



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
PRO-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
AMBIENTAL

**PAULO ROBERTO NUNES DA SILVA**

**EFEITOS DA POLUIÇÃO PONTUAL E DIFUSA NA QUALIDADE DE ÁGUA  
EM RESERVATÓRIOS DO SEMIÁRIDO**

CAMPINA GRANDE- PB

2015

**PAULO ROBERTO NUNES DA SILVA**

**EFEITOS DA POLUIÇÃO PONTUAL E DIFUSA NA QUALIDADE DE ÁGUA  
EM RESERVATÓRIOS DO SEMIÁRIDO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental.

**Orientador:** Dr José Etham de Lucena Barbosa

**Co-Orientadora:** Dra Janiele França de Vasconcelos

CAMPINA GRANDE- PB

2015

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

S586e Silva, Paulo Roberto Nunes da.  
Efeitos da poluição pontual e difusa na qualidade de água em reservatórios do Semiárido [manuscrito] / Paulo Roberto Nunes da Silva. - 2015.  
58 p. : il. color.

Digitado.  
Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2015.  
"Orientação: Prof. Dr. José Etham de Lucena Barbosa, Departamento de Ciências Biológicas".  
"Co-Orientação: Profa. Dra. Janiele França de Vasconcelos, Departamento de Ciências Biológicas".  
1. Qualidade da água. 2. Poluição pontual. 3. Poluição difusa. 4. Reservatórios. I. Título.

21. ed. CDD 628.13

**PAULO ROBERTO NUNES DA SILVA**

**EFEITOS DA POLUIÇÃO PONTUAL E DIFUSA NA QUALIDADE DE ÁGUA  
EM RESERVATÓRIOS DO SEMIÁRIDO.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental

Aprovado em: 12 de Maio de 2015.

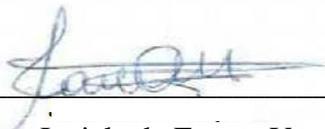
**BANCA EXAMINADORA**



---

Prof. Dr. José Etham de Lucena Barbosa

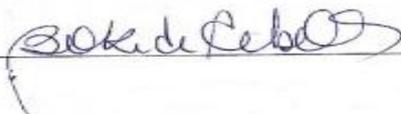
Orientador



---

Profa. Dra. Janiele de França Vasconcelos

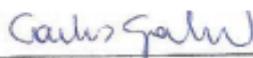
Co-Orientadora



---

Profa. Dra. Beatriz Susana Ovruski de Ceballos

Examinadora Interna



---

Prof. Dr. Carlos de Oliveira Galvão

Examinador Externo

## DEDICATORIA

Dedico este trabalho às pessoas mais importantes da minha vida: meus pais, Raimundo e Letinha.

## AGRADECIMENTOS

À Deus,

Pelo dom da vida, pelo seu amor infinito, sem Ele nada sou. Agradeço aos meus pais, Raimundo e Letinha, meus maiores exemplos. Obrigada por cada incentivo e orientação, pelas orações em meu favor, pela preocupação para que estivesse sempre andando pelo caminho correto.

À minha família, por sua capacidade de acreditar e investir em mim. Mãe, seu cuidado e dedicação foi que deu, em alguns momentos, a esperança para seguir. Pai, sua presença significou segurança e certeza de que não estou sozinho nessa caminhada.

Hoje, vivo uma realidade que parece um sonho, mas foi preciso muito esforço, determinação, paciência, perseverança, ousadia e maleabilidade para chegar até aqui, e nada disso eu conseguiria sozinho. Minha eterna gratidão a todos aqueles que colaboraram para que este sonho pudesse ser concretizado. Aos meus irmãos, Beto, Leninha, Lia e Marli, a minha cunhada Luízinha obrigado por todo amor e carinho. Aos meus tios, tias, primos e sobrinhos que sempre estiveram presentes, ainda que à distância.

À minha amiga e professora Jany, a ela devo muito do que sou, peça fundamental para execução desse trabalho e o Professor Etham que, com muita paciência e atenção, dedicou-se do seu valioso tempo, desde a graduação, para me orientar em cada passo das minhas pesquisas, grato pelas contribuições na minha vida acadêmica e por tanta influência na minha futura vida profissional.

