



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA HIDRÁULICA E AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

ROBERTO RODRIGUES DE MOURA FILHO

**USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NAS MARGENS E ENTORNO DO AÇUDE PEREIRA
DE MIRANDA, E SUAS CONSEQUÊNCIAS PARA O RESERVATÓRIO**

**FORTALEZA
2018**

ROBERTO RODRIGUES DE MOURA FILHO

USO E OCUPAÇÃO DA REGIÃO DE ENTORNO DO AÇUDE PEREIRA DE MIRANDA,
E SUAS CONSEQUÊNCIAS PARA O RESERVATÓRIO

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientadora: Profª. Dra. Marisete Dantas de Aquino.

FORTALEZA

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

M889u Moura Filho, Roberto Rodrigues de.

Uso e ocupação da região de entorno do açude Pereira de Miranda, e suas consequências para o reservatório / Roberto Rodrigues de Moura Filho. – 2018.

72 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Civil, Fortaleza, 2018.

Orientação: Profa. Dra. Marisete Dantas de Aquino.

1. Açude Pereira de Miranda. 2. Uso e ocupação do solo. 3. Impactos ambientais. 4. Bacia hidrográfica.
5. Recursos hídricos. I. Título.

CDD 620

ROBERTO RODRIGUES DE MOURA FILHO

**USO E OCUPAÇÃO DA REGIÃO DE ENTORNO DO AÇUDE PEREIRA DE MIRANDA,
E SUAS CONSEQUÊNCIAS PARA O RESERVATÓRIO**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Civil.

Aprovada em: ____/____/_____.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Marisete Dantas de Aquino (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Fernando José Araújo da Silva
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dr. José Pedro Varela da Silva
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus.

À Virgem Santíssima.

Aos meus pais, Helena e Roberto.

AGRADECIMENTOS

A Deus, Aquele que É, e a Quem minha alma sedentamente procura.

À Virgem Santíssima, a quem dedico completamente a viabilização deste trabalho, mesmo em meio a incertezas, inseguranças e, honestamente, atrasos. Às suas mãos santas desejo me entregar, e por elas, a Jesus Cristo, na devoção verdadeira a que livremente me submeti.

À minha mãe, Helena, por toda a sua doçura, amor e atenção. Uma mãe tem uma dignidade quase sobre-humana, e a minha eu guardo sempre no meu coração e pensamento, carinhosamente.

Ao meu pai, Roberto, por seu carinho, paciência e auxílio. De quem eu carrego o nome e outros tantos aspectos, carreguei também o gosto pelas coisas de engenharia.

Ao meu irmão, João Robson, que além de qualquer coisa é um bom irmão, e amigo! E ainda ajudou na elaboração do trabalho, expert em aquicultura que é!

À minha orientadora, a professora Marisete, que demonstrou compreensão e paciência singulares que possibilitaram a realização deste trabalho. Também ao Dr. Pedro da Silva, que auxiliou grandemente na correção do trabalho. Também à professora Suelly Barroso, que havia sido minha orientadora em outro tema, meu muito obrigado por toda a sua atenção.

Aos amigos e companheiros de caminhada Tardiele e Otto, e neles todos os queridos amigos e colegas da Engenharia Civil, a quem desejo todo o bem, na vida profissional e além dela, depositando votos de esperança e coragem para todos os momentos delicados que atravessarmos.

A todos os meus amigos da Igreja, especialmente aos consagrados à Virgem Santíssima, porque são exemplos verdadeiros de santidade, devoção e piedade, que consigamos nós, os nossos e todos os outros pobres pecadores como nós, a Vida Eterna com Nosso Senhor, através do caminho que é Maria Santíssima.

“3 Sim, maravilhas fez conosco o Senhor,
exultemos de alegria!
4 Mudai a nossa sorte, ó Senhor,
como torrentes no deserto.
5 Os que lançam as sementes entre lágrimas,
ceifarão com alegria.” (SALMOS 125, 3-5)

RESUMO

A gestão dos recursos hídricos passa por uma análise dos meios bióticos, abióticos e antrópicos, integrantes da unidade básica de gestão que é a área da Bacia hidrográfica. Essa Bacia hidrográfica é constituída por áreas urbanas e rurais, de forma que ambos podem ser vetores de poluição dos corpos hídricos, em detrimento da qualidade e quantidade de suas águas. O estudo do uso e ocupação do solo no entorno dos corpos hídricos, especialmente se auxiliado por ferramentas de sensoriamento remoto, é essencial para o estudo da sua preservação ambiental dos recursos hídricos, a fim de compreender a ação antrópica que atua sobre esses recursos, que são finitos. Em relação à realidade do semiárido nordestino, a situação torna-se mais delicada pela maior escassez desses recursos, vistos os baixos índices pluviométricos da região e sua baixa capacidade de armazenamento subterrânea, onde a escassez dos recursos afeta a própria subsistência e sobrevivência de indivíduos e locais. Nesse contexto, surge a questão da açudagem, das políticas de gestão dos recursos hídricos e dos órgãos, instituições e regulamentações a isso relacionados. Insere-se assim o açude Pereira de Miranda, situado na Bacia do Curu, que foi construído em 1957 pelo DNOCS, com capacidade de 395 hm³ à época. A análise deste trabalho se voltou para a situação atual do reservatório. Realizou-se o mapeamento do uso e ocupação do solo na região das margens e entorno do açude com o uso de SIG (Sistema de Informação Geográfica) e imagens do satélite LANDSAT 8 que, unido à coleta de informações na literatura e junto a diferentes usuários e setores da sociedade civil associados ao açude Pereira de Miranda, possibilitou um parecer sobre essa situação. Esses resultados foram associados aos dados e informações de qualidade e quantidade da água do açude, incluindo impactos ambientais como a eutrofização e o assoreamento. Verificou-se que o uso e ocupação do solo nas margens e entorno do açude Pereira de Miranda apresentam-se atualmente em condições inadequadas. Além disso, verificaram-se pendências das elaborações do Plano Diretor Municipal e do Plano Municipal de Saneamento Básico, que podem agravar a situação demilitada.

Palavras-chave: açude Pereira de Miranda; uso e ocupação do solo; impactos ambientais; Bacia hidrográfica; recursos hídricos.

ABSTRACT

The management of water resources involves an analysis of the biotic, abiotic and anthropogenic resources that are part of the basic unit of an area of the river Basin. This is a hydric unit, territorial and rural, that can be seen as a kind of protection of the water bodies, to the detriment of the quality and quantity of its waters. The study of land use and occupation is not done with water bodies, especially if assisted by remote sensing tools, is essential for the study of their environmental preservation of water resources, an end of action anthropic action that acts on these resources, are finite. In relation to the reality of the northeastern semi-arid, a situation becomes more delicate for the greater scarcity of resources, while the scarce rainfall levels of the region and its smaller local storage capacity. This context, arises the issue of the governance, the policies of governance of the governances and the organized, institutional and regulatoryations to that related. The Pereira de Miranda dam, located in the Curu basin, was built in 1957 by DNOCS, with a capacity of 395 hm³ at the time. A report of this work has been reviewed for the current situation of the reservoir. The mapping of land use and occupation in the region of the margins and the work environment was carried out using the GIS (Geographic Information System) and images of the LANDSAT 8 satellite, which, together with the information collection in the literature and with its users and the civil society sectors associated with the Pereira de Miranda risk, the power of an opinion on this situation. The results were compared with data and information on the quality and quantity of water in the water, including environmental impact such as eutrophication and silting. It was verified that the use and the occupation of the soil in the margins and the surroundings of the company Pereira de Miranda present at present inadequate conditions. In addition, they checked the pending drafts of the Municipal Master Plan and the Municipal Basic Sanitation Plan, which may aggravate a demilitarized situation.

Keywords: weir Pereira de Miranda; use and occupation of the soil; environmental impacts; hydrographic Basin; water resources.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização e acesso da cidade de Pentecoste por Fortaleza	36
Figura 2 – Localização do Açude Pentecoste e disposição da sua Bacia hidrográfica.....	37
Figura 3 – Perímetro irrigado Curu-Pentecoste	43
Figura 4 – Localização da comunidade Malhada, Pentecoste-CE.....	45
Figura 5 – Cobertura vegetal e solo exposto no entorno do açude Pereira de Miranda	54
Figura 6 – Solo exposto na região de entorno do açude Pereira de Miranda	54
Figura 7 – Tomada d'água do açude Pereira de Miranda, utilizada para o abastecimento da cidade	56
Figura 8 – Proliferação de macrófitas e algas no açude Pentecoste	56
Figura 9 – ETA da CAGECE, à jusante do açude	57
Figura 10 – Tomado d'água da ETA em canal vindo da tomada d'água no açude.....	57
Figura 11 – A sede municipal de Pentecoste, o bairro São Francisco e o açude Pereira de Miranda	58
Figura 12 – Vista do Açude Pentecoste vindo por dentro do bairro São Francisco, mostrando presença de lixo.....	59
Figura 13 – Descida de águas residuárias domésticas do bairro São Francisco ao Açude Pentecoste	59
Figura 14 – Ocupação humana rural no entorno do Pereira de Miranda.....	60
Figura 15 – Criação de bovinos às margens do Açude Pentecoste, ao lado de canoas de pescadores	60
Figura 16 – Flagrante lavagem de carro às margens do Açude Pentecoste	61
Figura 17 – Acesso ao Açude Pentecoste vindo do centro da cidade, ao lado da CE 341	61
Figura 18 – Retirada d'água por caminhão pipa às margens do Açude Pentecoste	61

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Volume de água, medido no início dos meses de Outubro, do açude Pereira de Miranda de 2008 a 2018.....	39
Gráfico 2 – Agricultura praticada na cidade de Pentecoste	41
Gráfico 3 – Pecuária praticada na cidade de Pentecoste em número de cabeças	42
Gráfico 4 – Situação de esgotamento sanitário em domicílios particulares na cidade de Pentecoste	49
Gráfico 5 – Estado trófico das águas do açude Pentecoste.....	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Usos múltiplos do Açude Pentecoste	40
Tabela 2 - Estimativa das emissões de nutrientes das fontes pontuais e difusas da área de entorno do açude Pereira de Miranda.	51

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APP	Área de Preservação Permanente
ANA	Agência Nacional de Águas
CAGECE	Companhia de Água e Esgoto do Ceará
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COGERH	Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos
DNOCS	Departamento Nacional de Obras Contra as Secas
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ETA	Estação de Tratamento de Água
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
FUNCENE	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
GPS	Sistema de Posicionamento Global
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IETm	Índice de Estado Trófico médio
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPECE	Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará
IQA	Índice de Qualidade da Água
OLI	Operational Land Imager
PAM	Pesquisa Agrícola Municipal
PDDU	Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano
PLANERH	Plano Estadual de Recursos Hídricos
PNSB	Pesquisa Nacional de Saneamento Básico
PPM	Pesquisa Pecuária Municipal
SIDRA	Sistema IBGE de Recuperação Automática
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SAR	Sistema de Acompanhamento de Reservatórios
SRH	Secretaria de Recursos Hídricos
SUDENE	Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste
UTM	Universal Transversa Mercator

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 Objetivos.....	16
1.1.1 Objetivos Gerais	16
1.1.2 Objetivos Específicos	16
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1 Recursos hídricos.....	17
2.1.1 Bacia hidrográfica	18
2.1.2 Os recursos hídricos e o semiárido nordestino	19
2.1.2.1 Breve retrospectiva histórica	19
2.1.2.2 Açudagem como solução para escassez hídrica.....	20
2.1.2.3 Uma nova conduta de recursos hídricos no semiárido nordestino	21
2.1.2.4 Política de recursos hídricos no Ceará	21
2.1.2.5 Comitês de Bacia Hidrográfica	22
2.2 A Bacia do Curu	23
2.2.1 O Comitê da Bacia Hidrográfica do Curu	23
2.2.2 Usos múltiplos dos açudes: a pesca esportiva, a pesca artesanal e a aquicultura	25
2.3 Uso e ocupação do solo	25
2.3.1 O planejamento do uso do solo e a preservação dos recursos hídricos	26
2.3.1.1 Plano Diretor Municipal: aspecto legislativo do uso e ocupação do solo	27
2.3.2 Preservação ambiental do solo e impactos sobre os recursos hídricos	27
2.3.3 Impactos ambientais	29
2.3.3.1 Eutrofização	29
2.3.3.2 Assoreamento	30
2.3.3.3 Perda de qualidade da água	31
2.3.4 Sensoriamento remoto – Ferramenta para o estudo de uso e ocupação do solo	32
3 METODOLOGIA.....	33
3.1 1ª Etapa - Revisão bibliográfica	33
3.2 2ª Etapa – Sensoriamento remoto e visita a campo	33
3.2.1 Sensoriamento remoto	33
3.2.2 Visita a campo	35
4 RESULTADOS E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	36
4.1 1ª Etapa - Revisão bibliográfica	36
4.1.1 Características gerais do Açude Pereira de Miranda	36
4.1.2 Pluviometria, evaporação e clima	38
4.1.3 Solo, relevo e vegetação	38
4.1.4 Armazenamento hídrico	39
4.1.5 Os múltiplos usos das águas do açude Pereira de Miranda	39
4.1.5.1 Agropecuária	40
4.1.5.1.1 O perímetro irrigado Curu-Pentecoste	42
4.1.5.2 Pesca artesanal e piscicultura	43
4.1.5.2.1 O Centro de Pesquisas Rodolpho von Ihering	44
4.1.5.2.2 A pesca artesanal e a piscicultura intensiva familiar em tanques-rede ou gaiolas: O caso da comunidade Malhada	44
4.1.5.3 Abastecimento humano	47
4.1.6 Uso e ocupação das margens e entorno do Açude	48
4.1.6.1 Esgotamento sanitário e coleta de resíduos sólidos municipais	49
4.1.7 Qualidade da água no açude Pereira de Miranda	51
4.1.7.1 Eutrofização	51

4.1.7.2 Outros aspectos de qualidade da água.....	52
4.2 2^a Etapa – Confecção de mapa de uso e ocupação do solo, visita ao açude Pereira de Miranda e levantamento fotográfico.	53
4.3 Discussões gerais	63
5 CONCLUSÃO.....	65
REFERÊNCIAS.....	66
APÊNDICE A – MAPA DE DELIMITAÇÃO DA APP DO AÇUDE PEREIRA DE MIRANDA.....	72
APÊNDICE B – MAPA DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NAS MARGENS E ENTORNO DO AÇUDE PEREIRA DE MIRANDA	73

1 INTRODUÇÃO

O processo natural de crescimento e desenvolvimento das civilizações humanas tem levado à formação de numerosas aglomerações urbanas, sem que seja, em grande parte dos casos, aplicado satisfatório controle e planejamento sobre este crescimento. Segundo Drew (2010), essa população sempre crescente, junto às atividades socioeconômicas por ela desenvolvidas, demanda a extração acelerada de recursos naturais para o atendimento das suas necessidades e, dessa forma, tem contribuído intensivamente para a degradação da quantidade e da qualidade das águas superficiais e subterrâneas.

O uso do solo perpassa justamente pelas atividades antrópicas relacionadas com uma extensão de terra ou a um ecossistema, e pode ser definido como uma série de operações desenvolvidas pelo homem com a intenção de obter produtos e benefícios, através do uso dos recursos da terra. Essas atividades podem ser agricultura, pecuária, habitação etc. (IBGE, 2006).

Segundo Drew (2010), há quem considere praticável a exploração contínua dos recursos naturais, utilizando-se de meios tecnológicos para superar o esgotamento dos recursos ou para corrigir o prejuízo ecológico; outros, ao contrário, advogam a regressão, fazendo com que o homem reduza o controle e a interferência sobre o meio ambiente.

No entanto, em conciliação aos interesses correntes de crescimento econômico e de melhora do bem-estar social e o controle dos níveis alarmantes de alterações climáticas e de degradação ambiental, tem se espalhado o conceito de desenvolvimento sustentável, que busca a viabilização da manutenção e desenvolvimento das sociedades sem a exploração irresponsável de recursos naturais, que são finitos (DREW, 2010).

Segundo Cordeiro e Amorim (2005), a forma desordenada e acelerada como vem ocorrendo o crescimento urbano no Brasil tem provocado diversos impactos negativos, dentre os quais se destacam as modificações na quantidade e na qualidade dos recursos hídricos, tanto superficiais como subterrâneos. Isso acarreta uma série de problemas a serem enfrentados, tais como: dificuldades na captação de água adequada para abastecimento, aumento dos custos com tratamento de água e esgoto, escassez de água, doenças de veiculação hídrica, etc.

A degradação da qualidade da água dos corpos d'água decorre da poluição associada à ação antrópica. São diversos os vetores de poluição das águas superficiais, podendo-se destacar: a precariedade do sistema de saneamento básico, lançando dejetos urbanos nos corpos d'água; o carreamento de sedimentos, nutrientes e defensivos agrícolas

relacionados à agricultura; a drenagem das precipitações em áreas de pecuária, devido ao carreamento de resíduos da criação animal (MANSOR *et al.*, 2006).

O semiárido brasileiro, inserido na região Nordeste do país, é a região do país que mais sofre com a escassez de recursos hídricos. Conflitos entre disponibilidade e oferta de água na região são recorrentes, especialmente durante a estação seca, ocasionando uma longa série de ações e projetos governamentais e civis, pesquisas acadêmicas e discussões a fim de mitigar os efeitos das secas e prover água de forma contínua, viabilizando a habitação e as atividades econômicas de toda a população (CIRILO *et al.*, 2010).

Grandes esforços têm sido empregados com o objetivo de implantar infraestruturas capazes de fornecer água, garantindo os abastecimentos humano e animal, bem como viabilizando a irrigação na produção agrícola. No entanto, esses esforços ainda são, em geral, insuficientes para resolver o problema como um todo, o que faz com que as populações permaneçam vulneráveis a secas, especialmente quando se trata do uso generalizado de água em áreas rurais (CIRILO *et al.*, 2010). A açudagem tem sido, sem dúvidas, um dos principais meios de suprir a falta de rios perenes e de fontes permanentes de água no sertão nordestino, especialmente frente às secas recorrentes (ANDRADE, 1999; BARBOSA, PONZI JR, 2006).

Inserido neste meio está o açude Pereira de Miranda, localizado na cidade de Pentecoste, Ceará. Foi construído visando proporcionar o abastecimento de água, a irrigação, a geração de energia elétrica, a piscicultura e o controle das cheias do rio Curu (DALMEIDA *et al.*, 2011). Segundo Ceará (2005 *apud* LOPES, 2016), o uso da água do reservatório, que representa 37% da capacidade de acumulação de água na Bacia do Curu, é voltado para a irrigação (83%), indústria (7%) e o consumo humano (10%).

Dessa forma, o planejamento ambiental e as políticas públicas de gerenciamento dos recursos hídricos têm um papel muito importante: ser meios de garantia da disponibilidade e qualidade desses recursos com o passar do tempo. São ainda mais indispensáveis na realidade do semiárido nordestino, que sofre com a escassez de recursos hídricos disponíveis. Esse planejamento perpassa indispesavelmente pelo estudo do solo, em seu uso e ocupação, visto que se constitui como suporte para os ecossistemas e atividades humanas, econômicas ou de subsistência.

1.1 Objetivos

1.1.1 *Objetivos Gerais*

Analisar o uso e ocupação do solo nas e margens e entorno do Açude Pereira de Miranda – Pentecoste/CE, e seus impactos no reservatório.

