho 2013.
- BRASIL. LEI Nº 11.445, DE 5 DE JANEIRO DE 2007. **Presidência da República**, 2007. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2007/Lei/L11445.htm>. Acesso em: 10 setembro 2019.
- BRASIL, M. D. C. Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto - 2011. Brasília: [s.n.], 2013. p. 432.
- BRASIL, M. D. M. E. E. Diagnóstico do Município de Catolé do Rocha. In: _____ **PROJETO CADASTRO DE FONTES DE ABASTECIMENTO POR ÁGUA SUBTERRÂNEA**. Recife: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, v. 1, 2005. p. 1-20.
- BRASIL, REPÚBLICA FEDERATIVA. LEI Nº 9.433, DE 8 DE JANEIRO DE 1997. **Presidência da República - Casa Civil**, 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm>. Acesso em: 06 Agosto 2019.
- BRASIL, REPÚBLICA FEDERATIVA. DECRETO Nº 7.535 DE 26 DE JULHO DE 2011. **Presidência da República - Casa Civil**, 2011. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2011/Decreto/D7535.htm>. Acesso em: 08 agosto 2019.
- BRASIL, REPÚBLICA FEDERATIVA. LEI Nº 12.651, DE 25 DE MAIO DE 2012. **Presidência da República - Casa Civil**, 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm>. Acesso em: 06 agosto 2019.
- BRITO, F. B. D. **CONFLITO PELO USO DA ÁGUA DO AÇUDE EPITÁCIO PESSOA (BOQUEIRÃO) – PB**. João Pessoa: UFPB - Dissertação de Mestrado em Geografia, 2008.
- BRITO, F. B. D. **Conflitos pelo acesso e uso da água: integração do Rio São Francisco com a Paraíba (eixo leste)**. Porto Alegre: UFRGS - Tese de doutorado em Geografia, 2013.
- CABRAL, J. B. P. Estudo do Processo de Assoreamento em Reservatórios. **Caminhos de Geografia**, Revista online, v. 6, n. 14, p. 62-69, Fevereiro 2005. ISSN 1678-6343.
- CÂMARA, G.; DAVIS, C. **Fundamentos de Geoprocessamento**. São José dos Campos: INPE, 2000.

CARNEIRO, R. N.; SOUZA, K. C. A. GÊNERO, TRABALHO E INTERAÇÃO NOS MEIOS TÉCNICOS DA INDÚSTRIA TÊXTIL DE REDES DE DORMIR DE SÃO BENTO-PB. **Revista Formação**, v. 1, n. 21, p. 123-142, 2014.

CIRILO, J. A.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; CAMPOS, J. N. A questão da água no semiárido brasileiro. In: BICUDO, C. E. D. M.; TUNDISI, J. G.; SCHEUENSTUHL, M. C. B. . O. **Águas do Brasil: análises estratégicas**. São Paulo: Academia Brasileira de Ciências, 2011. Cap. 5, p. 81-91.

CONAMA. Resolução CONAMA nº 1, de 23 de janeiro de 1986. **SIAM**, 1986. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=8902>>. Acesso em: 10 julho 2019.

CONAMA. Resolução CONAMA nº 430, de 13 de Maio de 2011. **SIAM**, 2011. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=17214>>. Acesso em: 07 agosto 2019.

COUTINHO, M. J. F. et al. Livestock activity as stabilizing the Brazilian semiarid. **Veterinaria e Zootecnia**, v. 20, n. 3, Set 2013.

CUNHA-SANTINO, M. B. D. **Ciências do Ambiente: conceitos básicos em ecologia e poluição**. 1. ed. São Carlos: EdUFSCar, v. 1, 2010.

DATERRA. Círculo de Bananeiras. **DaTerra Centro Ambiental**, 2016. Disponível em: <<http://www.ambientaldaterra.com.br/circulo-de-bananeiras/>>. Acesso em: 19 agosto 2019.

DIAS, M. A. GLOBALIZAÇÃO, DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E O MEIO AMBIENTE: FORÇAS DESPROPORCIONAIS. **Revista FATEC Zona Sul**, v. 1, n. 3, p. 14-22, Junho 2015.

EUGENIO, F. C. et al. IDENTIFICAÇÃO DAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE NO MUNICÍPIO DE ALEGRE UTILIZANDO GEOTECNOLOGIA. **Cernes**, Lavras, v. 17, n. 4, p. 563-571, out/dez 2011.

FIASCHITELLO, A. Sistema Mandalla: um projeto auto-sustentável promissor para o Brasil. **Epoch Times**, 2014. Disponível em: <<https://m.epochtimes.com.br/sistema-mandalla-projeto-auto-sustentavel-promissor-para-brasil/>>. Acesso em: 18 agosto 2019.

FLORENZANO, T. G. Geotecnologias na geografia aplicada: difusão e acesso. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 17, p. 24-29, 2005.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em Sensoriamento Remoto**. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, v. 1, 2011.

GOMES, D. D. M. et al. GEOTECNOLOGIAS APLICADAS AO DIAGNÓSTICO GEOAMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JAIBARAS NO SEMIÁRIDO CEARENSE. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 65, n. 1, p. 35-52, 2013.