À Professora Beatriz (Bia) pela amizade e disponibilidade, desde a apresentação do projeto de mestrado da qualificação, de participar dessas bancas, sem dúvida seus ensinamentos como professora e examinadora, foram muito relevantes. Meu muito obrigado!!! Ao professor Carlos Oliveira Galvão pela disponibilidade de participar de minha banca como examinador externo.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de mestrado, que permitiu minha dedicação a este trabalho.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental pela assistência e apoio durante todo o curso.

Aos meus amigos e companheiros do LEAq, em especial... Morga, Vanessa, Dani, Evaldo, Ylaura (Iara), Camila, Boyzinha, Patrícia, Guga, Yasmin e Chico... Com eles aprendi o quanto a amizade é valiosa, sem dúvida construí laços eternos. Obrigado por todos os momentos em que fomos estudiosos, brincalhões, amigos da noitada e cúmplices. Saibam que em vocês encontrei verdadeiros irmãos. Obrigado pela paciência, pelo sorriso, pelo abraço, pela mão que sempre se estendia quando eu precisava. Esta caminhada não seria a mesma sem vocês...Amigoooo detalhes... Hoje tem eventos...kkkkkkkk... Sei que vocês decodificam muito bem essas falas. OBRIGADOOOOOOOO!!!

## EPÍGRAFE

*"É triste pensar que a natureza  
fala e que o gênero humano não a  
ouve".*

*Victor Hugo*

## **RESUMO**

A construção de reservatórios se tornou um paliativo para sanar ou amenizar a escassez de água principalmente das regiões semiáridas. No entanto, estes ecossistemas artificiais estão constantemente submetidos a pressões antrópicas, reduzindo consideravelmente a sua qualidade destinada ao consumo humano. Com isso, o objetivo geral deste trabalho é identificar e mensurar as fontes pontual e difusa de poluição e sua influência sobre a qualidade da água de dois reservatórios situados no curso da Bacia do rio Paraíba/PB. O trabalho foi realizado no reservatório Epitácio Pessoa e Argemiro de Figueiredo, localizado no município de Epitácio Pessoa e Itatuba – PB, respectivamente. Foram delimitados 20 pontos de amostragem para cada reservatório. Foram coletadas amostras de água e de sedimento em áreas litorâneas, além da aplicação de protocolos de caracterização de habitats físicos em maio de 2014. Como forma de mensurar a entrada de fósforo através das fontes pontuais e difusas na água, foi utilizada um modelo matemático proposto por Vollenweider (1976). Os resultados constataram, que os ambientes estão relativamente impactados, podendo estarem susceptíveis a descargas de nutrientes e de contaminantes. A qualidade da água dos reservatórios apresentaram algumas variáveis ambientais e microbiológicas alteradas, mediante as sugeridas pelos os padrões de classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento do CONAMA (2005) para águas de consumo humano. O reservatório Epitácio Pessoa, respondeu, a partir dos protocolos, como maior grau de impacto, por apresentar as maiores métricas de distúrbios antropogênicos, porém foi tido como menos poluído, em comparação a Argemiro de Figueiredo. De acordo com os resultados obtidos pela modelagem matemática, os poluentes que alcançam as águas de Epitácio Pessoa são de origem difusas e pontuais em Argemiro de Figueiredo.