1.1.2 *Objetivos Específicos*

- Caracterizar as Bacias hidrográficas do rio Curu e do Açude Pereira de Miranda;
- Caracterizar o uso e ocupação do solo nas margens e entorno do açude Pereira de Miranda, abrangendo aspectos como a finalidade social para a região que o cerca e informações complementares;
- Elaborar mapa temático de uso e ocupação do solo nas margens e entorno do Açude Pereira de Miranda, considerando a sua Área de Preservação Permanente;
- Fazer levantamento de campo, através de fotografias e pesquisa junto à comunidade local e instituições fiscalizadoras, quanto ao uso e ocupação das margens do açude, confrontando esses dados com os anteriormente levantados na literatura;
- Especificar eventuais impactos na qualidade e quantidade da água do açude com o passar dos anos e associá-los ao uso e ocupação do açude estudado neste trabalho.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Recursos hídricos

Segundo Mota (2008), os recursos naturais se relacionam entre si, de forma que ações aplicadas em um meio podem repercutir nos demais. Por isso, os recursos hídricos não podem ser considerados isoladamente, mas sim associados aos outros componentes do meio como um todo. Dessa forma, os programas de proteção de recursos hídricos não devem tratar o corpo d'água isoladamente, mas associá-lo ao ambiente que integra, abrangendo todo o espaço da Bacia hidrográfica, e nela estudar o inter-relacionamento dos recursos hídricos com os demais recursos naturais, tais como solo e vegetação.

A ação humana no processo de desenvolvimento civilizatório, devido ao interesse do acelerado desenvolvimento econômico, à falta de planejamento do desenvolvimento urbano, à pouca consciência ambiental e a outros tantos motivos que se intercomunicam, tem levado em muitos dos casos a uma exploração insensata dos recursos naturais. A exploração responsável dos recursos naturais, que são finitos, perpassa pelo conceito de desenvolvimento sustentável, aliando a preservação do meio ambiente e de tais recursos ao interesse das sociedades pelo crescimento econômico e manutenção e melhora do bem-estar social (DREW, 2010).

Conforme disserta Lima (2013), a possibilidade da manutenção da sustentabilidade dos ecossistemas de produção, dentro de uma escala de tempo de décadas ou séculos, dependerá de avanços tecnológicos, de mudanças de estruturas sociais e institucionais, bem como da implementação de mecanismos de proteção dos recursos naturais renováveis centrados na conservação do solo, dos recursos hídricos e da biodiversidade.

Rebouças (1997) afirma, em consonância a diversos formadores de opinião, que o século XXI será marcado pela crise da água, tanto a nível mundial quanto nacional. Essa crise, e a fragilidade política da sociedade em geral a ela associada, é inclusive motivo de interesse para alguns, na medida em que possa proporcionar vantagens financeiras pessoais. Consequentemente as inovações e todas as mudanças em nível tecnológico, social e cultural voltadas ao desenvolvimento sustentável perdem forças e saem prejudicadas em alguns países, podendo se inserir nessa realidade o Nordeste brasileiro.

Portanto, urge que haja uma gestão apropriada dos recursos hídricos, que concilie os diversos interesses dos setores da sociedade, em prol da adoção de medidas tecnicamente bem embasadas, mas que incluam os próprios usuários diretos desses recursos, e que

garantam a preservação e adequado manejo desses recursos. Além disso, que essa gestão inclua o estudo de uso e ocupação do solo, já que, conforme afirma Mota (2008), os recursos naturais tem relação inseparável e impactam uns aos outros. A fim de iniciar esse estudo, aborda-se inicialmente o território finito onde se realizam todas as atividades humanas: a Bacia hidrográfica.

2.1.1 Bacia hidrográfica

A Bacia hidrográfica pode ser definida com uma área de captação natural da água de precipitação que faz convergir o escoamento para um único ponto de saída. A Bacia hidrográfica compõe-se de um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos de água que confluem até resultar em um leito único no seu exutório (TUCCI, 1997 *apud* PORTO, M. F. A; PORTO, R. La L., 2008).

Neste território definido como Bacia hidrográfica é que se desenvolvem as atividades humanas. Todas as áreas urbanas, industriais, agrícolas ou de preservação fazem parte de alguma Bacia hidrográfica. Pode-se dizer que no seu exutório estarão representados todos os processos que fazem parte do seu sistema. O que ali ocorre é consequência das formas de ocupação do território e da utilização das águas que para ali convergem (PORTO, M. F. A; PORTO, R. La L., 2008). Por abrangência, é importante constar, devido ao tema deste trabalho, que essas ações antrópicas realizadas no território da Bacia hidrográfica influenciam fortemente nas águas dos reservatórios artificiais, nas propriedades qualitativas e quantitativas das águas que acumula.

O uso dos recursos naturais pelo homem em áreas urbanas, na indústria, em atividades agrícolas, aliado aos processos naturais como variação da precipitação, intemperismo das rochas e erosão, alteram a qualidade das águas, tornando-as inadequadas para o consumo humano, recreação, indústria e agricultura (ANDRADE *et al.*, 2007; MENDIGUCHÍA *et al.*, 2004 *apud* ANDRADE *et al.*, 2007; VIDAL *et al.*, 2000 *apud* ANDRADE *et al.*, 2007)

O açude Pereira de Miranda fica inserido na Bacia hidrográfica do rio Curu, sendo o seu açude de maior importância em armazenamento hídrico. A Bacia do Curu, por sua vez, sob uma visão integrada, fica inserida na realidade do Nordeste semiárido. O estudo da realidade dessa bacia, e especial do açude Pereira de Miranda, envolve os aspectos climáticos, geográficos, geológicos, físicos e históricos tratados nos próximos itens.

2.1.2 Os recursos hídricos e o semiárido nordestino

2.1.2.1 Breve retrospectiva histórica

Desde o ano de 1877, quando a região nordeste foi assolada por uma grande seca, o então império e em seguida o Governo Federal, até a metade do século XX, a política de combate às secas contemplava, principalmente, a formação de uma infra-estrutura hidráulica e a implantação de postos agrícolas como indutores da irrigação na região. O período em que predominou essa política foi posteriormente denominado de período da solução hidráulica (MAGALHÃES; GLANTZ, 1992 apud STUDART; CAMPOS, 1998). “Durante a colonização do interior do país, a açudagem foi uma das estratégias utilizada pelos sertanejos para minimizar os efeitos das secas e resolver o problema do abastecimento d’água que atingia os colonizadores e os seus rebanhos” (BARBOSA, PONZI JR, 2006).

Durante bastante tempo, esse foi o único meio de suprir a falta de rios perenes e de fontes permanentes de água no sertão nordestino, especialmente frente às secas recorrentes, suscitando a açudagem como medida governamental que possibilitasse o abastecimento da população, para suprir as suas necessidades e possibilitar a produção agrícola, com irrigação. (ANDRADE, 1999; BARBOSA; PONZI JR, 2006). Nessa realidade, na segunda metade do século XX, iniciou-se uma política do aproveitamento intensivo do potencial hidráulico com os anos construído, através dos grandes projetos de irrigação, política essa delineada pela SUDENE (STUDART; CAMPOS, 1998).

O regime de construção de açudes em cooperação, desativado em 1967, realizado pelo DNOCS/IFOCS, pretendia melhor distribuir, sob o ponto de vista espacial, a oferta d’água e subsidiava a construção de açudes particulares de capacidade máxima de 3 milhões de metros cúbicos. Os proprietários, em contrapartida, comprometiam-se a fornecer água para as necessidades domésticas das populações circunvizinhas. Entretanto, via de regra, os pedidos deferidos só atendiam aos partidários políticos do governo, de modo que a política em questão redundava no aumento da fortuna dos senhores de terra, sem beneficiar o sertanejo pobre, tendendo a criar a “classe dos senhores de água” (STUDART; CAMPOS, 1998; ALMEIDA, 1982 apud STUDART; CAMPOS, 1998).

Para Cirilo (2008), o histórico de políticas públicas de recursos hídricos do semiárido brasileiro, até a década de 1990, foi equivocado, quando não ausente, já que foram baseadas principalmente na implantação de pequenos reservatórios, que são altamente vulneráveis às estiagens, e na perfuração de poços no cristalino. Além disso, a falta de gestão

das águas foi a tônica da manutenção do quadro regional crítico a cada seca. As soluções dadas para aliviar o sofrimento das populações atingidas consistiam na cessão de carros-pipa para transporte de água e organização de frentes de trabalho para assegurar-lhes alguma renda para sustento, medidas de caráter paliativo.

2.1.2.2 Açudagem como solução para escassez hídrica

Segundo Barbosa e Ponzi Jr (2006), “O problema do semi-árido não é apenas decorrente da escassez de chuvas e de temperaturas elevadas, como também da natureza do solo”. A maior parte do solo do Nordeste semi-árido, com exceção das serras e das chapadas, beneficiadas por chuvas orográficas, apresenta formações geomorfológicas de grandes extensões de rochas cristalinas. Isso faz com que o subterrâneo do semi-árido nordestino apresente baixa capacidade de armazenamento das águas das chuvas, que, por isso, se perdem rapidamente, escoadas pela rede fluvial temporária. A fim de garantir conservar o abastecimento de água para a população é que se fez necessária a construção de obras hidráulicas, como barreiros, açudes e barragens (BARBOSA, PONZI JR, 2006).

Segundo Cirilo (2008), os solos rasos e afloramentos rochosos do semi-árido nordestino comprometem fortemente a disponibilidade de água subterrânea ou a existência de aquíferos nessas regiões, além do que as temperaturas sempre altas na região conduzem a elevadas taxas de evaporação e rios quase sempre intermitentes. No entanto, mesmo com essas condições, a região uma das maiores populações do mundo.

A construção de grandes açudes públicos pelo DNOCS veio acompanhada de propostas de reordenação da estrutura fundiária. Inicialmente, esse reordenamento focava as áreas à montante do reservatório: a terra era dividida em pequenos lotes, e identificada como “faixa seca”, destinada à pecuária, ou como “faixa úmida”, destinada à agricultura de subsistência. Anos depois, um novo modelo de ordenamento do espaço priorizou a utilização das terras à jusante, com a implementação dos perímetros irrigados. Entretanto em alguns anos apareceram fenômenos de salinização e de degradação rápida dos solos na maioria dos perímetros irrigados, limitando seriamente o aproveitamento dessas obras (BARBOSA e PONZI JR, 2006).

2.1.2.3 Uma nova conduta de recursos hídricos no semiárido nordestino

Conforme Tundisi (2003), no século XX, a gestão ambiental, e especialmente a gestão dos recursos hídricos, foi dirigida essencialmente para uma ação setorial (pesca, hidroeletricidade, navegação etc.), em nível local (rio, lago, represa, água subterrânea) e de resposta a crises. No entanto, a tendência para esse século é no sentido de uma política preditiva do sistema, ampliando a capacidade de antecipação de problemas, desastres e impactos. Além disso, essa gestão passa a ser integrada e em nível de ecossistema, tomando como um todo a Bacia hidrográfica.

Em 1997, implantou-se nos Estados, com o suporte da União e da Lei Nº 9.433/1997, a chamada Lei das Águas, e com ela uma nova filosofia de gestão dos recursos hídricos: controle do uso, por meio de instrumentos como outorga e da ainda incipiente cobrança pelo uso da água bruta; planos de recursos hídricos para as bacias hidrográficas e para os Estados; estruturação de entidades gestoras e organismos de bacia; programas de obras estruturadoras etc. (CIRILO, 2008).

2.1.2.4 Política de recursos hídricos no Ceará

A atual política de gestão dos recursos hídricos do Ceará enfatiza o gerenciamento da demanda, englobando formalização do direito de uso, cobrança de água, campanhas educativas e a descentralização das decisões através do incentivo da participação dos usuários nos comitês de bacias (STUDART; CAMPOS, 1998).

Segundo Lima (2013), a Lei Nº 14.844/2010 dispõe sobre a Política de Recursos Hídricos do Estado do Ceará, e diz no Capítulo IV, art. 4º, onde trata das suas diretrizes, que:

- Inciso III – A Política estadual deve promover a integração da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental;
- Inciso V – A integração do gerenciamento dos recursos hídricos com as políticas públicas federais, estaduais e municipais de meio ambiente, saúde, saneamento, habitação, uso do solo, desenvolvimento urbano e regional, e outras de relevante interesse social que tenham inter-relação com a gestão das águas;
- Inciso VI – A promoção da educação ambiental para o uso dos recursos hídricos, com o objetivo de sensibilizar a coletividade para a conservação e utilização sustentável deste recurso, capacitando a para participação ativa na sua defesa;

- Inciso VII – O desenvolvimento permanente de programas de conservação e proteção das águas contra a poluição, exploração excessiva ou não controlada. Posto que a gestão de recursos hídricos é parte integrante da gestão ambiental, sendo, portanto, indissociáveis e interdependentes.

2.1.2.5 Comitês de Bacia Hidrográfica

Lanna (1995) reflete sobre as causas da falência dos modelos historicamente adotados para gerenciamento dos recursos hídricos. Um modelo baseado na repressão e aplicação de novas imposições legais por parte das entidades responsáveis exigiria grandes investimentos em pessoal e equipamentos e a tomada de medidas coercitivas impopulares e de difícil sustentação política. No entanto, políticas públicas no sentido de conscientizar os diferentes atores da sociedade acerca das razões das leis existentes e do impacto do seu não cumprimento, por sua parte ou por parte de outros atores, na garantia da continuidade dos recursos para as gerações presentes e futuras.

Uma das maneiras de se obter esta conscientização é através de um colegiado com atribuições no gerenciamento das bacias hidrográficas, em que cada participante é conscientizado e atua como agente conscientizador e fiscalizador, impedindo a atuação ilegal de outros e reforçando a atuação das entidades com atribuições de controle. Esse colegiado é tratado como Comitê da Bacia Hidrográfica (LANNA, 1995).

Dentro da atual política de gestão de águas implantada no estado do Ceará, que prega uma gestão "integrada, descentralizada e participativa", uma série de medidas foi tomada no sentido de incluir os atores sociais nas instâncias onde as decisões são tomadas. Neste sentido, em outubro de 1997, foi criado o primeiro Comitê de Bacia do estado, na Bacia do Rio Curu, a região agrícola mais importante do Ceará em termos produção baseada na irrigação à época (STUDART; CAMPOS, 1998).

A iniciativa parte da COGERH com o desafio de conscientizar os usuários de água da importância de instrumentos de gestão que não tem apelo popular como a cobrança pelo uso da água e formalização do direito de uso da água através da outorga. Historicamente, o Nordeste semi-árido, em especial a Bacia do Curu, sempre esteve sob forte influência das ações assistenciais dos Governos estadual e federal, e os comitês de bacias entram com a tarefa de dissociar o paradigma da água como um bem social, passando a ser tida concebida como um bem econômico (STUDART; CAMPOS, 1998).

A seguir, são feitas algumas considerações de caracterização da Bacia hidrográfica do Curu, constando também acerca do Comitê da Bacia, e do Açude Pentecoste, com seus usos múltiplos.

2.2 A Bacia do Curu

A Bacia do Curu localiza-se no centro-norte do Estado. Limita-se, a leste, com as bacias Metropolitanas, a oeste com as Bacias do Acaraú e do Litoral e ao sul com a sub-bacia do rio Banabuiú, integrante do Sistema do Jaguaribe. Seu principal afluente é o rio Canindé, que se encontra na margem direita, e drena praticamente todo o quadrante sudeste da bacia. Pela margem esquerda destaca-se o rio Caxitoré. O rio Curu possui uma extensão de 195 km corre preferencialmente no sentido sudoeste nordeste. A bacia drena uma área de 8.750,75 Km², o equivalente a 6% do território cearense (CEARÁ, 2009).

Esta Bacia caracteriza-se pelo alto nível de açudagem, possui um total de 818 reservatórios (COGERH, 2008 *apud* CEARÁ, 2009), destes, 229 apresentam área superior a 5ha (FUNCEME, 2008 *apud* CEARÁ, 2009). Destacam-se os açudes Gal. Sampaio e Pentecoste, responsáveis por quase de 70% do volume de acumulação da Bacia (CEARÁ, 2009).

Lopes (2016) destaca que 12 dos 15 municípios que compõem a Bacia do Curu estão total ou parcialmente inseridos na Bacia hidrográfica do Açude Pentecoste, revelando a sua grande importância para esses municípios. São eles: Apuiarés (28% do território municipal pertence a área da bacia hidrográfica), Aratuba (15%), Canindé (42%), Caridade (100%), Guaramiranga (17%), Itaitira (1%), Maranguape (6%), Mulungu (34%), Pacoti (5%), Palmácia (5%), Paramoti (41%), e Pentecoste (40%).

Segundo Ceará (2009), a gestão dos recursos hídricos na Bacia do Curu comprehende um conjunto de ações planejadas pela SRH no âmbito da Política Estadual de Recursos Hídricos e executadas pela COGERH, na condição de responsável pelo gerenciamento desses recursos, em parceria com o DNOCS, e com a participação do Comitê de Bacia.

2.2.1 O Comitê da Bacia Hidrográfica do Curu

A promulgação da Constituição de 1988 foi um marco, entre outros aspectos, no aumento do poder dos estados. Anteriormente, toda a gestão das águas do vale do Curu era de

fato do DNOCS como instituição com domínio dos açudes e dos perímetros irrigados, embora se tratasse de águas estaduais, e a partir de então, o Governo Estadual passou a desempenhar com maior presença o seu papel na gestão das águas estaduais. A COGERH assumiu seu papel de órgão gestor dos recursos hídricos da bacia, tendo o DNOCS aberto mão de parte de seu poder (STUDART; CAMPOS, 1998).

O Comitê da Bacia Hidrográfica da Bacia do Curu foi eleito o fórum ideal para a prática do diálogo entre usuários, sociedade civil, governo e agência de bacia (papel assumido pela COGERH) visando, principalmente, o planejamento de ações pertinentes à gestão dos recursos hídricos, assim como resolver os conflitos decorrentes do uso da água. (STUDART; CAMPOS, 1998)

Segundo o regimento interno do comitê (CBH CURU, 2010), a sua composição é formada por representantes dos usuários das águas (30%), da sociedade civil organizada com atuação na Bacia do Curu (30%), de órgãos da administração pública estadual e/ou federal com investimentos ou competência na área da bacia (20%) e dos poderes públicos municipais da bacia (20%). São finalidades suas:

- promover o gerenciamento descentralizado, participativo e integrado dos recursos hídricos, sem dissociação dos aspectos quantitativos e qualitativos, em sua área de atuação;
- compatibilizar o gerenciamento dos recursos hídricos com o desenvolvimento regional e com a proteção do meio ambiente;
- promover a utilização múltipla dos recursos hídricos, superficiais e subterrâneos, assegurando o uso prioritário para o abastecimento das populações.

As ações de gestão das águas da Bacia do Curu envolvem a chamada ‘alocação negociada de água’, mediada e aperfeiçoada ano a ano pela COGERH. Nesse processo se envolvem os principais atores da bacia, como o Comitê da Bacia Hidrográfica, os usuários de água, e as instituições diretamente relacionadas, como o DNOCS, a SRH, as Prefeituras e outros, em seminários para alocar a água para os múltiplos usos e avaliar os resultados no final do período considerado (CEARÁ, 2009). No caso do açude Pereira de Miranda, o uso das águas do açude para a pesca e a piscicultura se destaca de maneira diferenciada. É interessante, dessa forma, fazer considerações acerca desse uso.

2.2.2 Usos múltiplos dos açudes: a pesca esportiva, a pesca artesanal e a aquicultura

A Agenda 21 da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente aponta justamente para a necessidade de reconhecer o caráter multissetorial do gerenciamento dos recursos hídricos, associoando-o ao desenvolvimento socioeconômico sustentável. Nesse sentido, não se deve deixar de dar a devida atenção ao seu uso relacionado à pesca e à aquicultura.

No Brasil, a piscicultura desencadeou-se a partir das décadas de 20 e 30, quando foram realizados os primeiros trabalhos de Rodolpho von Ihering sobre a reprodução dos peixes, dando um grande impulso para essa atividade a partir da década de 70, com a organização e aperfeiçoamento de várias estações de pesquisa e produção de alevinos (PROENÇA; BITTENCOURT, 1994 *apud* BARBOSA; PONZI JR, 2006). “No Nordeste, o DNOCS foi encarregado de implantar e promover a pesca em água doce, através da produção de alevinos, realização de peixamentos, administração pesqueira, estatística de pesca, cadastramento de pescadores e comercialização do pescado” (GURGEL; OLIVEIRA, 1987 *apud* BARBOSA; PONZI JR, 2006).