HMJARDINS. Como funciona a técnica da Hidroponia? **HmJardins**, 2017. Disponível em: <<http://hmjardins.com.br/tecnica-hidroponia/>>. Acesso em: 26 setembro 2019.

ICMBIO. INSTRUÇÃO NORMATIVA ICMBIO Nº 11, DE 11 DE DEZEMBRO DE 2014. **ICMBio**, 2014. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Instrucao_normativa/2014/in_icmbio_11_2014_estabelece_procedimentos_prad.pdf>. Acesso em: 20 julho 2019.

JACOBI, P. R.; FRACALANZA, A. P. Comitês de bacias hidrográficas no Brasil: desafios de fortalecimento da gestão compartilhada e participativa. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 11, n. 12, p. 41-49, jan/dez 2005.

JANSEN, L. J. M. & G. A. D. Parametric land cover and land use classifications as tools for environmental change detection. **Agriculture Ecosystems e Environment**, v. 91, p. 89-100, 2002.

KRZYSCZAK, F. R. AS DIFERENTES CONCEPÇÕES DE MEIO AMBIENTE E SUAS VISÕES. **Revista de Educação do IDEAU**, v. 11, n. 23, p. 1-18, Jan/Jun 2016.

LEITE, M. E.; ROSA, R. GEOGRAFIA E GEOTECNOLOGIAS NO ESTUDO URBANO. **CAMINHOS DE GEOGRAFIA**, v. 17, n. 17, p. 180-186, fevereiro 2006.

LIMA, P. C. F. Áreas degradadas: métodos de recuperação no semi-árido brasileiro. In: EMBRAPA **REUNIÃO NORDESTINA DE BOTÂNICA**. Petrolina: Embrapa Semiárido (CPATSA), v. 27, 2004. p. 70-79.

LIMA, V. R. P. D. **GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS: CONFLITO E NEGOCIAÇÃO DA ÁGUA DO CANAL DA REDENÇÃO – SERTÃO DA PARAÍBA**. 1. ed. João Pessoa - PB: UFPB - Dissertação de Mestrado em Geografia, v. 1, 2009.

LONDE, L. D. R. et al. Desastres Relacionados à água no Brasil: perspectivas e recomendações. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. XVII, n. n. 4, p. 133-152, out-dez 2014. ISSN 1414-753X.

MACÊDO, M. L. A. D. **Análise estatística e geotecnologias no estudo dos indicadores de desertificação nos "Cariris Velhos"-PB**. João Pessoa: UFPB - Dissertação de Mestrado em Geografia, 2015.

MACHADO, C. J. S. Recursos hídricos e cidadania no Brasil: limites, alternativas e desafios. **Ambiente & Sociedade**, v. VI, n. 2, p. 121-136, jul/dez 2003. ISSN 1414-753X.

MAIA, K. D. F. **O "Agronegócio sertanejo": (re)peculiarização e grande propriedade rural**. Campina Grande: Tese (Doutorado em Ciências Sociais) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Humanidades, 2013., 2013.

MARTINS, R. K. et al. O SISTEMA MANDALA DE PRODUÇÃO DE ALIMENTOS: UMA ESTRATÉGIA PARA O DESENVOLVIMENTO DA AGRICULTURA FAMILIAR. **XXI Encontro Nacional de Geografia Agrária**, Uberlândia, p. 1-16, outubro 2012. ISSN 1983-487X.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria de Consolidação nº 5 DE 28/09/2017. **Normas Brasil**, 2017. Disponível em: <https://www.normasbrasil.com.br/norma/portaria-de-consolidacao-5-2017_356387.html>. Acesso em: 06 Agosto 2019.

MORAES, D. S. D. L.; JORDÃO, B. Q. Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. **Rev Saúde Pública**, v. 36, n. 3, p. 370-375, 2002.

MORAES, L. A. F. D. A VISÃO INTEGRADA DA ECOHIDROLOGIA PARA O MANEJO SUSTENTÁVEL DOS ECOSISTEMAS AQUÁTICOS. **Oecologia Brasiliensis**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 4, p. 676-687, Dezembro 2009. ISSN 10.4257/oeco.2009.1304.11.

MOREIRA, A. C. M. L. CONCEITOS DE AMBIENTE E DE IMPACTO AMBIENTAL APLICÁVEIS AO MEIO URBANO. **Procemba**, v. 1, n. 1, p. 1-6, 1999.

MOURA, E. M. D. **Avaliação da disponibilidade hídrica e da demanda hídrica no trecho do Rio Piranhas-Açu entre os açudes Coremas-Mãe D'água e Armando Ribeiro Gonçalves**. 1. ed. Natal: Dissertação (Mestrado) - UFRN - Centro de Tecnologia - Programa de Pós Graduação em Engenharia Sanitária, v. 1, 2007.

PARAÍSO, S. A. CÍRCULO DE BANANEIRAS: UMA IDÉIA SIMPLES DE PAISAGISMO E SANEAMENTO ECOLÓGICO. **Sítio Alto Paraíso**, 2014. Disponível em: <<https://sitiotaltoparaíso.wordpress.com/2014/08/12/circulo-de-bananeiras-uma-ideia-simples-de-paisagismo-e-saneamento-ecologico/>>. Acesso em: 19 agosto 2019.