**PALAVRAS – CHAVES:** Reservatórios; Semiárido; Qualidade Ambiental; Poluição Pontual e Difusa.

## **ABSTRACT**

The construction of reservoirs has become a palliative to remedy or alleviate water shortages primarily of semi-arid regions. However, these artificial environments are constantly subjected to human pressures, considerably reducing its quality for human consumption. Thus, the aim of this study is to identify and measure the point and diffuse sources of pollution and its influence on water quality of two reservoirs located in the course of the river Paraíba / PB Basin. The study was conducted in Epitácio Pessoa and Argemiro de Figueiredo reservoir, located in the city of Epitácio Pessoa and Itatuba - PB, respectively. They were delimited 20 sampling sites for each reservoir. Samples of water and sediment in coastal areas were collected, besides the application of characterization of physical habitats protocols in May 2014. In order to measure the phosphorus input through the point and diffuse sources into the water, it used one proposed mathematical model by Vollenweider (1976). The results verified that the surroundings are relatively impacted and may be susceptible to discharges of nutrients and contaminants. The water quality of the reservoirs showed some environmental and microbiological variables changed by the suggested by the classification standards of water bodies and environmental guidelines for its framework of CONAMA (2005) for human drinking water. The Epitácio Pessoa reservoir, said, from protocols such as greater degree of impact, by presenting the largest metric of anthropogenic disturbance, but was seen as less polluted compared to Argemiro de Figueiredo. According to the results obtained by mathematical modeling, pollutants that reach the Pessoa waters are diffuse and point source in Argemiro de Figueiredo.

**KEY - WORDS** : Reservoirs ; Semiarid ; Environmental Quality; Point Diffuse and Pollution Sources.

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

AESA- Agência Executiva de Gestão das Águas

AWWA – American Public Health Association

CE – Condutividade Elétrica

Chlo a – Clorofila a

CT – Coliformes Totais

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

DNOCS - Departamento Nacional de Obras Contra as Secas

DQO – Demanda Química de Oxigênio

*E. Coli – Escherichia Coli*

MO – Matéria Orgânica

NT – Nitrogênio Total

N-NO<sub>3</sub> –Nitrato

N-NO<sub>2</sub> – Nitrogênio Nítrico

N-NH<sub>4</sub> - Nitrogênio Amônio

pH – potencial Hidrogeniônico

PT – Fósforo Total

SRP – Fósforo Reativo Solúvel

SDT – Sólidos Totais Dissolvidos

NMP – Número Mais Provável de coliformes totais

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1:** Reservatórios e pontos de amostragem: Argemiro de Figueiredo e Epitácio Pessoa, localizados na bacia hidrográfica do rio Paraíba. Os triângulos na figura indicam as barragens dos reservatórios.....28
- Figura 2:** Parcelas de amostragem do protocolo de caracterização de habitats físicos (USEPA, 2012).....34
- Figura 3:** Distribuição dos valores das métricas referente a caracterização de hábitat físico (A), concentração de areia (B), matéria orgânica (C) e fósforo total (D) as margens do reservatório, concentrações de nitrato (E) e fósforo total (F) nas águas do reservatório Epitácio Pessoa em maio de 2014.....38
- Figura 4:** Distribuição dos valores das métricas referente a caracterização de hábitat físico (A), concentração de areia (B), matéria orgânica (C) e fósforo total (D) as margens do reservatório, concentrações de nitrato (E) e fósforo total (F) nas águas do reservatório Epitácio Pessoa em maio de 2014.....41
- Figura 5:** Ordenação resultante da aplicação da análise de componentes principais (ACP) associada a matriz de dados limnológicos dos reservatórios Argemiro de Figueiredo e Epitácio Pessoa (DQO – Demanda Química de Oxigênio, CE – condutividade elétrica, Ntotal-Nitrogênio total, Ptotal – fósforo total, Alca-Alcalinidade).....43

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Dados de caracterização dos reservatórios Argemiro de Figueiredo e Epitácio Pessoa, localizados na bacia hidrográfica do rio Paraíba (AESAs, 2013).....	27
<b>Tabela 2:</b> Variáveis analisadas e procedimentos analíticos empregados.....	31
<b>Tabela 3:</b> Estatística descritiva (média, desvio padrão, valores mínimo e máximo) das variáveis limnológicas para o reservatório Epitácio Pessoa em Maio de 2014.....	39
<b>Tabela 4:</b> Estatística descritiva (média, desvio padrão, valores mínimo e máximo) das variáveis limnológicas para o reservatório Argemiro de Figueiredo em Maio de 2014.....	42
<b>Tabela 5:</b> Estimativa da contribuição externa de nutrientes para os reservatórios Epitácio Pessoa e Argemiro de Figueiredo em maio de 2014.....	44