Para Barbosa e Ponzi Jr (2006), a cultura de organismos aquáticos nos açudes sertanejos visando à produção de alimentos e à pesca esportiva desponta como uma atividade capaz de gerar renda e incentivar o potencial turístico do sertão.

2.3 Uso e ocupação do solo

O planejamento ambiental, a fim de garantir a continuidade de disponibilidade dos recursos naturais, especialmente os recursos hídricos, perpassa indispensavelmente pelo estudo do solo, em seu uso e ocupação, visto que se constitui como suporte para os ecossistemas e atividades humanas, econômicas ou de subsistência.

O uso do solo é normalmente associado às atividades conduzidas pelo homem relacionadas com uma extensão de terra ou a um ecossistema, e pode ser definido como uma série de operações desenvolvidas pelos homens, com a intenção de obter produtos e benefícios, através do uso dos recursos da terra. Essas atividades podem ser agricultura, pecuária, habitação etc. (IBGE, 2006). Os ambientes naturais, envolvendo a flora e a fauna, e o meio físico, envolvendo solo, água e ar, são alterados pelas ações humanas, mas não se deve

deixar de considerar que este meio antrópico sofre, por outro lado, as consequências das modificações que provoca nestes primeiros (MOTA, 2008).

A ação antrópica, relacionada diretamente ao processo de expansão urbana, ocasiona inúmeras alterações da paisagem natural como a diminuição da vegetação nativa, aceleração dos processos erosivos, aumento das áreas com solos expostos, ocupação dos leitos fluviais, perda da biodiversidade, dentre outras (FARIAS *et al.*, 2013).

No contexto do território cearense, as primeiras ações que marcaram as relações homem e meio ambiente no contexto do estabelecimento dos primeiros núcleos urbanos ocorreram por povoamentos às margens dos rios com o estabelecimento das fazendas de gado e o desenvolvimento da agricultura. Inicialmente, a exploração dos recursos naturais devido ao desenvolvimento dessas atividades dava-se de maneira moderada, já que o contingente populacional não era tão elevado. Com o passar dos anos a população foi crescendo e as vilas transformando-se em povoados, distritos e cidades e, consequentemente, a exploração dos recursos naturais se intensificou, tornando-se inversamente proporcional à capacidade de regeneração dos mesmos (FARIAS *et al.*, 2013).

2.3.1 O planejamento do uso do solo e a preservação dos recursos hídricos

O planejamento territorial que considera a Bacia hidrográfica como unidade de gestão, incluindo todos os seus componentes dos meios físico, biótico e antrópico, é a melhor forma de realizar a sua ocupação e utilização, garantindo-se a conservação dos recursos naturais. Cabe a cada município adequar suas ações de disciplinamento e controle do uso e ocupação do solo às diretrizes definidas pelos comitês de bacias (MOTA, 2010). Dessa forma, o estudo acerca do uso e ocupação do solo colabora fortemente para garantir a utilização sustentável dos recursos naturais, equilibrando as relações econômicas, sociais e ambientais envolvidas (IBGE, 2006).

Junto a isso, conforme Mota (2010), o empreendedor, no âmbito do procedimento de licenciamento ambiental, deve elaborar o Plano Ambiental de Conservação e Uso do Entorno de Reservatório Artificial, em conformidade com o termo de referência expedido pelo órgão ambiental competente, para os reservatórios artificiais destinados à geração de energia e abastecimento público. O plano consiste em um conjunto de diretrizes e proposições com o objetivo de disciplinar a conservação, recuperação, o uso e ocupação do entorno do reservatório artificial.

2.3.1.1 Plano Diretor Municipal: aspecto legislativo do uso e ocupação do solo

Segundo a Constituição Federal de 1988, em seu art. 30, VIII, compete aos municípios promover, no que couber, adequado ordenamento territorial, mediante planejamento e controle do uso, do parcelamento e da ocupação do solo urbano. O Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano - PDDU, obrigatório para municípios com mais de 20.000 habitantes, sendo complementado pela Lei de Uso e Ocupação do Solo, constituem importante instrumento de disciplinamento do uso e ocupação das suas respectivas áreas, uma vez que devem ser elaborados visando a disciplinar o crescimento econômico e social, de forma ecologicamente equilibrada (LIMA, 2013).

O Estatuto da Cidade, Lei Federal Nº 10.257/2001, determina em seu artigo primeiro, parágrafo único, que na execução da política urbana, conforme tratam os artigos 182 e 183 da Constituição Federal, será aplicado o seguinte: “Para todos os efeitos, esta Lei, denominada Estatuto da Cidade, estabelece normas de ordem pública e interesse social que regulam o uso da propriedade urbana em prol do bem coletivo, da segurança e do bem-estar dos cidadãos, bem como do equilíbrio ambiental.” (BRASIL, 2001). Este estatuto tem por principais instrumentos de planejamento municipal, o plano diretor e a disciplina do parcelamento, do uso e da ocupação do solo. O plano diretor, aprovado por lei municipal, é o instrumento básico da política de desenvolvimento e expansão urbana, e deverá englobar o território do Município como um todo.

2.3.2 Preservação ambiental do solo e impactos sobre os recursos hídricos

O disciplinamento do uso e ocupação do solo da Bacia hidrográfica deve ser feito considerando os condicionantes naturais do meio físico, tais como: a cobertura vegetal; o relevo; os tipos de solos; as características geológicas; o sistema de drenagem natural das águas, incluindo os reservatórios e cursos d'água e a recarga de aquíferos subterrâneos (LIMA, 2013).

Segundo Mota (2008), a cobertura vegetal nos terrenos que ficam às margens dos recursos hídricos, que são áreas de grande importância para os mananciais, possui um papel essencial, por diversas razões:

- Garantem o escoamento natural das águas pluviais e constituem áreas de amortecimento de cheias;
- A vegetação protege o solo contra a erosão, evitando o assoreamento dos

recursos hídricos e alterações na qualidade da água;

- Constituem barreiras ao acesso superficial e sub-superficial de poluentes para os mananciais;
- A mata ciliar é composta por vegetação natural, com espécies da flora e fauna típicas de cada região;
- O sombreamento resultante da vegetação contribui para a manutenção da temperatura adequada à fauna aquática; produtos originários das plantas, que caem nas águas, são utilizados na alimentação dos animais aquáticos;
- As áreas verdes localizadas nas proximidades dos mananciais podem ser utilizadas como locais de recreação ou de preservação paisagística e ecológica.

Além disso, segundo Mota (2011), a ocupação de terrenos de encostas, acompanhada do desmatamento, de alterações no escoamento natural das águas, de movimentos de terra e da impermeabilização do solo, reflete-se nos recursos hídricos principalmente porque:

- Resulta no aumento da erosão do solo, ocasionando o assoreamento dos mananciais, bem como o aumento da turbidez da água, causando prejuízos ecológicos ou sanitários;
- Causa o incremento do "runoff", que contribui para o aumento da erosão e pode ocasionar alterações no escoamento e no armazenamento da água nos mananciais, provocando inundações;
- Reduz a recarga dos aquíferos, como resultado do aumento do escoamento superficial e da diminuição da infiltração da água.

Em regiões semiáridas, os reservatórios superficiais constituem a principal fonte de água para uso doméstico, industrial e agrícola (ANDRADE *et al.*, 2007; LOPES, 2016). Sendo assim, o risco de escassez hídrica é eminentemente função da demanda ser crescente e da oferta de água decrescente, seja em função do assoreamento, seja em função da poluição das águas. A ampliação da oferta tem claros limites: está estritamente relacionada ao regime pluviométrico, às características físicas das bacias hidrográficas (geologia, pedologia, vegetação, uso e ocupação do solo), além do volume efetivamente acumulado nos reservatórios (LOPES, 2016; de ARAÚJO; BRONSTERT, 2016; LOPES; de ARAÚJO, 2015). Dessa forma, é essencial que haja um controle dos agentes que causem a redução da

qualidade e quantidade dos recursos hídricos a fim de garantir a continuidade da disponibilidade hídrica no tempo.

2.3.3 Impactos ambientais

O uso e ocupação do solo irregular são capazes de provocar uma série de impactos que afetam a qualidade e a quantidade da água dos corpos hídricos, dentre os quais a eutrofização, a redução da qualidade da água e o assoreamento, que são descritos a seguir.

São diversos os problemas ambientais relacionados aos recursos hídricos, que afetam a qualidade e quantidade da água, e trazem consequências que atingem a população de maneira direta e indireta, como, por exemplo, dificuldades na captação de água adequada para abastecimento, aumento dos custos com tratamento de água e esgoto, escassez de água, doenças de veiculação hídrica (CORDEIRO; AMORIM, 2005). A seguir, são descritos alguns dos principais problemas ambientais relacionados aos recursos hídricos e à ação antrópica.

2.3.3.1 Eutrofização

A eutrofização é um processo natural de envelhecimento dos lagos motivado pela acumulação de matérias de origem mineral ou orgânica, trazidas por cursos de água que a eles afluem, e por águas drenantes da Bacia hidrográfica (MONTEIRO, 2004). No entanto, esse processo tem sido, em muitos casos, acelerado devido à ação antrópica, prejudicando a qualidade da água dos reservatórios e suas destinações diversas. Isso acontece porque as formas de uso e ocupação do solo das bacias dos reservatórios são inadequadas e há a destinação de poluição de origem urbana para esses reservatórios, assim emitindo para eles nutrientes por cargas difusas e pontuais, provocando a eutrofização (BRAGA; ROCHA; TUNDISI, 1998).

O fenômeno da eutrofização é ocasionado pela carga de nutrientes destinada aos reservatórios, especialmente de nitrogênio e fósforo. As principais fontes de nutrientes são: a) as descargas de esgotos domésticos e industriais; b) afluência de partículas de solos contendo nutrientes, em decorrência de erosão hídrica; c) presença de gado, principalmente no entorno do reservatório; e d) exploração de piscicultura intensiva no espelho d'água do açude (PAULINO; OLIVEIRA; AVELINO, 2013).

As cargas de nutrientes dos corpos d'água podem ser pontuais ou difusas. As cargas pontuais de nutrientes estão associadas a qualquer meio perceptível, confinado ou

desviado de transporte de poluentes, especialmente de águas residuárias domésticas e industriais, para as águas superficiais (MANSOR *et al.*, 2006). Os efluentes domésticos contêm altas concentrações de matéria orgânica e de nutrientes, como nitrogênio e fósforo, que favorecem o processo de eutrofização quando lançados ‘in natura’ nos ecossistemas aquáticos (JARVIE *et al.*, 1998).

Já as cargas difusas de nutrientes são aquelas geradas em áreas extensas e que, associadas às precipitações pluviométricas, chegam às águas superficiais de forma intermitente, em especial a partir de áreas rurais. Na área rural, a poluição difusa é devida, em grande parte, à drenagem pluviométrica de solos agrícolas e ao fluxo de retorno da irrigação, sendo associada aos sedimentos (carreados quando há erosão do solo), aos nutrientes (nitrogênio e fósforo) e aos defensivos agrícolas (MANSOR *et al.*, 2006).

Junto a isso, a drenagem das precipitações em áreas de pecuária nesse sentido associa-se aos resíduos da criação animal – nutrientes, matéria orgânica e coliformes. Mais ainda, as cargas de poluição difusa podem ter origem na deposição atmosférica de nutrientes – especialmente nitrogênio – provenientes de emanações industriais e queimadas de matas/cana-de-açúcar, e no arraste de partículas e gases da atmosfera por águas pluviais (MANSOR *et al.*, 2006).

A criação intensiva de peixe pode ser um dos principais contribuintes para o aumento da concentração de fósforo nos reservatórios, já que até 30% da ração destinada à produção é desperdiçada (BEVERIDGE, 2004 *apud* LOPES, 2016; PILLAY, 2004 *apud* LOPES, 2016). De tal forma, a matéria orgânica não aproveitada e adicionada ao ecossistema aquático pode resultar no aumento do grau de trofia da água, devido à disponibilização no sistema aquático destes efluentes (HENRY SILVA; CAMARGO, 2006 *apud* LOPES, 2016).

Segundo a COGERH (2018), os autores afirmam, além dos fatores citados, também afeta as condições dos reservatórios cearenses o fato de serem formados por rios intermitentes e submetidos à interanualidade das chuvas e a baixos índices pluviométricos anuais. Estas condições dificultam a renovação da massa de água contida nos mesmos, o que contribui com a degradação natural da qualidade das águas.

2.3.3.2 Assoreamento

A deposição gradual e continuada ao longo do tempo de sedimentos carreados, inerente ao processo de construção de barramentos e formação de lagos artificiais, provoca o assoreamento dos reservatórios, reduzindo a capacidade de armazenamento e a

disponibilidade hídrica (de ARAÚJO; GÜNTNER; BRONSTERT, 2006 *apud* LOPES, 2016; LOPES, 2016). Esse processo pode causar uma redução considerável no tempo de vida do reservatório, além de ocasionar problemas na qualidade da água (ANDRADE *et al.*, 2007). Ainda, qualitativamente, os reservatórios podem ser afetados pelo assoreamento, pois atuam como filtros, capazes de reter uma parcela considerável dos sedimentos transportados pelos rios (LIRA; TOLEDO; MAMEDE, 2014).

A ação antrópica, através do mau uso do solo no entorno dos corpos hídricos, em ações contrárias às práticas de conservação previstas na legislação, é capaz de intensificar esses processos naturais e, consequentemente, comprometer a garantia de oferta hídrica, por meio de processos de erosão e transporte sedimentos das encostas para os cursos d'água, envolvendo supressão da cobertura vegetal (MOTA, 2008; MOTA, 2011; MEDEIROS; de ARAÚJO, 2014).

Com o passar do tempo, o acúmulo de sedimento altera o relevo do fundo dos reservatórios, fazendo com que esse não mais se assemelhe ao levantamento realizado na fase de projeto, sendo necessária a reavaliação das curvas cota-área-volume dentro de determinado espaço de tempo. Em regiões semiáridas, essa medida torna-se mais necessária, já que o abastecimento é essencialmente por meio de águas superficiais (ANDRADE *et al.*, 2007; de ARAÚJO, 2003).

O monitoramento do processo de assoreamento é, assim, essencial para um gerenciamento de recursos hídricos adequado, já que a redução dessa vazão pode prejudicar o desenvolvimento das atividades locais e regionais, especialmente durante os períodos de estiagem mais prolongados.

2.3.3.3 Perda de qualidade da água

Os corpos d'água são, em grande parte, receptores de esgoto sem ou com insatisfatório tratamento, causando diversos impactos ambientais e sociais como a degradação das águas superficiais e subterrânea, proliferação de doenças ocasionadas pela contaminação, aumento do custo de tratamento, perda de biodiversidade, dentre outros (TUNDISI, 2003; CIRILO, 2008). Parte desse impacto se dá, inclusive, pelo processo de eutrofização do corpo d'água, conforme anteriormente abordado.

Além disso, o processo de assoreamento anteriormente tratado provoca a deposição de sedimentos enriquecidos, que podem causar alterações nos parâmetros

indicadores da qualidade das águas, relacionados principalmente com a solubilidade dos sais, com nutrientes e transporte de sedimentos (ANDRADE *et al.*, 2007; ANDRADE *et al.*, 2010).

Dessa forma, é essencial o monitoramento de qualidade das águas, que consiste basicamente no acompanhamento sistemático dos aspectos qualitativos das águas, visando a produção de informações para a comunidade científica, ao público em geral e, principalmente, às diversas instâncias decisórias. Só assim é possível evitar que esse recurso tão vital e, quase sempre, escasso seja desperdício.

2.3.4 Sensoriamento remoto – Ferramenta para o estudo de uso e ocupação do solo

Ferramenta de grande valor para conhecer o uso e ocupação do solo são as técnicas de sensoriamento remoto, que viabilizam a análise espacial e o mapeamento de áreas determinadas, de forma a diagnosticar e monitorar os processos de uso e cobertura do solo, possibilitando a identificação de transformações na superfície da Terra (FERREIRA *et al.* , 2001).

Dados de sensoriamento remoto, como fotografias aéreas e imagens de satélite, podem ser correlacionados com o uso do solo e usados para mapear o tema. Entretanto, como o sensor remoto não registra a atividade diretamente, mas características da superfície da terra que retratam o revestimento do solo, as atividades de uso da terra correlacionadas à cobertura, precisam ser interpretadas a partir de modelos, tonalidades, texturas, formas, arranjos espaciais das atividades e localização no terreno (IBGE, 2006).

Em processos de sensoriamento remoto com fins de estimar o volume hídrico armazenado em um reservatório, a estimativa da área ocupada pelo espelho d'água em diferentes níveis é etapa fundamental do processo. Essa etapa pode ser afetada pela eutrofização do reservatório e a consequente formação de vegetação aquática nas margens do reservatório, associadas aos aspectos qualitativos da água armazenada, que causar distorções na distinção e definição exata dos limites das classes de uso e ocupação, durante o procedimento da interpretação e análise das imagens orbitais. Logo, a eutrofização do reservatório afeta também a confecção de mapas temáticos de uso e ocupação do solo, reduzindo o número de imagens utilizáveis e demandando maior quantidade de correções dos contornos por parte do usuário do método (ZHANG *et al.*, 2016; LOPES, 2016).

3 METODOLOGIA

3.1 1^a Etapa - Revisão bibliográfica

A primeira etapa deste trabalho se deu por meio de uma revisão na literatura acerca do Açude Pereira de Miranda, focalizando em aspectos tais como: caracterização geral do açude e da sua Bacia hidrográfica; finalidade social para a região que o cerca; pluviometria, evaporação e clima; solos e vegetação; atividades antrópicas com relação aos seus recursos hídricos; uso e ocupação nas suas margens e entorno. Foram consultados teses, dissertações, artigos científicos (nacionais e internacionais) e notícias.

Ainda nesta etapa, foram coletados dados socioeconômicos da cidade de Pentecoste, onde se encontra situado o Açude Pereira de Miranda, a fim de entender melhor, entre outros aspectos, uso múltiplo das suas águas, envolvendo as atividades econômicas praticadas, a relação da população local com os recursos hídricos do açude e as práticas de saneamento básico tidas no município. Foram também obtidas informações junto à população e mídia local. Para isso, foi realizada pesquisa no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), por meio do seu banco de dados integrados SIDRA, com o levantamento de dados municipais advindos do Censo Demográfico, do Censo Agropecuário, da Pesquisa Agrícola Municipal (PAM) e da Pesquisa Pecuária Municipal (PPM).

3.2 2^a Etapa – Sensoriamento remoto e visita a campo

Nesta etapa, pretende-se validar e complementar as informações obtidas na 1^a Etapa através da confecção de um mapa de uso e ocupação do solo nas margens e entorno do açude Pereira de Miranda, envolvendo a sua APP, e da visita técnica ao açude, com levantamentos fotográficos e de informações.

3.2.1 Sensoriamento remoto

Foi elaborado material cartográfico temático com as diferentes classes de uso e ocupação do solo nas margens do açude Pereira de Miranda e sua APP. O processo foi feito em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), com o auxílio do software ArcGIS 10.5, a partir do processamento digital de imagens de satélite.

As imagens utilizadas foram oriundas do satélite LANDSAT 8 TM, obtidas junto ao INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Data: 13/06/2018; Órbita: 217; Ponto: 63; Sensor: TM). O satélite LANDSAT 8 entrou em operação em 2013, logo só existem imagens em acervo a partir do segundo semestre deste ano. No entanto, estavam disponíveis para a cidade de Pentecoste apenas três imagens de 2018, sendo escolhida a com menos porcentagem de nuvens. As imagens obtidas passaram por um processo de fusão de bandas, a partir do qual foi obtida uma imagem resultante em cor natural (Red-Green-Blue) com resolução espacial de 1,87 metros.