PASSOS, J. D. S.; SALES, J. C.; LIMA, G. S. A. D. ANÁLISE DAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE NA REGIÃO METROPOLITANA DE GOIÂNIA (RMG), NO PERÍODO DE 1986 A 2016. In: TULIO, L. (. **Aplicações e Princípios do Sensoriamento Remoto**. Ponta Grossa (PR): Atena, v. 1, 2018. Cap. 5, p. 44-55.

RIACHO NOTÍCIAS. Adutora de Riacho dos Cavalos. **Políticas & Negócios**, 2007. Disponível em: <http://www.politicasenegocios.com.br/noticias/Riacho_dos_Cavalos/adutora-a9580.html>. Acesso em: 18 agosto 2019.

ROSA, R. Geotecnologias na geografia aplicada. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 16, p. 81-90, 2005.

ROSENDO, J. D. S.; ROSA, R. Análise da detecção de mudanças no uso da terra e cobertura vegetal utilizando a diferença de índices de vegetação. **Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Florianópolis, v. 1, n. 1, p. 4209-4216, Abril 2007.

SABEL, T. R. ALTERNATIVAS ECOEFICIENTES PARA TRATAMENTO DE EFLUENTES EM COMUNIDADES RURAIS. **IX Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 9, n. 11, p. 487-503, 2013.

SILVA, C. A. D. L. E. et al. Levantamento da flora apícola em municípios da microrregião de Catolé do Rocha-PB. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal - PB, v. 9, n. 3, p. 223-235, jul/set 2014. ISSN 1981-8203.

SILVA, G. J. F. D. **Estimativa de indicadores biofísicos para avaliação do processo de desertificação no município de São João do Cariri-PB**. João Pessoa: UFPB - Dissertação de Mestrado em Geografia, 2014.

SILVA, J. A. B. D. et al. A URBANIZAÇÃO NO MUNDO CONTEMPORÂNEO E OS PROBLEMAS AMBIENTAIS. **Cadernos de Graduação - Ciências humanas e sociais - unit**, Aracaju, v. 2, n. 2, p. 197-207, Out 2014. ISSN 1980-1785.

SILVA, M. J. D.; LUZ, L. M. D. USO DO SOLO E DEGRADAÇÃO AMBIENTAL: Estudo de caso da bacia do Mata Fome em Belém, Pará. **Revista de Geografia e interdisciplinaridade**, Grajaú/MA, v. 2, n. 7, p. 162-178, set/dez 2016. ISSN 2446-6549.

SILVA, O. V. D. SISTEMAS PRODUTIVOS, DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E DEGRADAÇÃO AMBIENTAL. **REVISTA CIENTÍFICA ELETÔNICA DE TURISMO**, v. 4, n. 6, jan/jun 2007. ISSN 1806-9169.

SOARES, T. M. **Utilização de águas salobras no cultivo de alface em sistema hidropônico NFT com alternativa agrícola condizente ao semi-árido brasileiro**. Piracicaba: USP: Tese de doutorado em agronomia, 2007.

SOBREIRA, L. C. et al. Expansão urbana e variações mesoclimáticas em João Pessoa, PB. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 11, n. 2, p. 125-138, abr/jun 2011.

SOUSA, M. L. M. D.; NASCIMENTO, F. R. D. Estudos geoambientais de bacias hidrográficas em áreas suscetíveis à desertificação no Nordeste do Brasil. **REVISTA COLOMBIANA DE GEOGRAFIA**, Bogotá, v. 24, n. 1, p. 13-27, Dezembro 2015. ISSN 0121-215X.

STEFFEN, C. A. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. [S.l.]: INPE, 2016.

STEFFEN, G. P. K.; STEFFEN, R. B.; ANTONIOLLI, Z. I. CONTAMINAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA PELO USO DE AGROTÓXICOS. **Tecno-Lógica**, Santa Cruz do Sul, v. 15, n. 1, p. 15-21, jan/jun 2011.

TAVARES, D. M. F. **USO DE TÉCNICAS DO SENSORIAMENTO REMOTO PARA ANÁLISE DA VEGETAÇÃO E DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA SUB-BACIA DO RIO TAPEROÁ, ESTADO DA PARAÍBA**. João Pessoa: UFPB - Monografia em Engenharia Ambiental, 2019.

TUCCI, C. E. M.; HESPANHOL, I.; NETTO, O. D. M. C. CENÁRIOS DA GESTÃO DA ÁGUA NO BRASIL: UMA CONTRIBUIÇÃO PARA A "VISÃO MUNDIAL DA ÁGUA". **RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 5, n. 3, p. 31-43, Jul/Set 2000.

VIOLA, E. A GLOBALIZAÇÃO DA POLÍTICA AMBIENTAL NO BRASIL, 1990-1998. **Laisa International**, 1998. Disponível em: <<http://lasa.international.pitt.edu/LASA98/Viola.pdf>>. Acesso em: 05 Junho 2019.