## Sumário

1 INTRODUÇÃO.....	16
2 OBJETIVO GERAL.....	18
2.1 Objetivos específicos .....	18
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	19
3.1 Demanda e disponibilidade de água .....	19
3.2 Impactos das ações humanas sobre a qualidade da água .....	20
3.2.1 Eutrofização .....	21
3.2.2 Poluição pontual e difusa .....	22
3.3 Uso e ocupação do solo sobre a qualidade da água .....	23
3.3.1 Agricultura .....	23
3.3.2 Pecuária .....	24
3.3.3 Erosão.....	24
3.4 Parâmetros de qualidade de água: Ministério do Meio Ambiente .....	25
3.5 Bacia do Rio Paraíba: Usos Múltiplos da água.....	25
3.5.1 Reservatórios.....	26
4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	27
4.1 Área de Estudo.....	27
4.1.2 Caracterização da área de estudo .....	27
4.2 Desenho amostral.....	31
4.3 Procedimentos analíticos .....	31
4.4 Parâmetros físicos e químicos.....	32
4.5 Análise granulométrica e de matéria orgânica.....	33
4.6 Análise do fósforo do sedimento .....	33
4.7 Análises microbiológica .....	34
4.8 Demanda Química de Oxigênio (DQO) .....	34
4.9 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO).....	34

4.10 Aplicação do protocolo de caracterização de habitats físicos.....	34
4.10.1 Cálculo das métricas de distúrbio na zona inundável e zona ripária dos reservatórios .....	35
4.10 Estimativa do aporte de nutrientes .....	36
4.11 Análises estatísticas .....	37
5 RESULTADOS .....	38
5.1 Caracterização de Habitats Físicos e Variáveis Limnológicas .....	38
5.2 Aporte Externo de Nutrientes .....	44
6. DISCUSSÕES .....	45
7. CONCLUSÕES .....	49
8. REFERÊNCIAS .....	50
9. ANEXO : Protocolo de caracterização de habitats físicos .....	58

## 1 INTRODUÇÃO

A água é a substância essencial para o surgimento e manutenção da vida em nosso Planeta. Além do mais, esse recurso natural é fundamental para o desenvolvimento de todas as atividades antrópicas, tais como a produção de alimentos, de energia, de bens de consumo, de transporte e de lazer, assim como para a manutenção e o equilíbrio ambiental dos ecossistemas (MORAN, MORGAN e WIERSMA, 1985; BEECKMAN, 1998; LIMA, 2010).

O desenvolvimento e manutenção das sociedades humanas dependem da conservação dos recursos de água doce (KARR, 1999; LIGEIRO et al, 2013). A água está se tornando um elemento cada vez mais escasso, tanto em termos qualitativos quanto quantitativos. O aumento da população humana somado com a elevada produção de resíduos, o manejo inadequado do solo na atividade agrícola e pecuária, além da falta de planejamento e gestão dos recursos hídricos vêm degradando os ecossistemas aquáticos (QUEIROZ, 2013).

Um das formas de armazenar água, principalmente em regiões semiáridas, a construção de reservatórios se torna vital para ocupação e desenvolvimento de atividades, dentre elas o abastecimento humano, dessedentação de animais, produção agrícola irrigada e desenvolvimento da piscicultura (FREITAS, 2008).

Reservatórios são ecossistemas artificiais oriundos do barramento de um rio ou de uma bacia hidrográfica, cuja principal finalidade é a de aumentar a resistência do homem à seca. No entanto a qualidade da água destes ecossistemas estão cada vez mais comprometidas de acordo com as necessidades exigidas para usos múltiplos. A utilização indiscriminada de fertilizantes, os despejos de efluentes industriais e domésticos e os elevados índices de evaporação típico de regiões semiáridas, contribuem efetivamente para o acúmulo de fósforo e nitrogênio na água, alterando as características de qualidade das águas destinadas primordialmente ao abastecimento humano (CARPENTER, 2008; CHELLAPA et al., 2009).