O LANDSAT 8 é composto e operado por dois instrumentos de mapeamento, o *The Operational Land Imager* (OLI) e o *The Thermal Infrared Sensor* (TIRS). Os produtos OLI consistem de 9 bandas multiespectrais com resolução espacial de 30 metros, resultando nas bandas de 1 a 9. A banda 8 é denominada Pancromática e possui uma resolução de 15 metros. Já os produtos TIRS são faixas térmicas utilizadas para fornecimento de temperaturas de superfície mais precisas e os dados são coletados no pixel de 100 metros (EMBRAPA, 2018).

Foi utilizado o Sistema de Coordenadas SIRGAS 2000, fuso 24S, com coordenadas planas em Universal Transversa Mercator (UTM), tendo como origem das coordenadas as linhas do Equador e Meridiano de Greenwich. Além disso, imagens do Google Earth, de datas mais próximas ao fim do ano de 2018 a fim de checar alguns usos do solo, foram georreferenciadas no ArcGIS e assim utilizadas.

A fim de tomar o nível máximo do reservatório, foi utilizada a carta hidrográfica SA 24-YD-VI da SUDENE, em formato digital. A delimitação da APP foi feita pelo comando de buffer do ArcGIS, de 100m, conforme determina o Código Florestal (Lei nº 12.651/2012) para reservatórios d'água artificiais destinados à geração de energia ou abastecimento público, e a resolução CONAMA 302/2002 para esse tipo de reservatório em área rural.

Foi feita a correção geométrica das imagens selecionadas a fim de corrigir possíveis distorções sistemáticas oriundas do processo de aquisição. Após as correções, a classificação foi realizada em uma única imagem composta pela combinação das bandas 4, 3 e 2, correspondente às faixas do vermelho, verde e azul, respectivamente, que geram imagem de cor natural ou verdadeira, já que se trata de bandas do LANDSAT-8. Para melhorar a precisão, utilizou-se o processo de PAN-SHARPENING, utilizando a imagem Multiespectral de cor natural anteriormente gerada para colorir a Pancromática (banda 8).

Prossseguiu-se ao método de classificação supervisionada pelo método da máxima verossimilhança, sendo um método tradicional e comumente utilizado quando é necessária a

obtenção de classes informacionais a partir de imagens de sensores remotos. Por esse método, a distribuição espectral das classes é considerada como sendo gaussiana ou normal. Os objetos pertencentes à mesma classe apresentam resposta espectral próxima à média de valores para aquela classe. Alguns critérios devem ser admitidos durante a utilização do método. Por exemplo, o usuário deve conhecer previamente tanto a área analisada, como a distribuição das classes, permitindo que a seleção das amostras de treinamento seja a mais eficiente possível. Ainda, há a necessidade de seleção de um número razoavelmente elevado de pixels para cada amostra de treinamento da classe (CRÓSTA, 1993 *apud* LOPES, 2016).

3.2.2 Visita a campo

Realizou-se também uma visita técnica ao Açude Pereira de Miranda, no dia 24 de Novembro de 2018, com vistas a diagnosticar a situação atual do reservatório, focando no uso e ocupação das suas margens e entorno. Fez-se o levantamento fotográfico do que foi encontrado e o registro das informações obtidas junto aos moradores e trabalhadores locais abordados no ato da visita.

Foram também entrevistados e consultados diversos membros e entidades da sociedade civil local, a saber: moradores da cidade; moradores próximos ao açude; a mídia local; pescadores; trabalhadores do Centro de Pesquisas Ictiológicas Rodolfo von Ihering. O motivo central dessa abordagem é captar as experiências e perspectivas dos diferentes atores que se utilizam dos recursos hídricos do açude, verificando os principais problemas enxergados no uso e ocupação do solo nas margens e entorno do açude.

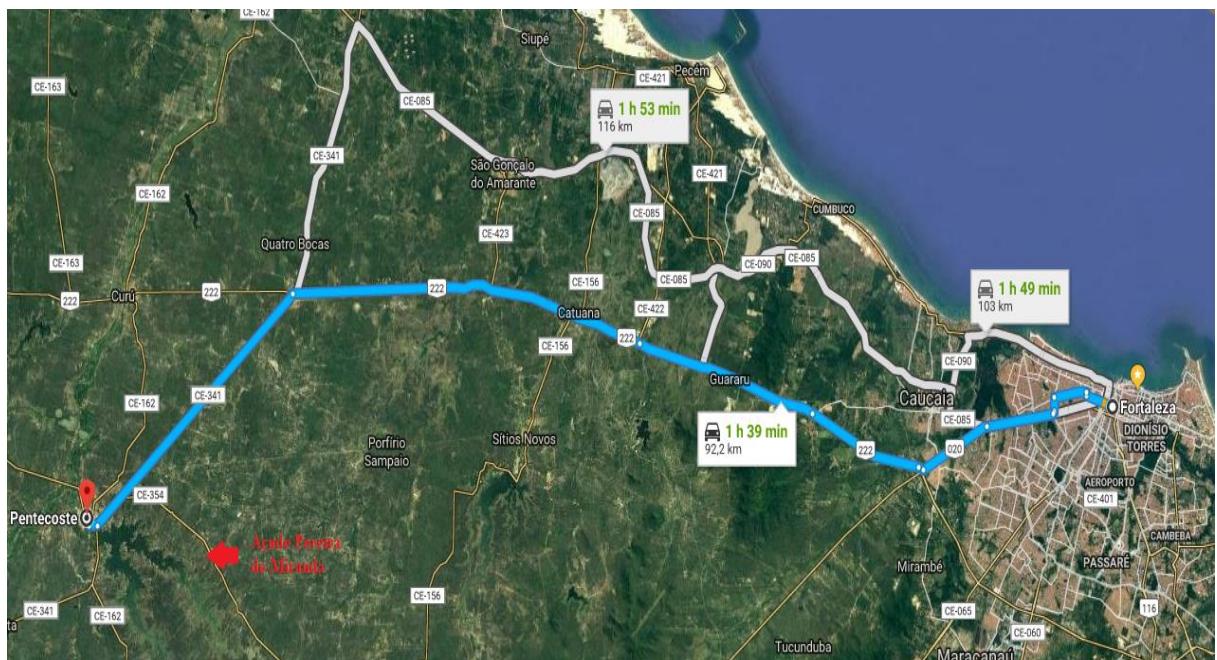
4 RESULTADOS E CONSIDERAÇÕES FINAIS

4.1 1^a Etapa - Revisão bibliográfica

4.1.1 Características gerais do Açude Pereira de Miranda

O reservatório estudado neste trabalho é denominado oficialmente como Barragem Pereira de Miranda, conhecido comumente como Açude Pentecoste. Está situado no município de Pentecoste, Ceará, e dista 85km da capital do estado, a cidade de Fortaleza, como é mostrado na Figura 1.

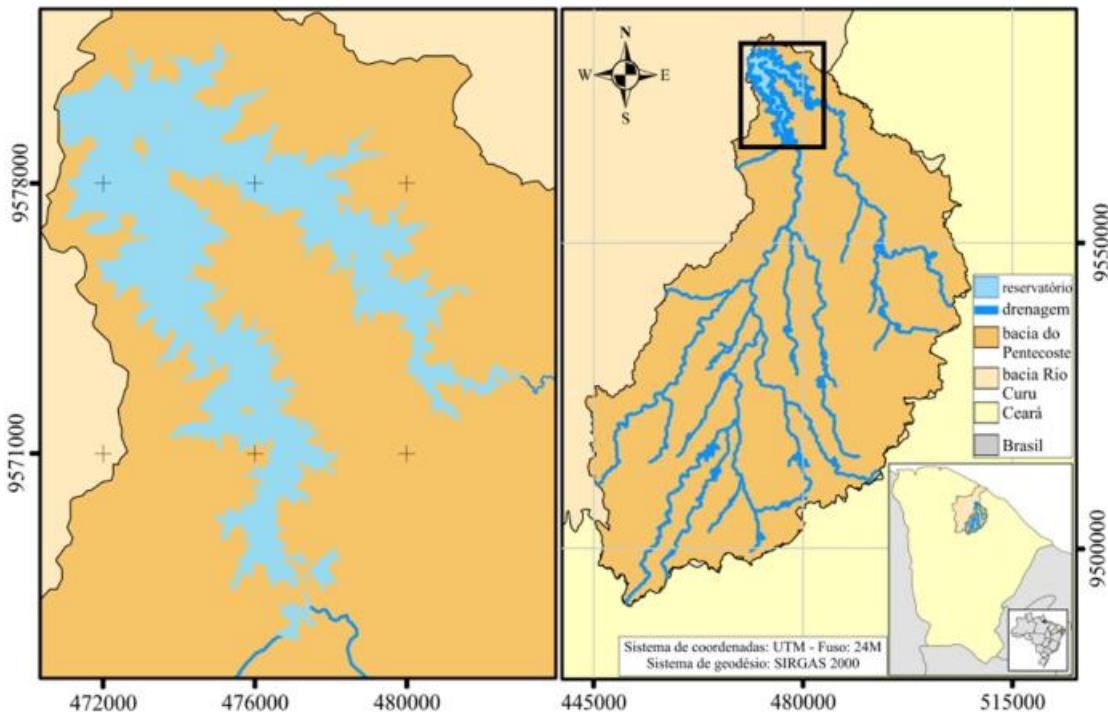
Figura 1 – Localização e acesso da cidade de Pentecoste por Fortaleza



Fonte: Google Maps (2018)

A barragem foi projetada e construída pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS) entre os anos de 1950 e 1957, e represa o rio Canindé, sistema do Rio Curu, com uma bacia que cobre uma área de 2840 km² (LOPES, 2016). A Figura 2 mostra a Bacia hidrográfica e hidráulica do Acude Pentecoste, inseridas na Bacia do rio Curu.

Figura 2 – Localização do Açude Pentecoste e disposição da sua Bacia hidrográfica



Fonte: Lopes (2016)

Ainda segundo Lopes (2016), a área superficial inundada pelo reservatório é de aproximadamente 5.700ha, e sua capacidade de armazenamento inicial (1957) era de 395,6hm³, que representa 37% da capacidade de acumulação de água na Bacia do Curu. Em batimetria realizada em 2009 pela COGERH, verificou-se a capacidade de armazenamento de 360hm³. É assim o maior açude da Bacia hidrográfica do sistema Curu.

Segundo Araújo (1990), o reservatório apresenta área inundável de 5.486ha e profundidade média de 7,2 m, e sua barragem é localizada nas coordenadas geográficas 470.797 E e 9.580.258 N, compondo-se de um maciço de terra compactado, homogêneo, provido de um filtro vertical de alvenaria de pedra arrumada, com uma transição de areia nos paramentos de montante e jusante.

O açude tem por finalidades o abastecimento de água, a irrigação de terras a jusante, o aproveitamento de terras a montante, geração de energia elétrica, a piscicultura e o controle das cheias do rio Curu (DALMEIDA *et al.*, 2011; OLIVEIRA, 2009). Conforme informações do PLANERH, o uso da água da Bacia do Curu é usado para a irrigação (83%), indústria (7%) e o consumo humano (10%) (CEARÁ, 2005 *apud* LOPES, 2016). “O açude proporciona recurso fundamental para o desenvolvimento e a manutenção da qualidade de vida regional, uma vez que sua construção criou condições de implantar e expandir diversos projetos de piscicultura e agricultura irrigada à jusante de sua barragem” (SÁ, 2013).

4.1.2 Pluviometria, evaporação e clima

Segundo Lira, Toledo e Mamede (2014, tradução nossa), a precipitação anual média na Bacia do Pereira de Miranda é de 853,55mm e a evaporação anual potencial em tanque do tipo A é de 1463,7mm. O regime regional de chuvas mostra alta variabilidade intra-anual e interanual com a precipitação concentrada em poucos meses, geralmente entre fevereiro e maio.

Segundo Dalmeida *et al.* (2011), a temperatura da microrregião do Médio Curu, onde fica inserida a Bacia hidrográfica do açude Pereira de Miranda, varia de 26 a 28 °C, com clima classificado como tropical quente semiárido. A região possui alto poder de evaporação, que provoca um regime de escoamento superficial de alta variabilidade, com cursos d’água intermitentes, apresentando vazões nulas por longos períodos.

4.1.3 Solo, relevo e vegetação

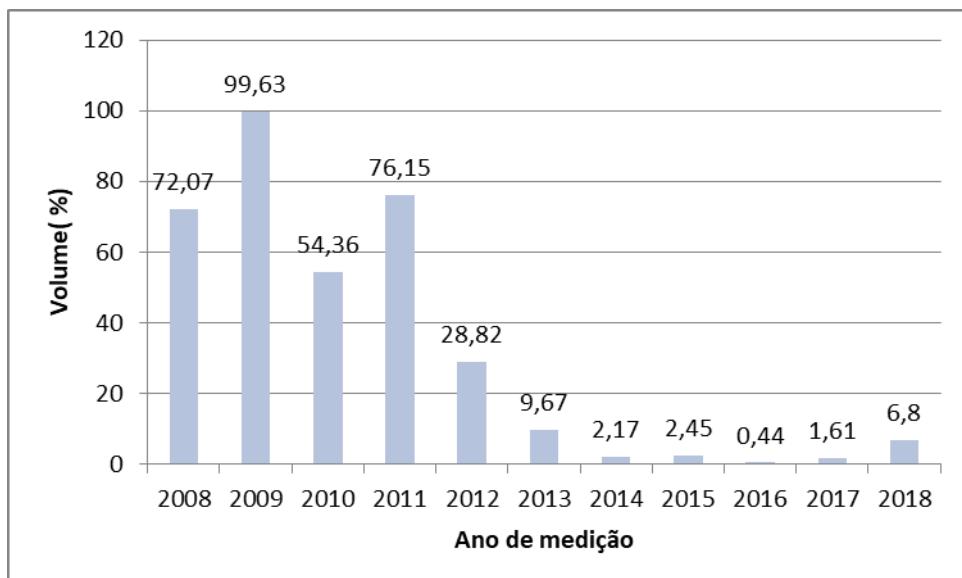
Os solos na bacia se classificam em predomínio dos LUSSIOLOS em 91% da área (BRUNO NÃO CÁLCICO: 82% e PODZÓLICO VERMELHO AMARELO Eutrófico: 9%), seguido dos NEOSSOLOS (SOLO 29 LITÓLICO) em 5%, PLANOSOLOS (PLANOSOLO SOLÓDICO) e ARGISSOLOS (PODZÓLICO VERMELHO AMARELO) em 2% cada (LOPES, 2016).

Conforme o IPECE (2017), a cidade de Pentecoste apresenta características predominantes do semiárido nordestino, com relevo dos tipos depressão sertaneja, tabuleiros pré-litorâneos e planícies fluviais, sendo a cobertura vegetal predominante de caatinga arbustiva densa, complexo vegetacional da zona litorânea e floresta mista dicotillo-palmacea (IPECE, 2017). De acordo com o mapa das unidades fitoecológicas da Funceme – Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos, analisado por Lopes (2016), existem quatro diferentes tipos de vegetação na Bacia hidrográfica do Açude Pentecoste, entre eles: caatinga arbustiva densa (74% da área total), caatinga arbustiva aberta (17%), caatinga arbórea (2%) e mata seca (6%).

4.1.4 Armazenamento hídrico

O Gráfico 1 mostra a série histórica, do ano 2008 ao 2018, do volume armazenado em relação à capacidade de armazenamento do açude Pereira de Miranda para medições de início de novembro. A capacidade do reservatório, segundo batimetria realizada pela COGERH em 2009, é de 360hm³ (LOPES, 2016), valor considerado na elaboração do gráfico. Note que há uma tendência de queda do volume armazenado, atingindo níveis abaixo dos 10% desde 2013, e menor valor em 2016. A situação do início de 2017 foi ainda mais grave, chegando ao valor de 0,09% nos meses de janeiro e fevereiro.

Gráfico 1 – Volume de água, medido no início dos meses de Outubro, do açude Pereira de Miranda de 2008 a 2018.



Fonte: (ANA, 2018)

4.1.5 Os múltiplos usos das águas do açude Pereira de Miranda

De acordo com o IPECE (2017), o município de Pentecoste possui os distritos Pentecoste (sede), Matias, Porfírio Sampaio e Sebastião de Abreu, apresentando taxa de urbanização de 60,44%, conforme dados de 2010. Boa parte dos recursos hídricos do açude é utilizada na cidade, embora a tomada d'água do açude seja uma das mais importantes da Bacia hidrográfica na perenização do rio Curu.

A cidade de Pentecoste presenta uma população residente, segundo censo em 2010, de 35.400 habitantes (estimada em 37.326 habitantes para 2018), sendo 21.394

habitantes na zona urbana e 14.006 na zona rural. Os habitantes da zona rural são constituídos em grande parte por pequenos produtores rurais que dependem basicamente de agricultura de sequeiro com expressão para as culturas de milho, feijão, arroz, horticultura, pesca de subsistência e apicultura (IBGE, 2017; IPECE, 2017).

Conforme o IPECE (2017), o PIB da cidade em 2015 era de R\$ 335.076, sendo o valor adicionado básico relativo à agropecuária de 8,82%, à indústria, 20,31%, e a serviços, 70,87%. A cidade conta com a fábrica de calçados Paquetá, filial de empresa no Rio Grande do Sul, com produção voltada para a exportação para fora do estado e do país.

Segundo a COGERH (2018), a matriz de usos múltiplos do açude Pentecoste contempla diversas atividades conforme a Tabela 1.

Tabela 1 – Usos múltiplos do Açude Pentecoste

Usos	Entorno	Jusante	Usos	Entorno	Jusante
Dessedentação animal	X		Pesca artesanal	X	X
Usos domésticos locais	X	X	Piscicultura Intensiva (criação em gaiolas)	X	
Recreação de contato primário	X		Piscicultura Intensiva (criação em viveiros)		X
Recreação de contato secundário	X	X	Indústria	X	X
Usos públicos (empresas concessionárias)		X	Balneário	X	X
Irrigação	X	X	Agricultura de vazante	X	

Fonte: COGERH, 2018

A seguir, foi realizado um descritivo dos principais usos da água do açude descritos na Tabela 1.

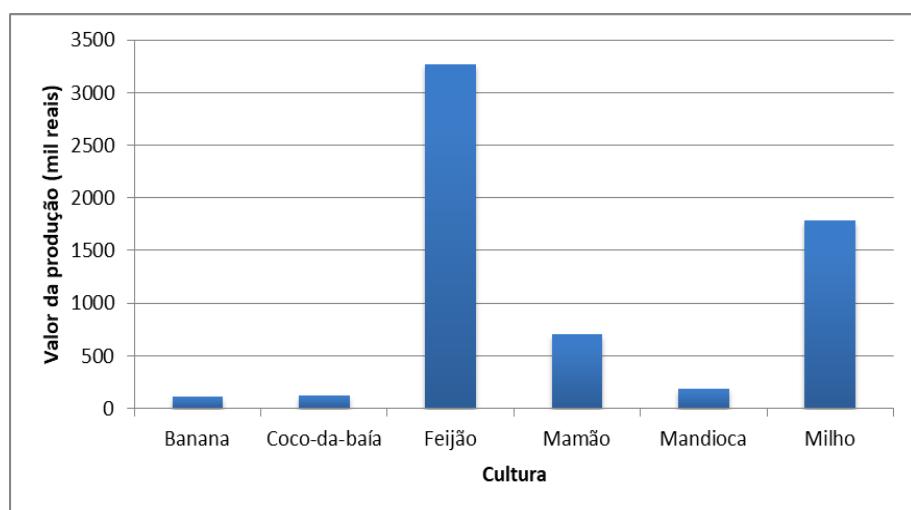
4.1.5.1 Agropecuária

As terras agrícolas do vale do Curu se destinam à lavoura de subsistência de milho, feijão e mandioca, e de frutíferas nas áreas irrigadas, próximas à faixa do rio Curu

perenizado e dos açudes General Sampaio, Caxitoré e Pereira Miranda. Como as melhores terras para as lavouras estão nas várzeas e em alguns interflúvios, toda a área disponível para esta prática é utilizada no período das chuvas (KELTING, 2002; DALMEIDA *et al.*, 2011).