Os poluentes chegam até os corpos hídricos por meio da precipitação hídrica e do escoamento superficial, tal evento são caracterizados como alterações indesejáveis que podem causar danos ou prejuízos aos seres humanos, assim como a dinâmica do ambiente. As fontes geradoras dessas poluições podem ter características pontuais ou difusas (BILBAO, 2007). As fontes difusas de poluição geram os maiores impactos ambientais encontrados principalmente nas bacias hidrográficas e nos rios, o que comprometem a qualidade da água, bem como os diversos usos múltiplos existentes (PUSCH, 2007).

De maneira conceitual, entende-se por poluição pontual a que possui descarga contínua para um corpo d'água, como nos casos de descarte de efluentes industriais e esgoto doméstico, oriunda de um ponto determinado, sendo de fácil identificação (HENRY, 1990).

A poluição difusa, chamada também de não-pontual, esta gera complexidade na sua identificação e quantificação já que a dispersão dos poluentes se dão de forma extensa. Novotny, (1999) argumenta que tal poluição é gerada pelo escoamento superficial da água, em área urbana ou rural, e que provém de atividades que depositam poluentes de forma esparsa, sendo de difícil identificação e quantificação.

Esta problemática assume particular relevância em regiões semiáridas, cujo o déficit hídrico é bastante comum devido características próprias dessas regiões, ocasionando problemas dentre os quais estão os elevados estresses hídricos, chuvas abaixo da média, e longos períodos de estiagem; o estresse hidrológico compromete o desenvolvimento econômico, a subsistência humana e a qualidade ambiental, promovendo enorme pressão sobre os recursos hídricos tornando-os impróprios para o consumo humano (DATSENKO et al., 1999; ARAÚJO, 2012).

#### Outro agravante

Sem a devida proteção, a qualidade da água corpos aquáticos são comprometidas pela exploração dos recursos do solo e da água. A redução da qualidade hídrica está relacionada com a má conservação do solo e com o uso irracional dos recursos naturais (FRANCO, 2008). A agricultura, a criação de rebanhos e a atividade industrial próxima aos reservatórios revertem na alteração da qualidade da água represada, impedindo seu uso para as finalidades originais (CEBALLOS et al., 1997).

Diante do exposto, este estudo avalia a qualidade ambiental de dois reservatórios em uma região semiárida com base da utilização do uso dos protocolos de habitats físicos, como ferramenta teste, fornecido pela Agência Americana dos Estados Unidos (USEPA), a partir dados de distúrbio antropogênico na zona inundável e zona ripária para contribuição da identificação das fontes de poluição pontuais e difusas. Além de análises das variáveis físicas, químicas e biológicas e do modelo matemático do aporte de fósforo proposto por Vollenweider (1976).

## 2 OBJETIVO GERAL

Este trabalho teve por objetivo identificar e mensurar as fontes pontuais e difusas de poluição e sua influência sobre a qualidade da água dos reservatórios da Bacia do rio Paraíba.

### 2.1 Objetivos específicos

- ✓ Identificar as fontes pontuais e difusas de poluição nos reservatórios estudados.
- ✓ Avaliar a influência de fontes pontuais e difusas de poluição sobre a qualidade de água de dois reservatórios do semiárido paraibano, usando variáveis físicas, químicas e biológicas.
- ✓ Avaliar a qualidade do solo em áreas ripárias dos dois reservatórios, sob diferentes usos do solo, a fim de identificar áreas com maior potencial em disponibilizar poluentes para os corpos aquáticos estudados;
- ✓ Avaliar os impactos ambientais nas áreas litorâneas dos reservatórios a partir da aplicação e interpretação de protocolo de habitats físicos.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 Demanda e disponibilidade de água

O aumento populacional, a precariedade dos serviços de saneamento básico, o crescimento desordenado das cidades e o aumento da intensidade e variedade dos usos da água são elementos que promovem o desequilíbrio entre oferta e demanda por água e, portanto, acentuam conflitos entre usuários.

Muito embora o Planeta Terra tenha 3/4 de sua superfície coberta pela água, deve-se levar em consideração que apenas uma pequena parcela, referente à água doce, pode ser utilizada para o desenvolvimento da maior parte das atividades humanas, sem a necessidade de se fazer grandes investimentos para a adequação das suas características, físicas, químicas e/ou biológicas, aos padrões de qualidade exigidos para cada tipo de aplicação. Sendo assim, a água tem se tornado um recurso escasso e com qualidade comprometida (BRASIL, 2006).

O Brasil se destaca pelo grande volume de água doce superficial distribuídos em seu território, cuja vazão média anual é de 179 mil  $\text{m}^3/\text{s}^{-1}$ , o que corresponde, aproximadamente, a 12 % da disponibilidade hídrica mundial. Embora a disponibilidade de água no Brasil seja abundante, a sua distribuição territorial é bastante irregular. Um exemplo claro é a região Norte, com 8 % da população nacional, que possui cerca de 81% dos recursos hídricos disponíveis; todos os outros estados detêm menos de 20% desses recursos. Nesse cenário, encontra-se o semiárido nordestino, com quase 1 milhão de  $\text{km}^2$ , mais de 27% da população do país e 3% dos recursos hídricos disponíveis no país (ANA, 2013). O que caracteriza tal cenário são as má distribuição pluviométricas; as elevadas taxas de evaporação, que contribuem para o aumento de concentrações de sais comprometendo a qualidade de água; presença de solos rasos e pouca cobertura vegetal que aliados as chuvas intensas que ocorrem de forma concentrada em poucos meses do ano, promovendo uma maior erosão e um aumento do potencial de carreamento de nutrientes para os sistemas aquáticos. Por outro lado, a falta de sistemas de esgotamento ou drenagem da população rural contribui com o lançamento de cargas poluidoras nestes ecossistemas (OYAMA & NOBRE 2004; NIGUSSIE *et al.*, 2008).

Segundo a Agência Nacional das Águas (Resolução nº. 707/2004 – incisos, II e III, parágrafo 3º, art.8º), o conflito pelo uso da água pode ser de natureza quantitativa e qualitativa, sendo o primeiro caracterizado pela relação entre demandas e a disponibilidade hídrica de uso e o segundo pela relação entre vazões necessárias à diluição de poluentes ou cargas de poluentes e a disponibilidade hídrica.

### 3.2 Impactos das ações humanas sobre a qualidade da água

Aumento do crescimento demográfico, aumento da produção agrícola, aumento da demanda de água. Neste sentido, os números só aumentam e continuam aumentando significativamente; no entanto, os recursos naturais não, e, à medida que crescem as necessidades, os ecossistemas se deterioram. A disponibilidade de água no planeta permanece constante há 500 milhões de anos (REBOUÇAS, 1999); apesar disso, aumentos no consumo, níveis de poluição crescentes, falta generalizada de políticas que orientem minimizar os desperdícios em diferentes escalas, políticas de reuso de água, contribuem para aumentar os problemas de escassez de água vivenciados em várias partes do mundo.

A escassez de água é devido ao crescimento desordenado das demandas e aos processos de degradação da sua qualidade, a partir da década de 1950, com aumento da população mundial, atingindo níveis altíssimos. Estima-se no planeta Terra a existência de aproximadamente 1,4 bilhões de km<sup>3</sup> de água distribuídos nos oceanos (97% de água salgada), em rios, lagos, glaciares e aquíferos (3% de água). Desses 3%, 2/3 são calotas polares e geleiras, sem condições de uso imediato e, provavelmente, se utilizadas, acelerariam as mudanças climáticas globais. O restante, apenas 1%, está disponível para consumo humano de uma população atual de mais de 7 bilhões de pessoas (REBOUÇAS; BRAGA e TUNDISI, 2006).

Em nível global, mais de 1,2 bilhão de pessoas apresentam elevados índices de desnutrição, principalmente crianças; esta mesma quantidade não tem acesso à água potável, elevando-se, assim, os índices de doenças em consequência da má qualidade das águas, ocasionando a morte de milhões de pessoas anualmente (BROWN et al., 2000; CAPELAS JÚNIOR, 2010).