Segundo a COGERH (2013 *apud* FRANÇA, 2013), o perfil do uso e ocupação do solo no entorno do açude Pereira de Miranda é predominantemente formado por cultivos de feijão, milho e mandioca, inclusive, utilizando-se das várzeas, sendo que a maioria dos produtores rurais da região são pequenos e médios agricultores, os quais exploram suas atividades em reduzidas faixas de áreas agrícolas. Segundo o IBGE (2017a), conforme o Gráfico 2, também são produzidos na cidade de Pentecoste culturas frutíferas como coco, mamão e banana, em grande parte realizadas no perímetro irrigado Curu-Pentecoste.

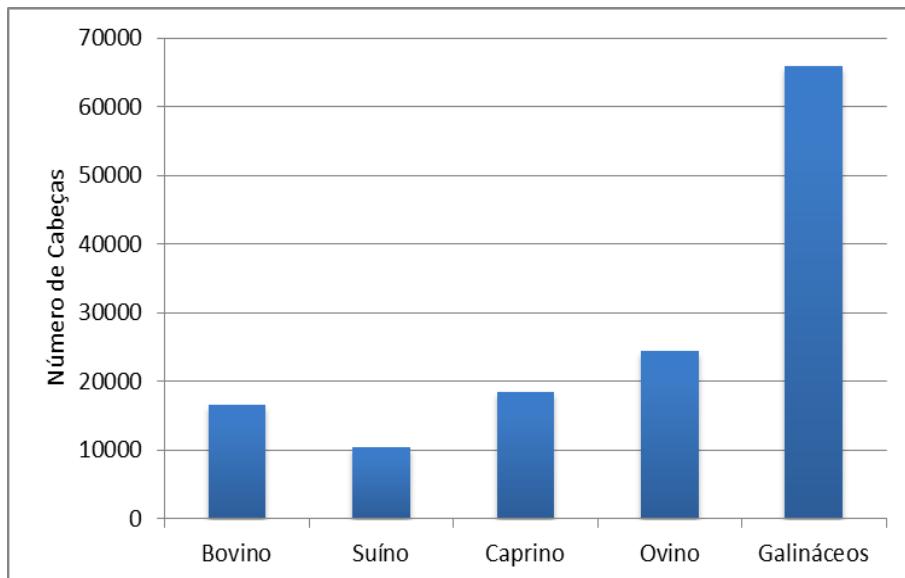
Gráfico 2 – Agricultura praticada na cidade de Pentecoste



Fonte: IBGE (2017a)

Quanto à aquicultura, o município atua principalmente na piscicultura intensiva em gaiolas no entorno do açude e na produção de alevinos através do Centro de Pesquisas Ictiológicas Rodolpho Von Ihering, do DNOCS (COGERH, 2018; IBGE, 2017c). Segundo dados do IBGE (2017c), a produção de alevinos em 2017 foi de 1.640 milheiros, embora em 2013, quando o instituto iniciou com as pesquisas com esses números, a produção era de 16.014 milheiros, representando aproximadamente 2% da produção nacional à época. A pecuária local consiste principalmente nas criações de galináceos (galinhas, galos, frangos e pintos), gado bovino, ovinos, caprinos e suínos, conforme o Gráfico 3 (IBGE, 2017b).

Gráfico 3 – Pecuária praticada na cidade de Pentecoste em número de cabeças



Fonte: IBGE (2017b)

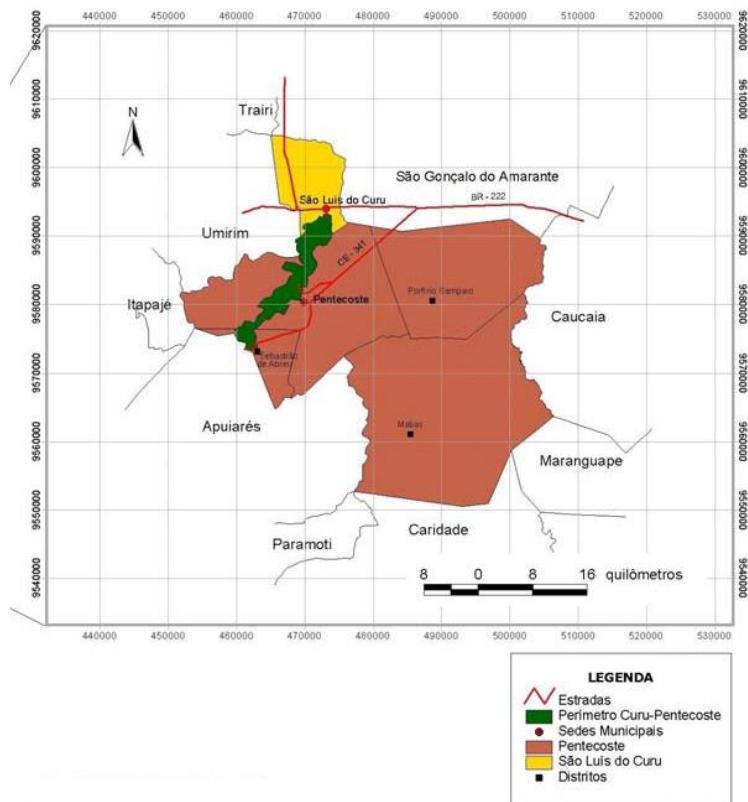
4.1.5.1.1 O perímetro irrigado Curu-Pentecoste

Desde as décadas de 1950 e 1960, já existiam canais de irrigação particulares em Pentecoste, mas foi somente na década de 1970 que o Governo Federal, através do DNOCS, investiu no sistema, denominando-o “Perímetro Irrigado Curu-Recuperação”. Somente em 2003, o perímetro foi nomeado Curu-Pentecoste. Os serviços de administração, operação e manutenção da infra-estrutura de uso comum foram iniciados em 1975 (DNOCS, 2004 apud GORAYEB *et al.*, 2005).

O desenvolvimento da irrigação na região só foi possível devido a um novo tipo de aproveitamento adotado para os reservatórios ou açudes, a perenização dos rios (SANTIAGO, 1984), que no caso da Bacia do Curu são os açudes Pereira de Miranda, General Sampaio e Caxitoré. Segundo Ceará (2009), as águas, quanto à salinidade para irrigação, dos reservatórios da Bacia do Curu se classificam de salinidade alta.

Tem como principais produtos da agricultura irrigada o coco e a banana, além de outras frutíferas, e o capim (DNOCS, 1993a apud GORAYEB *et al.*, 2005; AUDIPECUPE, 2004 apud GORAYEB *et al.*, 2005). Segundo Lopes (2016), “As áreas exploradas do perímetro irrigado estão situadas nas baixas aluvionais e tem uma área irrigada de aproximadamente 1.180 ha”. A Figura 3 ilustra a localização do perímetro irrigado Curu-Pentecoste, à jusante do açude Pereira de Miranda.

Figura 3 – Perímetro irrigado Curu-Pentecoste



Fonte: Adaptado de LIMA (2005), que tem base em materiais do IPECE e do DNOCS.

4.1.5.2 Pesca artesanal e piscicultura

Segundo a população local, a construção do açude Pereira de Miranda, além de atrair riqueza e recursos ao município de Pentecoste, trouxe consigo também um grande desenvolvimento da pesca como forma de subsistência e de geração de renda. Esse quadro social pode ter melhorado um pouco, mas persiste ainda essa forte característica pesqueira e piscicultura do açude, que conta também com o Centro de Pesquisas Ictiológicas Rodolpho von Ihering do DNOCS, sendo um dos principais atores do desenvolvimento dessa cultura regional.

Essas características fazem com que o turismo regional seja fortemente ligado ao próprio açude, mas também às atividades de pesca e piscicultura. É tanto que o município é conhecido como “Terra do peixe”. Para Barbosa e Ponzi Jr (2006), a cultura de organismos aquáticos nos açudes sertanejos visando à produção de alimentos e à pesca esportiva desponta como uma atividade capaz de gerar renda e incentivar o potencial turístico do sertão.

4.1.5.2.1 O Centro de Pesquisas Rodolpho von Ihering

O Centro de Pesquisas Ictiológicas Rodolpho von Ihering foi inaugurado no ano de 1985 em Pentecoste, pelo DNOCS, localizando-se a jusante do açude Pereira de Miranda, de onde capta toda a água necessária para a prática do cultivo aquícola. Destinado a ser um centro acadêmico de estudos de peixes para o desenvolvimento de práticas científicas, teve participação direta no desenvolvimento regional, pois essas atividades de pesquisa envolviam um interesse social, voltado à sustentabilidade e viabilização da pesca local, mais especificamente a pesca artesanal e de subsistência, fortemente presente no cenário da época.

Com a produção em massa de diversos alevinos de peixes como o Pirarucu (*Arapaima gigas*), Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), Tambaqui (*Colossoma macropomum*) e pequenos crustáceos como o camarão *Litopenaeus vannamei*, foram realizados uma série de peixamentos no açude, povoando-o. Suas atividades desempenharam um imprescindível papel à continuidade da pescaria local, com a garantia de recursos pesqueiros no açude Pereira de Miranda.

Em estudos realizados nos anos 1990, o açude Pentecoste foi apontado, em termos de produção, entre os oito de maior captura por unidade de esforço do Nordeste brasileiro, atingindo em média 423,1 kg de pescado por ano (GURGEL; FERNANDO, 1994 apud BARBOSA; PONZI JR, 2006). Atualmente, segundo o IBGE (2017c), a atividade do centro com relação à produção encontra-se bem abaixo da sua capacidade original, tendo por produção mais expressiva a de alevinos. Segundo Gorayeb (2005), a estação de piscicultura do DNOCS em Pentecoste possui 12 ha de viveiros, cujos tanques são abastecidos pelos canais de irrigação do perímetro irrigado Curu-Pentecoste e suas águas residuárias fluem para o rio Curu.

4.1.5.2.2 A pesca artesanal e a piscicultura intensiva familiar em tanques-rede ou gaiolas: O caso da comunidade Malhada

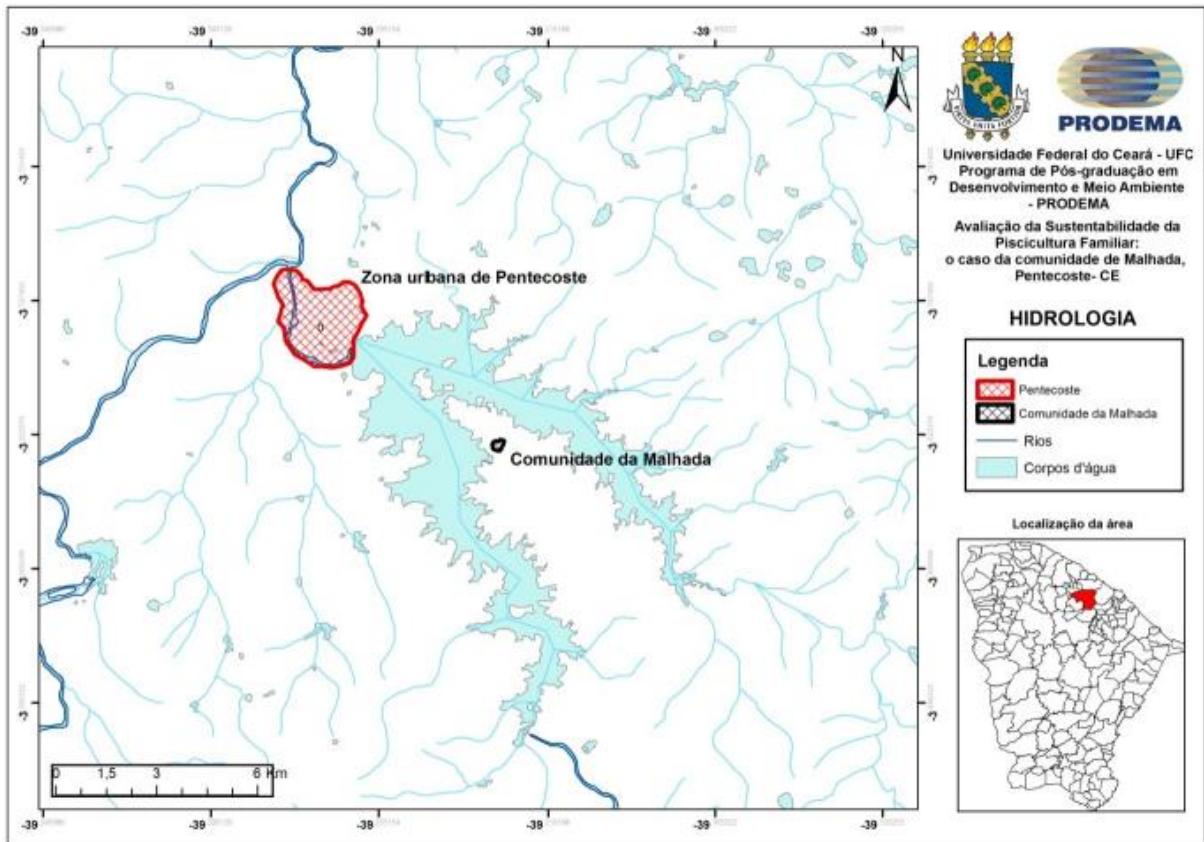
Sá (2013) estudou e avaliou a sustentabilidade de um projeto de piscicultura familiar da comunidade de Malhada, situada no entorno do açude Pereira de Miranda (Figura 4). Essa atividade piscícola é realizada no próprio açude. O trabalho traz aspectos relevantes para essa pesquisa, porque retrata a situação de uma comunidade localizada às margens do açude e que pode ser tomada como base para encarar o todo das comunidades

locais no entorno do açude. A seguir um descritivo de informações coletadas no trabalho do autor.

A pesquisa de Sá (2013), que se deu em estreita parceria com a Associação dos Moradores de Malhada, buscou mensurar o grau de sustentabilidade do projeto em cinco escopos: social, ambiental, econômica, tecnológica e qualidade da água, este último avaliado nas zonas de influência da unidade de piscicultura pela determinação dos índices de qualidade da água (IQA) e do estado trófico (IETm).

As principais atividades desenvolvidas pela comunidade são: a piscicultura (tilapicultura) em tanques-rede, a piscicultura exploratória artesanal, a horticultura e apicultura, sendo que a atividade piscícola é a principal garantia para a produção de alimentos e complemento da renda às famílias envolvidas nesta atividade. A própria associação elegeu em consenso a piscicultura como uma das prioridades da comunidade.

Figura 4 – Localização da comunidade Malhada, Pentecoste-CE



Fonte: Sá (2013)

O projeto trata-se de uma unidade de piscicultura familiar de iniciativa das próprias famílias do distrito e consiste na criação de tilápia *O. niloticus*, em tanques-rede

distribuídos de forma organizada e planejada no açude. Os peixes são alimentados com ração balanceada de forma extrusada, que detenham nutrientes adequadamente平衡ados, principalmente em relação a fósforo e nitrogênio, que são aqueles que podem contribuir para o processo de eutrofização dos ambientes aquáticos. Essa providência busca assegurar que ao longo do tempo a atividade não se torne poluidora e não ocorra uma degradação acelerada da qualidade da água.

Foram levantadas diversas informações e dados socioeconômicos dos piscicultores da comunidade por meio de entrevista. Tem-se que 75% dos piscicultores participaram de curso de educação ambiental depois de terem se engajado no projeto, avanço muito relevante na maneira em que o piscicultor lida com o meio ambiente do qual usufrui no empreendimento do projeto. Quanto ao saneamento básico, a comunidade não conta com rede de esgoto, e os dejetos produzidos são destinados a fossas. Também não há coleta de lixo, que é geralmente queimado. A água para o consumo humano é advinda de cisternas, e é apropriada para o consumo por meio de adição de cloro, serviço que é realizado geralmente pelos técnicos da Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE), por meio de visitas domiciliares.

A pesquisa avaliou ainda a percepção ambiental dos piscicultores, verificando que 100% dos entrevistados considera importante preservar o meio ambiente e afirma que o projeto melhorou a sua consciência ambiental, e a grande maioria afirmou preocupar-se com o meio ambiente. No entanto, todos os entrevistados afirmaram não adotar medidas para conservar as matas ciliares no entorno do açude. Além disso, os piscicultores afirmaram não contar com nenhum apoio dos órgãos governamentais competentes no sentido de manter as políticas de preservação ambiental. O projeto passa também por dificuldades em adquirir a regularização ambiental do empreendimento, devido à escassez de recursos financeiros dos produtores e aos trâmites burocráticos inerentes à ação.

Devido a entraves logísticos de comercialização e sazonalidade do processo de criação em tanques-rede, a renda gerada pelo projeto é reduzida, sendo tida como secundária em relação à pesca extrativista, mais regular, embora pouca. A comercialização é feita ao consumidor local, no mercado municipal ou a intermediários.

Os índices IQA e IETm medidos tanto para o período de estiagem como chuvoso, classificaram-se respectivamente como bom e como oligotrófico-mesotrófico (oligotrófico no período de estiagem e mesotrófico no período chuvoso). No entanto, encontrou-se concentração de fósforo acima do estabelecido pela Resolução Conama 357/05, sem que fossem verificadas fontes pontuais de poluição antrópica no local, como esgotos domésticos

ricos em compostos superfosfatados presentes em detergentes e matéria fecal. Não se descartou a possibilidade de que a origem desse teor advir do fornecimento de ração aos peixes cultivados, uma vez que ao longo do açude verificam-se outras instalações de piscicultura, já que, segundo Beveridge (2004 *apud* LOPES, 2016). No entanto, a inconformidade pode estar relacionada também às características naturais do ambiente, pelo intemperismo e liberação de minerais das próprias rochas da Bacia de drenagem do açude.

Concluiu-se que o índice de sustentabilidade do projeto é médio. Embora os índices de qualidade da água, IQA e IETm tenham sido relativamente satisfatórios, e de ter havido melhoria na consciência ambiental dos piscicultores, fatores diversos, como falta de logística para a comercialização dos peixes, dificuldades burocráticas, ausência de saneamento básico e baixa escolaridade dos moradores, compensaram para que o índice não fosse melhor. Segundo o autor, “as famílias apresentam o nível de instrução muito baixo, sendo apontado como um dos principais fatores que restringe o crescimento das atividades produtivas e consequentemente o aumento da renda” (SÁ, 2013). Ressalta-se também a carência, alegada pelos piscicultores, de apoio dos órgãos governamentais competentes no sentido de manter as políticas de preservação ambiental.

4.1.5.3 Abastecimento humano

Segundo Lira, Toledo e Mamede (2014, tradução nossa), na Bacia do açude Pereira de Miranda existe um grande número de reservatórios de superfície para armazenamento de água durante a estação chuvosa e disponibilidade deste recurso durante as secas. Ainda, no caso de esvaziamento dos reservatórios, a demanda local de água é fornecida por projetos emergenciais de dutos para coleta de grandes reservatórios de água ou mesmo por meio de caminhões-pipa. No entanto, a água para o consumo humano das comunidades rurais é advinda muitas vezes de cisternas e poços.

Segundo a ANA (2018), a água utilizada para o abastecimento de Pentecoste advém somente do açude Pereira de Miranda, numa demanda de 65 L/s, para o cenário de 2015. A CAGECE atua como empresa prestadora desse serviço.

Em 2017, a CAGECE se manifestou em nota destinada à mídia local em que informava da baixa qualidade da água tratada naquela situação, orientando a população para que não usasse a água por ela fornecida para beber ou cozinhar, mas somente para as demais atividades domésticas. A justificativa para isso foi a da seca que passava o estado do Ceará, fazendo com que a Estação de Tratamento de Água do município se encontrasse com dificuldades

de tratar a água disponível no açude Pereira de Miranda, que abastece a população da cidade e encontrava-se à época com apenas 0,12% da sua capacidade hídrica. Vale mencionar que a nota informava da redução em 20% da tarifa cobrada pela companhia por conta da baixa qualidade da água fornecida.

4.1.6 Uso e ocupação das margens e entorno do Açude

Conforme o Caderno Regional da Bacia do Curu, fatores ambientalmente ofensivos ao açude elencados em municípios da bacia são, entre outros, cultivos irregulares, uso inadequado de defensivos agrícolas, desmatamento e poluição nas margens dos rios por frequentes lavagens de carros, motos e animais (CEARÁ, 2009).

Segundo a COGERH (2018), a matriz de fontes poluentes do açude Pereira de Miranda abrange: esgotos domésticos, hospitalar e industrial; efluentes de ETA; presença à montante de lixão, matadouro, cemitério, indústrias alimentícia e têxtil e olaria. Além disso, há uso da Bacia hidráulica para lavagem de roupa, lavagem de carro, balneário e banho; e no entorno da Bacia hidráulica, assim como à montante, há presença de currais e de animais soltos, e lançamento esgoto doméstico.

De fato, Lopes (2016) afirma que a disponibilidade hídrica, tanto em quantidade como em facilidade de acesso, associada às potencialidades de solos existentes nas áreas adjacentes à Bacia hidráulica do Açude Pentecoste, favorece a ocupação e o desenvolvimento de atividades antrópicas que são contrários à legislação em vigor. Utilizando sensoriamento remoto, o autor constatou que, na maior parte dos casos, o uso desses recursos se desenvolve em APPs – áreas de preservação permanente – da bacia, sem atenção às práticas conservacionistas. Atividades potencialmente impactantes podem ser facilmente identificadas como, por exemplo, desmatamento, queimadas, pastagem para bovinocultura e agricultura de vazante.

Segundo Lopes (2016), a urbanização das áreas próximas ao espelho d’água do açude Pereira de Miranda intensifica o processo de degradação do corpo hídrico, acelerando a eutrofização do lago. Isso acontece devido, nesse caso, aos efluentes provindos das habitações que são lançados no lago, associados à criação extensiva de animais, na sua maioria de gado bovino, à carga de sedimentos contendo nutrientes e a atividade de piscicultura superintensiva em tanques-rede (LOPES, 2016; COGERH, 2018).

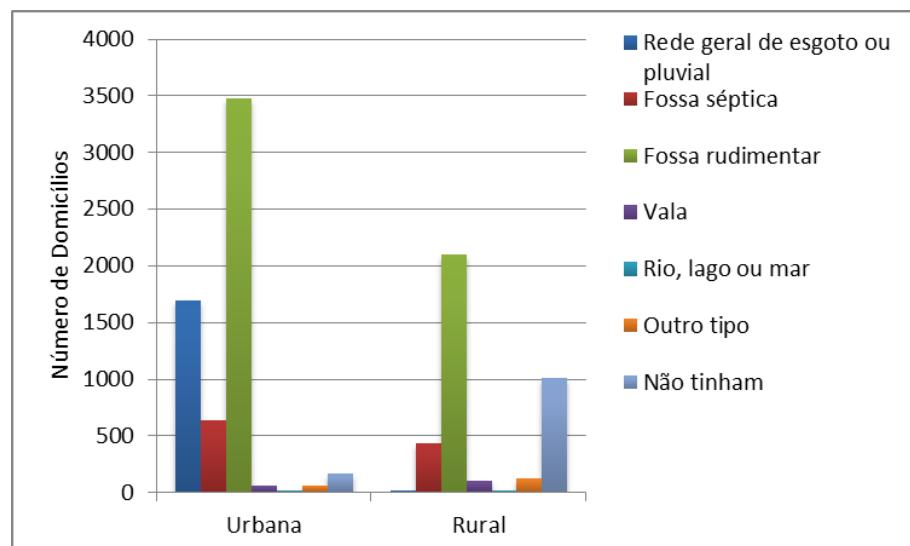
Dalmeida *et al.* (2011) constataram na Bacia hidrográfica, em sua porção mais próxima ao reservatório, na zona rural dos municípios de Pentecoste (distrito de Matias) e Apuiarés (distrito de Canafístula), a presença de:

- Algumas residências inseridas na área de preservação permanente - APP, com fossas rudimentares e possível contribuição para a Bacia hidráulica;
- Faixas de cultivo de vazantes de feijão, milho e batata;
- Presença de vacaria no entorno do reservatório, bem próximo ao barramento, que lança no açude todo o efluente oriundo das lavagens das instalações;
- Instalação de muitos balneários na APP.

4.1.6.1 Esgotamento sanitário e coleta de resíduos sólidos municipais

Quanto ao saneamento básico, o município é atendido pela CAGECE para abastecimento de água e esgotamento sanitário. O município apresenta apenas 27,1% dos domicílios com esgotamento sanitário adequado (IBGE, 2010). Segundo a COGERH (2018), há lançamento de esgoto doméstico no entorno e à montante do açude Pereira de Miranda. O Gráfico 4 mostra a situação do esgotamento sanitário para os domicílios da cidade. A grande maioria das destinações tratam-se de fossas sépticas ou rudimentares e na zona rural.

Gráfico 4 – Situação de esgotamento sanitário em domicílios particulares na cidade de Pentecoste



Fonte: IBGE (2010)

Segundo a ANA (2017), para dados de 2013, a sede de Pentecoste possui uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) ativa, por filtro biológico. Os efluentes da estação são lançados no rio Curu e a eficiência do sistema é de 70%. Segundo noticia o G1 CE (2017), as duas estações de tratamento de tratamento de esgoto de Pentecoste estavam desativadas por falta de manutenção, havendo assim o lançamento direto de efluentes não tratados nas suas águas. À época, segundo a notícia, foram feitas diversas denúncias da péssima qualidade da água do rio Curu, perenizado pelas águas do açude Pereira de Miranda, gerando impactos na irrigação, inclusive entupindo os bicos dos aspersores; nas próprias plantações, que não resistiam à má qualidade das águas; no abastecimento humano pelos maus cheiros e pelos casos de diarreia relatados pela Secretaria de Saúde de Pentecoste.

De fato, dados da ANA (2017) de 2013 apontam que somente 26,6% do esgoto gerado pela área urbana da cidade (população estimada de 22.024 habitantes em 2013) é coletado, sendo somente 0,5% coletado e tratado; 10,6% são atendidos por soluções individuais, as fossas sépticas; e 62,8% ficam sem coleta e sem tratamento. As ETEs da Bacia do Curu destinam geralmente os resíduos sólidos gerados no tratamento (sólidos grosseiros, areia e lodo) a lixões (GORAYEB, 2007).

Segundo a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB), realizada em 2008 pelo IBGE, a coleta de resíduos sólidos da cidade de Pentecoste conta com coleta domiciliar regular de lixo e limpeza pública, realizadas pela prefeitura da Cidade. Segundo o IPECE (2017), 6.137 domicílios particulares permanentes, representando 62,25% do total desses domicílios, contam com coleta de lixo. Além disso o Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB), está em processo de elaboração (IBGE, 2017d).

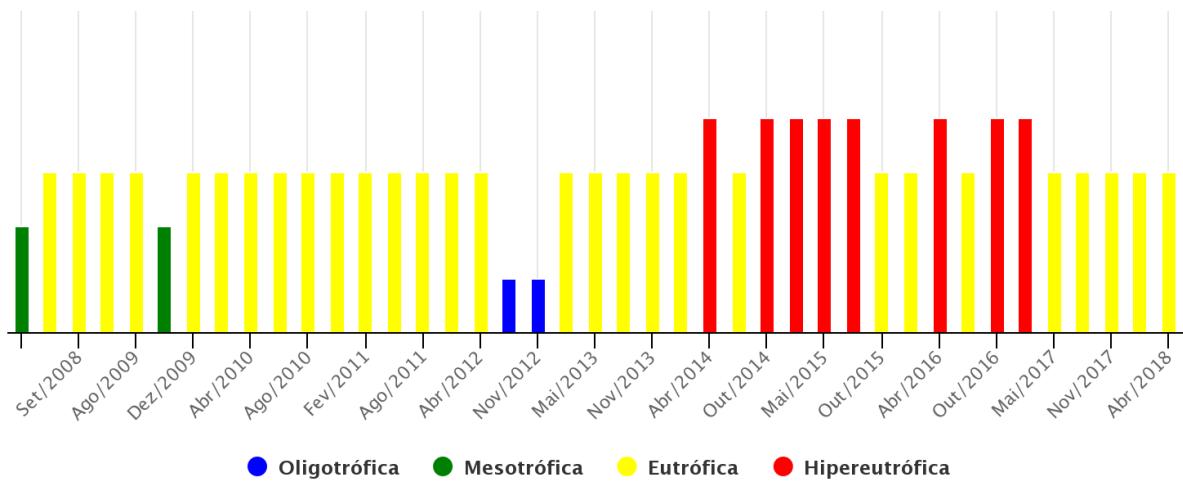
O PMSB é um instrumento de desenvolvimento do município na área do saneamento. O plano auxilia na melhoria da gestão dos municípios e impacta diretamente na qualidade de vida da população, que terá acesso a melhores condições sanitárias e ambientais. O PMSB engloba o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações de abastecimento de água, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos e drenagem urbana e manejo de águas pluviais. Ressalta-se que a elaboração do plano pelos municípios é obrigatória, conforme a Lei nº 11.445/2007, e que, conforme a determina o Decreto nº 7.217/2010, a partir de 2018, os municípios só receberão os recursos da União destinados ao investimento em saneamento básico caso tenham elaborado este plano.

4.1.7 Qualidade da água no açude Pereira de Miranda

4.1.7.1 Eutrofização

Segundo a COGERH (2018), o reservatório, em abril de 2018, encontrava-se em estado eutrófico. O Gráfico 5 mostra uma série histórica do estado de trofia das águas do reservatório. A série vai desde 2008 até 2018, e demonstra uma tendência ao estado de eutrofização, ou mesmo de hipereutrofização.

Gráfico 5 – Estado trófico das águas do açude Pentecoste



Fonte: COGERH (2018)

Dalmeida *et al.* (2011) estimou, para dados obtidos do IBGE de 2000, as emissões de nutrientes de fontes pontuais e difusas por fontes antrópicas na área do entorno do açude Pereira de Miranda, conforme mostra a Tabela 2. Percebe-se que com relação ao nitrogênio, o principal agente de contribuição foi a piscicultura e, de forma menos expressiva, mas ainda considerável, o esgoto; já com relação ao fósforo, destaca-se a agricultura, mas são bastante consideráveis todas as outras fontes contribuintes, a saber, a pecuária, a piscicultura e o esgoto.

Tabela 2 - Estimativa das emissões de nutrientes das fontes pontuais e difusas da área de entorno do açude Pereira de Miranda.

Fontes antrópicas contribuintes		N		P	
		Ton/ano	%	Ton/ano	%
Difusa	Pecuária	1,88	8,77	1,17	21,25
	Pecuária outros	0,11	0,50	0,12	2,22

	Agricultura	1,83	8,57	2,20	40,03
Pontual	Esgoto	3,27	15,29	0,93	16,5
	Pisciculturas	14,31	66,87	1,08	1,55
	Total	21,400	100	5,506	100

Fonte: Dalmeida *et al.* (2011).

Dalmeida *et al.* (2011) e Oliveira (2009) verificaram a hipereutrofização do reservatório e a tendência de evolução do seu quadro de eutrofização e degradação da qualidade das suas águas com o tempo devidas às influências antrópicas. Moraes (2005 *apud* DALMEIDA *et al.*, 2011) já havia classificado o reservatório como eutrófico, atribuindo a degradação da qualidade da água do reservatório às quantidades excessivas de nutrientes provenientes da agricultura, além dos vestígios urbanos. França (2013) contatou que o reservatório estava eutrofizado, e a decomposição da matéria orgânica na camada do hipolímnio estava tornando a região praticamente anóxica em alguns dos perfis verticais monitorados, e que por isso, é recomendável que seja controlada a realização de piscicultura intensiva, visto que, pode ocorrer mortandade em períodos de desestratificação da coluna de água.

4.1.7.2 Outros aspectos de qualidade da água

As águas dos reservatórios da Bacia do Curu não apresentam restrição ao consumo humano no quesito salinidade, por possuírem, segundo as análises, concentração de cloretos inferior a 250 mg/l, limite estabelecido pelo Ministério da Saúde, a exceção dos açudes Caracas e Salão. Quanto às características de salinidade para irrigação, as águas dos reservatórios se classificam de salinidade alta (CEARÁ, 2009).

Dalmeida *et al.* (2011) levantou relatos da população com relação à incidência de doenças de veiculação hídrica, verificando a presença comum de gastroenterites e as verminoses na população, ocorrendo durante todo o ano, mas com intensificação no período chuvoso.

França (2013) detectou a presença das espécies de cianobactérias *Plantothrix Agardhit*, *Plantothrix sp.* e *Cylindrospermopsis Raciborskii* dominantes do corpo hídrico, bactérias descritas na literatura como produtoras de toxinas nocivas ao homem e ao meio ambiente. O autor faz então a recomendação de se evitar a entrada de nutrientes proveniente das atividades antrópicas no entorno e na bacia de contribuição da represa.

4.2 2^a Etapa – Confecção de mapa de uso e ocupação do solo, visita ao açude Pereira de Miranda e levantamento fotográfico.

O APÊNDICE A traz a delimitação da APP do açude Pereira de Miranda, usando como critério de delimitação o distanciamento de 100m a partir do nível máximo do reservatório. Verificaram-se poucas ocupações no entorno do açude, que consistiam principalmente em residências ou comunidades esparsas tomada a grande extensão do açude.

No APÊNDICE B encontra-se o mapa temático de uso e ocupação do solo produzido. A área em que se realizou o mapa temático é a área interior à delimitação da APP feita no APÊNDICE A. A presença de nuvens prejudicou a análise de algumas pequenas regiões, que foram processadas como ocupação humana. Para evitar confusões, essas regiões foram circuladas em vermelho, a fim de serem desconsideradas na análise do mapa pelo leitor.

As imagens de satélite utilizadas datam de junho de 2018, fim do período chuvoso na região. Logo, a imagem ainda apresenta o verde sazonal da caatinga, com considerável presença de gramíneas. A situação encontrada no ato da visita mostra uma situação visualmente bastante diferente (*Figura 5*), já que aconteceu somente em novembro. A vegetação apresentava-se bastante seca e esparsa, embora algumas chuvas fora de época foram registradas nesse mês nas proximidades do local visitado, segundo a FUNCEME (2018), deixando grandes áreas de solo exposto.

No ato da visita, não foi constatada a presença de cultivos agrícolas, que, segundo habitantes locais, acontece no período de ‘inverno’. Como a agricultura de subsistência no entorno do açude é predominantemente de vazante, sendo que o nível do reservatório permanece baixo nos últimos anos (ANA, 2018), o cultivo no entorno do açude tende a estar bastante reduzido. E, aliás, os vários anos de estiagem provavelmente favoreceram o desenvolvimento de cobertura vegetal da caatinga de caráter mais denso. No mapa, assim, não foram deduzidas áreas de cultivo, sendo incluídos possíveis pequenos cultivos em ‘gramíneas’ no mapa.

Figura 5 – Cobertura vegetal e solo exposto no entorno do açude Pereira de Miranda



Fonte: Autor (2018)

Figura 6 – Solo exposto na região de entorno do açude Pereira de Miranda



Fonte: Autor (2018)

O mapa de uso e ocupação do solo mostra que, mesmo em período chuvoso, há considerável presença de solo exposto na região. O ato da visita deixou isso ainda mais claro, já que a cobertura vegetal à que se deparou era, em geral, bastante seca e esparsa, conforme mostra a Figura 6. Outra característica notável é a grande quantidade de plantas aquáticas nas margens do açude, resultado do processo de eutrofização do reservatório. Esse processo prejudica a qualidade da água do reservatório, aumenta os custos de tratamento da água e

afeta a biodiversidade do açude, largamente utilizado para a pesca de subsistência e piscicultura.

A seguir, está apresentada a documentação fotográfica obtida principalmente pela visita realizada, associada a análises sucintas das situações encontradas, compondo uma descrição do uso e ocupação do solo nas margens e entorno do açude Pereira de Miranda.

Como anteriormente abordado, o açude Pereira de Miranda possui usos múltiplos que incluem o abastecimento humano, a irrigação, a piscicultura etc. A Figura 7 mostra a tomada d'água no reservatório, encaminhada por meio de um canal para a ETA da CAGECE. A superfície da água no ponto está coberta por macrófitas e algas, devido ao estado trófico do açude. Nos anos anteriores, quando o reservatório esteve operando em volume morto, houve a necessidade de utilização de tubulação que adentrasse mais adentro do reservatório, já que o nível da água do açude estava abaixo do fundo do canal de tomada d'água.

A Figura 8 mostra a proliferação de macrófitas e algas no açude Pentecoste, indicando a presença de nutrientes na água, como o nitrogênio (N) e o fósforo (P) e, o estado eutrófico do reservatório apontado pela COGERH (2018). No ato da visita, foi percebida a presença dessas proliferações em diversas regiões das margens do açude.

Em imagens publicadas pela mídia local, a situação no início do ano era ainda mais grave, já que à época o açude, que chegou a estar com apenas 0,12% de sua capacidade (ANA, 2018), recebeu considerável aporte hídrico do rio Canindé, que provavelmente trazia grande quantidade de sedimentos e matéria orgânica. A navegação no reservatório, que é constantemente utilizada especialmente por moradores de comunidades que ficam do lado oposto à sede municipal, chegou a ser afetada à época por causa da dificuldade de aportar os barcos na margem repleta de vegetação aquática densa.

Figura 7 – Tomada d’água do açude Pereira de Miranda, utilizada para o abastecimento da cidade



Fonte: Autor (2018)

Figura 8 – Proliferação de macrófitas e algas no açude Pentecoste



Fonte: Autor (2018)

A Figura 9 e a Figura 10 mostram, respectivamente, a Estação de Tratamento de Água (ETA) da CAGECE e o canal onde é feita a tomada para a estação de tratamento, localizados em áreas do DNOCS, à jusante do açude. O canal abastece o perímetro irrigado Curu-Pentecoste e diversas comunidades à jusante para abastecimento e atividades

agropecuárias, além de ser instrumento de perenização do rio Curu. A vazão do canal é definida através do Comitê da Bacia Hidrográfica do Curu, por meio das suas reuniões ordinárias, evolvendo a participação de diferentes usuários, setores da sociedade civil e das gestões e órgãos municipais, estaduais e federais. (CEARÁ, 2009)

Figura 9 – ETA da CAGECE, à jusante do açude



Fonte: Autor (2018)

Figura 10 – Tomado d’água da ETA em canal vindo da tomada d’água no açude

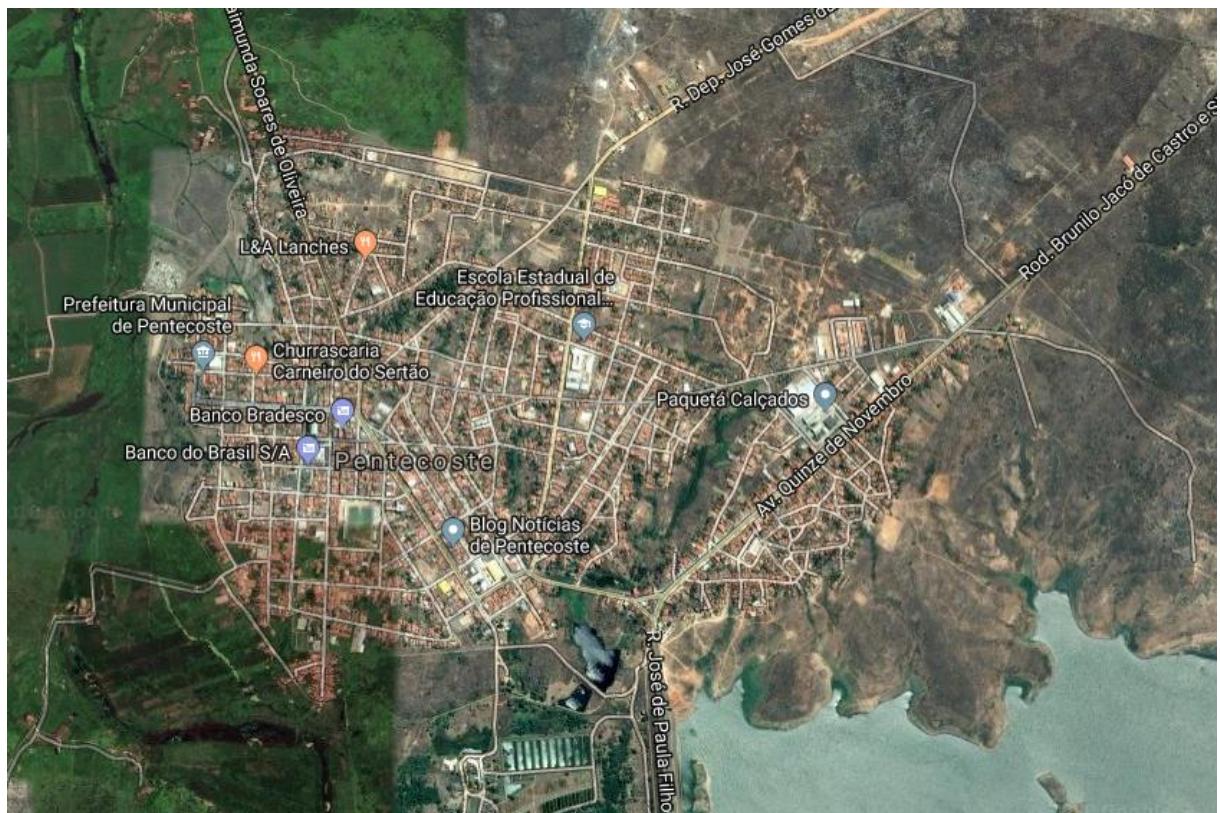


Fonte: Autor (2018)

O bairro São Francisco se localiza na zona urbana de Pentecoste, na ombreira direita do açude, sendo majoritariamente residencial. A Figura 11 mostra a sede municipal,

incluindo localização do bairro, ao norte do açude, marcado pela passagem da Av. Quinze de Novembro. Vale atentar para a forma da sua malha urbana, bem mais disforme que o restante do perímetro urbano da cidade, indicando certo nível de deficiência no planejamento urbano no processo de ocupação da região.

Figura 11 – A sede municipal de Pentecoste, o bairro São Francisco e o açude Pereira de Miranda.



Fonte: Google Earth (2018)

O saneamento básico do bairro, referente ao esgotamento sanitário, é um problema que persiste há tempos. Não existe coleta de esgoto, os resíduos gerados são levados a fossas sépticas ou fossas rudimentares, ou lançados a céu aberto nas ruas e sarjetas, e escorrem até o açude. O que normalmente ocorre é que os resíduos domésticos de vaso sanitário são levados à fossa, e as águas residuárias de pias e ralos são lançados diretamente nas ruas. No entanto, há prática de alguns, segundo relatam moradores, de limpar as fossas drenando os seus resíduos por meio de valas até o açude, contaminando-o e gerando ao redor maus cheiros e riscos de proliferação de doenças.

As reclamações por parte dos moradores são ainda mais frequentes no período chuvoso, devido ao maior espalhamento do esgoto pelas ruas. Contudo, recentemente a prefeitura municipal realizou obras de saneamento básico na região em caráter paliativo,

fazendo a condução dos dejetos sanitários em tubulações subterrâneas que, entretanto, continuam conduzindo os detritos ao açude. A prefeitura alega dificuldades em conseguir recursos financeiros para empreender as obras de coleta de esgoto na cidade. Segundo a ANA (2017), os custos para concluir as obras de coleta de esgoto ainda não atendido no município, levantado pela agência em aproximadamente 63% do total produzido na cidade, são de R\$ 20.016.846,07 para solução total no ano 2035.

A Figura 12 e a Figura 13 mostram uma vista do açude a partir do bairro São Francisco. A Figura 12 mostra a presença cotidiana de pescadores no açude. Note-se nas figuras a presença de lixo, inclusive com evidência no solo de queima do material. Há presença de lixo de forma esparsa por toda a margem do açude, advinda de visitas para banhos, mas também de moradores do entorno. A Figura 13 evidencia um dos cursos de águas residuárias domésticas provenientes do bairro São Francisco que desembocam diretamente no açude Pereira de Miranda. Essas condições causam prejuízo à paisagem do açude e a geração de odores, além de possibilitarem a proliferação de doenças à população no entorno.

Figura 12 – Vista do Açude Pentecoste vindo por dentro do bairro São Francisco, mostrando presença de lixo.



Fonte: Autor (2018)

Figura 13 – Descida de águas residuárias domésticas do bairro São Francisco ao Açude Pentecoste



Fonte: Autor (2018)

A Figura 14 exemplifica a ocupação humana rural no entorno do açude Pereira de Miranda. No período de cheias do açude, a água alcança as proximidades dessas residências. O atendimento do esgotamento sanitário por elas realizado é semelhante ao descrito para a comunidade de Malhada, com a utilização de fossas para destinação dos dejetos (SÁ,2013), que provavelmente contribuem para a bacia do reservatório.

Figura 14 – Ocupação humana rural no entorno do Pereira de Miranda



Fonte: Autor (2018)

A Figura 15 mostra a presença de criação de bovinos no entorno do açude, bem como de canoas e barcos de pescadores, paisagem constante às margens do Pereira de Miranda. Segundo Lima (2013), a prática de criação de bovinos às margens do açude, além de ser ilegal, à luz do Código Florestal (Lei 12.651/2012), deve ser combatida por causar impactos negativos como: degradar o solo provocando erosão e o assoreamento do reservatório, compactar o solo impedindo o ressurgimento e a recuperação da vegetação nativa e afetar a qualidade da água do reservatório pelo carreamento dos excrementos dos animais, podendo causar contaminação e eutrofização. Constatou-se também, no ato da visita, a presença de equinos e de currais para animais nas margens do açude.

Figura 15 – Criação de bovinos às margens do Açude Pentecoste, ao lado de canoas de pescadores



Fonte: Autor (2018)

A Figura 16 mostra a utilização do açude para banho e lavagem de carros. A prática nociva da utilização dos recursos hídricos da bacia para lavagem de veículos às margens dos corpos d'água, que contribui para perda da qualidade da água e eutrofização devido ao sabão usado rico em nutrientes, havia sido acusada pelo Caderno Regional da Bacia do Curu no município de Apuiarés (CEARÁ, 2009), mostrando ser provavelmente uma prática comum na região.

Figura 16 – Flagrante lavagem de carro às margens do Açude Pentecoste



Fonte: Autor (2018)

A Figura 17 mostra o acesso para o Açude Pereira de Miranda, partindo do centro da cidade. O acesso se localiza ao lado de uma praça onde fica inserida a Secretaria de Cultura e Turismo do município. O açude tem forte apelo turístico, sendo utilizado para banhos, atividades de lazer, pesca esportiva etc, e é o principal símbolo da cidade, inclusive conhecida como a “Terra do Peixe”.

Durante o ato da visita acontecia a retirada d’água do açude por caminhão pipa, conforme mostra a Figura 18. Essa forma de abastecimento neste reservatório foi constatada também por Lira, Toledo e Mamede (2014).

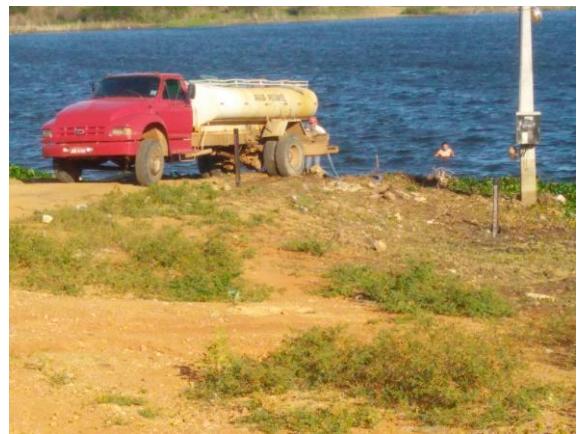
Figura 17 – Acesso ao Açude Pentecoste vindo do centro da cidade, ao lado da CE

341



Fonte: Autor (2018)

Figura 18 – Retirada d’água por caminhão pipa às margens do Açude Pentecoste



Fonte: Autor (2018)

4.3 Discussões gerais

Às margens do açude, há presença de atividades contrárias às legislações de preservação ambiental, pela presença de rebanhos, principalmente bovinos; cultivo de vazantes; residências inseridas, com fossas rudimentares e possível contribuição para a Bacia hidráulica. No entorno do açude, também há a presença de muitos balneários, que funcionam mais ativamente no período chuvoso e das cheias. Esses fatores contribuem para o processo de eutrofização, assoreamento e redução da qualidade da água do reservatório. Atualmente, o açude encontra-se em estado Eutrófico, segundo a COGERH (2018), o que é corroborado pela presença de macrófitas e algas nas margens do açude.

O açude também possui forte ação na piscicultura intensiva através de tanques-rede. O sistema adotado no projeto da comunidade Malhada apresenta-se como uma solução que pode promover o desenvolvimento socioeconômico, se aliado a políticas públicas adequadas para os problemas por ele enfrentados, com a promoção de uma conscientização ambiental para a população local acerca de medidas que não prejudiquem a biodiversidade do reservatório e evitem a eutrofização, como pela utilização de ração extrudada, embora a análise de Sá (2013) não seja completamente conclusiva nesse sentido.

A piscicultura foi apontada como um dos mais pesados fatores de contribuição antrópica de cargas poluentes no açude Pereira de Miranda (DALMEIDA *et al.*, 2011), necessitando serem realizados novos estudos que possam corroborar esses resultados ou não. No entanto, sabe-se da relação íntima dos usuários locais com a questão da piscicultura, muitas vezes como principal atividade de subsistência, além do aspecto de identidade cultural da cidade que é ligado à atividade, sem contar o seu grande potencial turístico (BARBOSA; PONZI JR, 2006). Por isso, medidas no sentido de regulamentar a atividade precisam dialogar com a sociedade local e encontrar alternativas conciliadoras.

Além disso, constatou-se pela elaboração do mapa de uso e ocupação do solo (APÊNDICE B) e pela visita realizada a grande quantidade de solo exposto e de gramíneas na área estudada. Essa esparsa cobertura vegetal não protege bem o solo contra a erosão (MOTA, 2008), potencializando o assoreamento e alterações na qualidade da água do açude. De fato, segundo levantamento batimétrico realizado pela COGERH em 2009, constatou-se uma redução na capacidade hídrica do reservatório, afetando as suas destinações (LOPES, 2016; LIRA; TOLEDO; MAMEDE, 2014).

Pela redução da qualidade das águas do açude, os seus diferentes usos são prejudicados. Pode-se destacar que a má qualidade da água do açude demande maiores

recursos financeiros para o seu tratamento para o abastecimento humano (CORDEIRO; AMORIM, 2005) e pode chegar a níveis de impossibilitar o tratamento ideal, conforme já aconteceu na cidade em evento relatado anteriormente neste trabalho. Além disso, a qualidade das águas do açude também é demandada pelo seu caráter turístico e recreativo, símbolo da cidade, e suas colaborações na economia local. O lixo espalhado pelas margens do açude e os cursos de águas residuárias que chegam até o reservatório, gerando maus cheiros, prejudicam também o aspecto paisagístico e a aprazibilidade turística do açude.

Um dos principais problemas encontrados em campo nesse sentido foi o da situação de saneamento básico do bairro São Francisco, na questão do manejo de resíduos sólidos e, principalmente, no esgotamento sanitário, já que foi constatado que as águas residuárias domésticas estão sendo lançadas diretamente no açude, além de haver a prática por parte de alguns moradores de destinar os resíduos de fossas sépticas para o reservatório. Essas práticas são nocivas à qualidade da água do açude pois a contaminam e colaboram para o seu estado trófico.

5 CONCLUSÃO

O açude Pereira de Miranda possui usos e interesses múltiplos como o abastecimento humano, a irrigação, a piscicultura, o turismo, o lazer etc. No entanto, percebeu-se, com base na análise da literatura pré-existente, juntamente às informações e experiências obtidas em campo, auxiliadas e complementadas pelo mapa de uso e ocupação do solo realizado (APÊNDICE B), que o uso e ocupação do solo nas margens e entorno do açude Pereira de Miranda apresenta-se atualmente em condições inadequadas.

O município de Pentecoste ainda não possui Plano Diretor, conforme exigência do Estatuto das Cidades - Lei Nº 10.257, de 10 de julho de 2001, para municípios com mais de 20.000 habitantes. Além disso, o município ainda não elaborou o PMSB – Plano Municipal de Saneamento Básico. Segundo determina o Decreto nº 7.217/2010, a partir de 2018, os municípios só receberão os recursos da União destinados ao investimento em saneamento básico caso tenham elaborado este plano. É necessário que a elaboração do PMSB interaja com outros e instrumentos e planos setoriais existentes, como, por exemplo, o Plano Diretor do Município. Logo, a elaboração deles é conjuntamente urgente e interdependente.

Essas deficiências de legislação colaboram para a situação do bairro São Francisco, sendo de grande valor a celeridade da elaboração desses planos por parte das autoridades políticas municipais competentes em parceira com a sociedade local. Além disso, a participação da população no processo de elaboração do PMSB é fundamental, a fim de viabilizar que as autoridades competentes façam a apresentação técnica dos cenários à população, que esta colabore elucidando as suas perspectivas e anseios, e, ainda, que haja uma discussão sobre os prazos e tarifas dos serviços. Dessa forma, o Comitê da Bacia Hidrográfica do Curu teriam grande vocação nesse processo, já que conta com a participação de diferentes usuários das águas do açude Pereira de Miranda.

Como forma de recomendação para trabalhos posteriores, destaca-se que uma das limitações deste trabalho se refere à diferença de datas entre a imagem de satélite utilizada e a data da visita, fazendo com que houvesse uma dificuldade na identificação da cobertura vegetal, dificuldade superada com o auxílio de imagens do Google Earth de alta qualidade, georreferenciadas no ArcGIS. Além disso, para o caso do estudo das diferentes culturas empregadas nas várzeas do açude, as quais não foram verificadas nesse trabalho devido à sua quase inexistência na época do ano em que foi elaborado, é importante a utilização de aparelhos de GPS, associando os usos encontrados na visita ao mapa temático de uso e ocupação do solo.

REFERÊNCIAS

- ANA. Agência Nacional de Águas. **ATLAS ESGOTOS Despoluição de Bacias Hidrográficas:** Relatório de Esgotamento Sanitário Municipal Pentecoste. 2017. Disponível em: <http://portal1.snhirh.gov.br/arquivos/Atlas_Esgoto/Cear%C3%A1/Relatorio_Geral/Pentecoste.pdf>. Acesso em: 2 dez. 2018.
- ANA. Agência Nacional de Águas. **SAR – Sistema de Acompanhamento de Reservatórios.** 2018. Disponível em: <<http://sar.ana.gov.br/Medicao?dropDownListEstados=7&dropDownListReservatorios=12325&dataInicial=01%2F10%2F2008&dataFinal=01%2F10%2F2018&button=Buscar>>. Acesso em: 5 de dez. de 2018
- ANDRADE, E. M. DE; ARAÚJO, L. DE F. P.; ROSA; M. F.; GOMES, R. B.; LOBATO, F. A. DE O. Seleção dos indicadores da qualidade das águas superficiais pelo emprego da análise multivariada. **Engenharia Agrícola**, v. 27, n. 3, p. 683-690, 2007.
- ANDRADE, E. M.; LOPES, F. B.; PALÁCIO, H. A. Q.; AQUINO, D. N.; ALEXANDRE, D. M. B. Land use and groundwater quality: the case of Baixo Acaraú Irrigated Perimeter, Brazil. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n.2, p. 208-215, 2010.
- ARAÚJO, J. A. de A. **Barragens no Nordeste do Brasil:** uma experiência na região semi-árida. 2^a ed. Fortaleza: DNOCS, 1990. 328p.
- BARBOSA, J. M; PONZI JR. M. Arranjos produtivos no sertão nordestino: aquicultura e pesca. Rev. Bras. Eng. Pesca, v.1, n.1. p. 30-37, 2006.
- BRAGA, B.; ROCHA, O.; TUNDISI, J. Dams and the Environment: The Brazilian Experience. **International Journal Of Water Resources Development**, v. 14, n. 2, p.127-140, jun. 1998.
- BRASIL. Decreto nº 7.217, de 21 de junho de 2010. Regulamenta a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, e dá outras providências. Brasil (DF), 2007. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/Decreto/D7217.htm>. Acesso em: 10 dez. 2018
- _____. Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Brasil (DF), 2001. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/LEIS_2001/L10257.htm>. Acesso em: 25 nov. 2018.
- _____. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico, cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico, altera a Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979, a Lei nº 8.036, de 11 de maio de 1990, a Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993, e a Lei nº 8.987, de 13 de fevereiro de 1995, e revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978. Brasil (DF), 2007. Disponível em:

<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2007/Lei/L11445.htm>. Acesso em: 10 dez. 2018

_____. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Brasil (DF), 2012. Disponível em:

<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm>. Acesso em: 10 dez. 2018.

_____. Ministério de Meio Ambiente – MMA. Resolução nº 302, de 20 de março de 2002. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30202.html>> Acesso em: 10 dez. 2012.

_____. Ministério de Meio Ambiente – MMA. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>> Acesso em: 10 dez. 2012.

CEARÁ. Secretaria dos Recursos Hídricos. **Plano Estadual de Recursos Hídricos (PLANERH)**. Fortaleza: SRH, 2005.

CEARÁ. Assembleia Legislativa. Caderno regional da Bacia do Curu / Conselho de Altos Estudos e Assuntos Estratégicos, Assembleia Legislativa do Estado do Ceará; Eudoro Walter de Santana (Coordenador). Fortaleza : INESP, 2009.

CIRILO, J. A. Políticas públicas de recursos hídricos para o semi-árido. **Estudos avançados**, v. 22, n. 63, p. 61-81, 2008.

CIRILO, J. A.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; CAMPOS, J. N. B. A questão da água no semiárido brasileiro. In: BICUDO, C.E. de M; TUNDISI, J.G.; SCHEUENSTUHL, M.C.B. (Org.). **Águas do Brasil análises estratégicas**. São Paulo: Instituto de Botânica. v. 1, p. 81-91. 2010.

COGERH. 2018. Disponível em <<http://www.hidro.ce.gov.br/>>. Acesso em 27 de nov. de 2018.

COSTA, D. F. da S.; GUEDES, J. C. F.; ROCHA, R. de M. Estratégia de zoneamento ambiental aplicada à gestão das margens de reservatórios. **Geosul**, Florianópolis, v. 29, n. 58, p 145-159, jul./dez. 2014.

CBH CURU - COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CURU. **Regimento interno do Comitê da Bacia Hidrográfica do Curu**. 2010. Pentecoste, 2010.

CORDEIRO, J. S. ; AMORIM, L. M. Impactos Ambientais provocados pela ocupação antrópica de fundos de vale. **Saneamento Ambiental**, São Paulo, v. 111, p. 40-46, 2005.

DALMEIDA, D. M. B. A.; FRANCA, J. M. B.; AVELINO, F. F.; PAULINO, W. D. Qualidade da água do açude Pereira de Miranda, Ceará: avaliação e recomendações. In: XIVth IWRA

World Water Congress, 2011, Porto de Galinhas. **Anais...** Porto de Galinhas: XIVth IWRA World Water Congress. Montpellier: International Water Resources Association, 2011.

de ARAÚJO, J. C. Assoreamento em reservatórios do semi-árido: modelagem e validação. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 8, n.2, p. 39–56, 2003.

de ARAÚJO, J. C.; BRONSTERT, A. A method to assess hydrological drought in semi-arid environments and its application to the Jaguaribe River basin, Brazil. **Water International**, v. 41, p. 213-230, 2016.

DREW, D. **Processos interativos homem-meio ambiente**. Tradução de João Alves dos Santos: revisão de Suely Bastos; coordenação editorial de Antônio Christofoletti. 7 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). LANDSAT - Land Remote Sensing Satellite. Disponível em:

<https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/sat/conteudo/missao_landsat.html>. Acesso em: 10 dez. 2018.

FARIAS, J. F.; SILVA, E. V.; RODRIGUEZ, J. M. M. Aspectos do Uso e Ocupação do Solo no Semiárido Cearense: Análise Espaço-Temporal (1985 - 2011) Sob o Viés da Geoecologia das Paisagens. **Revista Brasileira de Geografia Física**. v. 6, n. 2, p. 136-147, 2013.

FRANCA, J. M. B.; WACHHOLZ, F; CARNEIRO NETO, J. A. ; PAULINO, W. D. Comportamento das variáveis qualitativas do Açude Pereira de Miranda – Pentecoste/CE, no período de estiagem. **Geociências**, São Paulo, v. 32 (4), p. 586-59, 2013. Disponível em: <<http://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/geociencias/article/download/8492/961>>. Acesso em: 22 dez. 2018.

FERREIRA, A. B.; ALCOFORADO, M. J.; VIEIRA, G. T.; MORA, C.; JANCEN, J. Metodologias de análise e de classificação das paisagens. O exemplo do projecto Estrela. **Finisterra**, XXVI, v. 72, p. 157-178, 2001.

FUNCENE. 2018. Disponível em <<http://www.funceme.br/index.php/areas/23-monitoramento/meteorol%C3%B3gico/572-postos-pluviom%C3%A9tricos>>. Acesso em 10 de dez. de 2018.

G1 CE. No Ceará, 81 municípios não contam com coleta de lixo e 74 não têm tratamento de esgoto. **G1**. Ceará. 17 out. 2017. Disponível em: <<https://g1.globo.com/ceara/noticia/no-ceara-81-municipios-nao-contam-com-coleta-de-lixo-e-74-nao-tem-tratamento-de-esgoto.ghtml>>. Acesso em: 03 dez. 2018.

GORAYEB, A.; de SOUZA, M. J. N.; de FIGUEIRÊDO, M. C. B.; ARAÚJO, L. F. P.; ROSA, M. F; SILVA, E. V. Aspectos geoambientais, condições de uso e ocupação do solo e níveis de desmatamento da Bacia hidrográfica do rio Curu, Ceará - Brasil. Universidade Estadual de Londrina, Departamento de Geociências. v. 14, n. 2, jul./dez. 2005. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/277851838>. Acesso em: 01 dez. 2018.

GORAYEB, A., GOMES, R.B., ARAÚJO, L.F.P., SOUZA, M.J.N., ROSA, M.F.; FIGUEIRÊDO, M.C.B. Aspectos ambientais e qualidade das águas superficiais na bacia hidrográfica do rio Curu – Ceará – Brasil. **HOLOS Environment**. v.7, n.2, 2007, p.105. ISSN:1519-8634 (ON-LINE). Disponível em:
<https://www.researchgate.net/publication/277791705>. Acesso em: 1 dez. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Esgotamento sanitário adequado**. Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão, 2010. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/pentecoste/panorama>>. Acesso em: 10 dez. 2018.

_____. **Manual Técnico de Uso da Terra**. 2 ed. Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/recursos_naturais/manuais_tecnicos/manual_uso_da_terra.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2018.

_____. **Produção Agrícola Municipal (PAM)**. 2017a. Tabela 5457 - Área plantada ou destinada à colheita, área colhida, quantidade produzida, rendimento médio e valor da produção das lavouras temporárias e permanentes. Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457>>. Acesso em: 10 dez. 2018.

_____. **Produção da Pecuária Municipal (PPM)**. 2017b. Tabela 3939 - Efetivo dos rebanhos, por tipo de rebanho. Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/3939>>. Acesso em: 10 dez. 2018.

_____. **Produção da Pecuária Municipal (PPM)**. 2017c. Tabela 3940 - Produção da aquicultura, por tipo de produto. Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/3940>>. Acesso em: 10 dez. 2018.

_____. **Pesquisa de Informações Básicas Municipais Saneamento**. 2017d. MUNIC - Suplemento Aspectos gerais da gestão da política de saneamento básico. Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/pentecoste/pesquisa/10087/76819>>. Acesso em: 10 dez. 2018.

IPECE. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **Perfil Básico Municipal: Pentecoste**. Fortaleza, 2017. Disponível em:
http://www.ipece.ce.gov.br/publicacoes/perfil_basico/PBM_2009/pentecoste.pdf. Acesso: 20 nov. 2018.

JARVIE, H; WHITTON, B; NEAL, C. Nitrogen and phosphorus in east coast British rivers: Speciation, sources and biological significance. **Science Of The Total Environment**, v. 210, p.79-109, 24 mar. 1998.

LANNA, A. E. L. **Gerenciamento de Bacia Hidrográfica: Aspectos Conceituais e Metodológicos**. Brasília: IBAMA, 1995.

LIMA, P. T. F. **Estudo dos impactos resultantes do uso e ocupação do solo da agrovila da Barragem Rosário, e do seu entorno, e suas implicações na gestão do reservatório**. 2013. Dissertação (Mestrado em Gestão de Recursos Hídricos) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.

LIRA, D.; TOLEDO, C. E.; MAMEDE, G. L. Silting in the dense reservoir network of the Pereira de Miranda catchment. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v.34, n.4, p.671-682, 2014.

LOPES, J. W. B. **Disponibilidade hídrica em reservatórios no semiárido brasileiro: interações entre assoreamento e escassez**. 2016. Tese (Doutor em Engenharia Agrícola) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.

LOPES, J. W. B.; de ARAÚJO, J. C. Escassez hídrica e assoreamento em reservatório do semiárido. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE HIDROSEDIMENTOLOGIA, 1., 2015, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: UFRGS, 2015.

MANSOR, M. T. C.; TEIXEIRA FILHO, J.; ROSTON, D. M. Avaliação preliminar das cargas difusas de origem rural, em uma sub-bacia do Rio Jaguari, SP. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.10, n.3, p.715–723, 2006.

MEDEIROS, P. H. A.; de ARAÚJO, J. C. Temporal variability of rainfall in a semiarid environment in Brazil and its effect on sediment transport processes. **Journal of Soils and Sediments**, v. 14, p. 1216-1223, 2014.

MONTEIRO, A. J. **Eutrofização**: Modelação do Oxigênio Dissolvido em Rios. Instituto Superior Técnico. 2004. Lisboa, Portugal. Disponível em: <<https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/282093452030578/Eutrofiza.pdf>>. Acesso em: 10 dez. 2018.

MOTA, S. **Gestão Ambiental de Recursos Hídricos**. 3^a edição. Rio de Janeiro: ABES. 343p. 2008.

MOTA, S. **Introdução a Engenharia Ambiental**. 4^a edição. Rio de Janeiro: ABES. 388p. 2010.

MOTA, S. **Urbanização e Meio Ambiente**. 4^a edição. Rio de Janeiro; Fortaleza: ABES. 380p. 2011.

OLIVEIRA, R. R. A. **Estudo da qualidade ambiental do reservatório pentecoste por meio do índice de estado trófico modificado**. 2009. 140 p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.

PAULINO, W. D.; OLIVEIRA, R. R. A.; AVELINO, F. F. Classificação do estado trófico para o gerenciamento de reservatórios no semiárido: a experiência da Cogerh no estado do Ceará. Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, XX, Bento Gonçalves. 2013.

PORTO, M. F. A; PORTO, R. La L. Gestão de bacias hidrográficas. **Estud. av.** vol. 22 n. 63, São Paulo, 2008.

REBOUÇAS. A. da C. Água na região Nordeste: desperdício e escassez. **Estudos avançados**, v. 11 n. 29, p. 127-154, 1997.

RUDORFF, C. M.; NOVO, E. M. L. M.; GALVÃO, L. S.; FILHO, W. P. Análise derivativa de dados hiperespectrais medidos em nível de campo e orbital para caracterizar a composição de águas opticamente complexas na Amazônia. **Acta Amazonica**, v. 37, n. 2, p. 279-290, 2007.

SANTIAGO, M. M. F. **Mecanismos de salinização em regiões semi-áridas. Estudo dos açudes Pereira de Miranda e Caxitoré no Ceará.** 1984. 175 f. Tese (Doutorado em Geologia Geral e de Aplicação) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1984.

SÁ, G. G. **Avaliação da Sustentabilidade do Projeto de Piscicultura Familiar: o caso da Comunidade de Malhada, Pentecoste-CE.** 2013. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.

KELTING, F. M. S. Paisagem e Paisagens uso e ocupação da terra da Bacia do Rio Curu - Ceará. **Mercator**, Fortaleza, v. 2, p. 105-117, 2002. Disponível em: <<http://www.mercator.ufc.br/mercator/article/view/185>>. Acesso em: 30 nov. 2018.

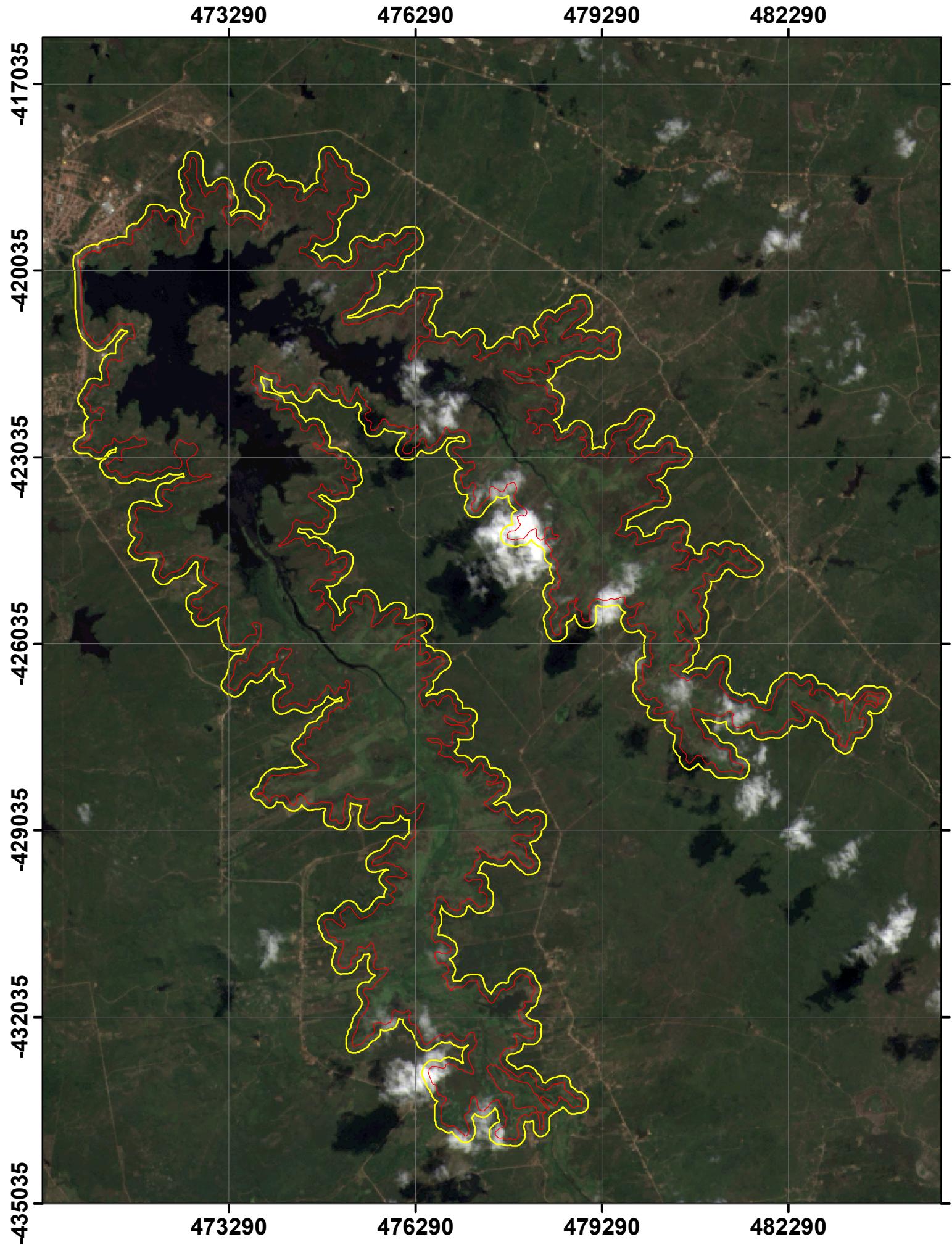
SOARES, F. M. As paisagens da Bacia hidrográfica do rio Curu: exploração de um campo de estudo da geografia física integrada (The landscapes of the Curu river hydrographic basin: exploration of a study field of integrated physical geography). **Mercator**, Fortaleza, v. 5, n. 9, nov. 2008. ISSN 1984-2201. Disponível em: <<http://www.mercator.ufc.br/mercator/article/view/90>>. Acesso em: 30 nov. 2018.

STUDART, T. M. C. ; CAMPOS, J. N. B. A Gestão das Águas na Bacia do Rio Curu - Ontem e Hoje. In: Simpósio Internacional sobre Gestão dos Recursos Hídricos, 1998, Gramado. **Anais...** Simpósio Internacional sobre Gestão dos Recursos Hídricos. Porto Alegre: ABRH, 1998.

TUNDISI, J. G. Recursos hídricos. **MultiCiência**. São Carlos, v. 20, n.1. p. 01-15, 2003. Disponível em: <https://www.multiciencia.unicamp.br/artigos_01/A3_Tundisi_port.PDF> Acesso em: 18 nov. 2018.

ZHANG, S.; FÖSTER, S.; MEDEIROS, P. H. A.; de ARAÚJO, J. C.; MOTAGH, M.; WASKE, B. Bathymetric survey of water reservoirs in north-eastern Brazil based on TanDEM-X satellite data. **Science of the Total Environment**, v. 571, p. 575-593, 2016.

APÊNDICE A - Mapa da delimitação da APP



LEGENDA

- Limite da APP
- Nível máximo do açude

AÇUDE PEREIRA DE MIRANDA (PENTECOSTE-CE)

AVALIAÇÃO AMBIENTAL PRELIMINAR DA ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE

MAPA DA DELIMITAÇÃO DA APP (ESCALA 1:75.000)

BASE CARTOGRÁFICA

Sistema de Coordenadas: SIRGAS 2000 UTM Zone 24S

Projeção: Transverse Mercator

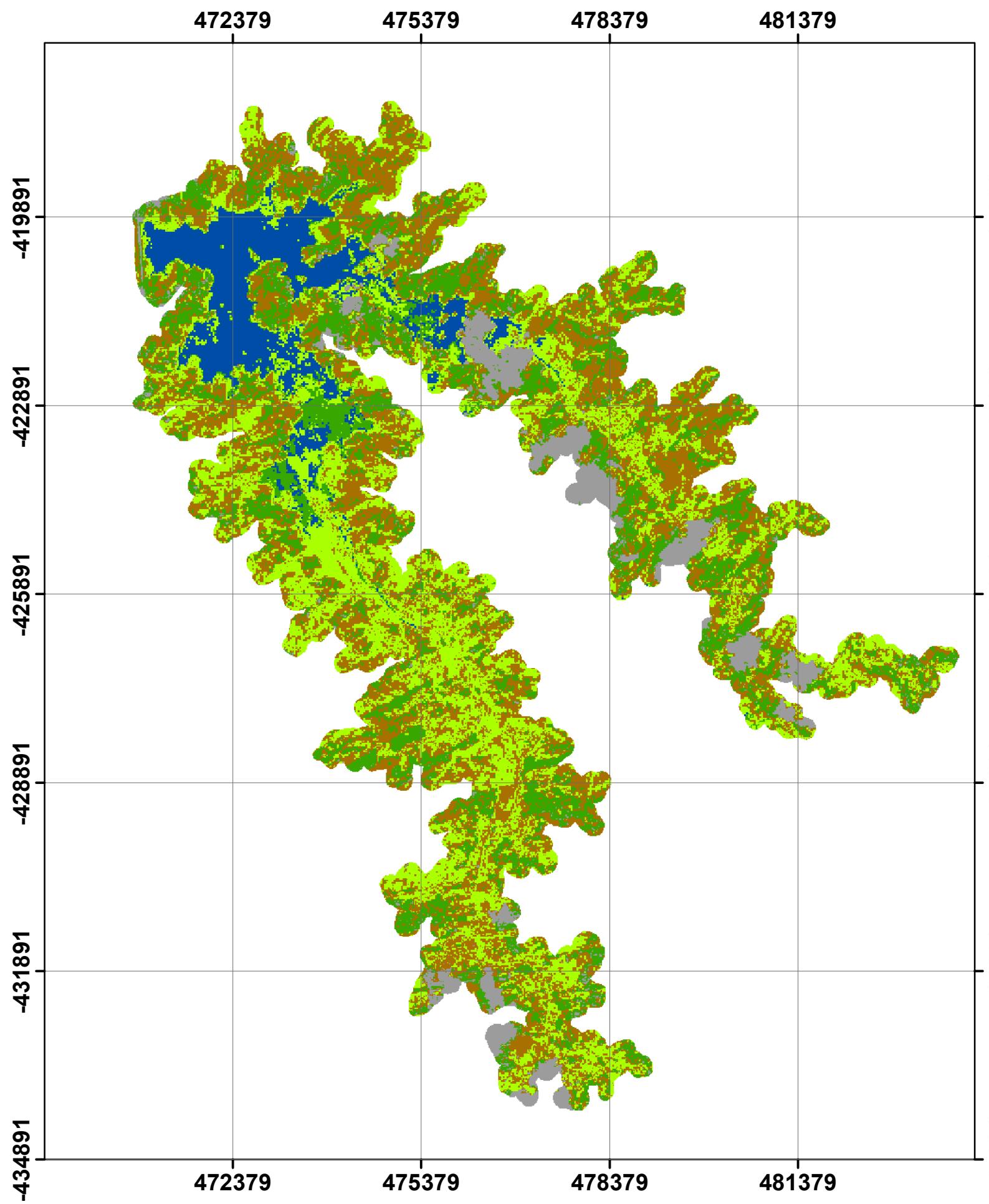
Malha cartográfica: SUDENE

Imagen: LANDSAT - 8

AUTOR: Roberto R. de Moura Filho DATA: 04/12/2018



APÊNDICE B - Mapa de Uso e Ocupação do Solo



LEGENDA

- Ocupação humana/nuvens
- Açude
- Vegetação
- Solo exposto
- Vegetação aquática/gramíneas

OBS.: As áreas cinzas circuladas em vermelho são nuvens.

AÇUDE PEREIRA DE MIRANDA (PENTECOSTE-CE)

AVALIAÇÃO AMBIENTAL PRELIMINAR DA ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE

MAPA DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO (ESCALA 1:75.000)

BASE CARTOGRÁFICA

Sistema de Coordenadas: SIRGAS 2000 UTM Zone 24S

Projeção: Transverse Mercator

Malha cartográfica: SUDENE

Imagem: LANDSAT - 8



AUTOR: Roberto R. de Moura Filho DATA: 04/12/2018