A qualidade da água não se restringe a determinação da pureza da mesma, mas às suas características relacionadas ao uso a que se destina. A qualidade das águas de um corpo hídrico pode sofrer mudanças tanto em suas características físicas, químicas quanto às biológicas (GIRÃO et al., 2007). Tundisi (2003) observa que a qualidade dessas águas se deteriora, constantemente, por consequências das descargas de poluentes que limitam ou até inibem a capacidade de autodepuração. O Brasil, embora incluído entre os países de maior disponibilidade hídrica mundial, em decorrência de seus contrastes, principalmente pelas suas dimensões geográficas e condições climáticas diferenciadas, algumas regiões sofrem problemas graves de escassez de água, como a região semiárida (REBOUÇAS; BRAGA e

TUNDISI, 2006). E, mais recentemente, grandes metrópoles como São Paulo, Fortaleza, Recife, entre outras.

São vários os motivos que podem explicar a escassez de água destinada ao consumo humano, dentre eles estão os lançamentos de poluentes a partir de fontes pontual e difusa. Através do lançamentos de esgotos domésticos e industriais, das práticas abusivas do uso de pesticidas em atividades agrícolas, da pecuária intensiva, dos impactos relacionados com desmatamento, do revolvimento da camada arável do solo, favorecendo os processos erosivos, do escoamento superficial de nutrientes (em especial fósforo), entre outros, favorecem a eutrofização das águas de superfície e a lixiviação de nutrientes para as águas subterrâneas acarretando na sua má qualidade (ONGLEY, 2001; BRITO, 2003).

### 3.2.1 Eutrofização

Esteves (2011) explica o processo de eutrofização (eu = bem; trophos = nutrientes) como sendo o aumento da concentração de nutrientes responsável pelo aumento das populações.

A eutrofização é um processo que consiste em um aumento da concentração de nutrientes na água, principalmente dos compostos ricos em fósforo e nitrogênio. Sendo esses dois elementos os principais macronutrientes na base da cadeia de produtores primários. A eutrofização se expressa com o crescimento abundante da biomassa e de plantas aquáticas que crescem de forma exuberante nas margens desses lagos, açudes ou rios e em alguns se expandem pelo espelho de água; esse crescimento é acompanhado pelo aumento acelerado e abundante do fitoplâncton, em forma de florações ou *blooms*, que são massas flutuantes grandes e densas de algas e cianobactérias que avançam na subsuperfície da água e causam profundas alterações na qualidade da água e de sua biota (BITTENCOURT-OLIVEIRA E MOLICA, 2003).

Quanto a sua origem, o processo de eutrofização pode ser classificado como natural ou artificial, sendo que o natural leva anos para acontecer, partindo da própria dinâmica do ecossistema. O artificial, também chamado de cultural, envolve diversas ações antrópicas como atividades industriais, intensificação da urbanização, despejos de esgotos in natura, entre tantas outras que aumentam as concentrações de nutrientes o que acelera a produtividade dos organismos fotossintéticos. (VOLLENWEIDER, 1965; TUNDISI, 2003).

Smith e Schindler (2009) destacaram a eutrofização cultural como o maior problema da atualidade em corpos de água superficiais, considerando-a como um dos exemplos mais

visíveis das alterações causadas pelo homem à biosfera. Além dos efeitos extensamente descritos causados pelo aporte excessivo de fósforo e nitrogênio em lagos, reservatórios e rios, podem causar: (1) aumento da biomassa do fitoplâncton e de macrófitas aquáticas. (2) aumento da biomassa dos consumidores. (3) crescimento de espécies de algas potencialmente tóxicas. (4) crescimento da biomassa de algas bentônicas e epifíticas. (5) alterações na composição de espécies de macrófitas. (6) aumento da frequência de mortandade de peixes. (7) diminuição da biomassa de peixes e moluscos cultiváveis. (8) redução da diversidade de espécies. (9) redução da transparência da água. (10) gosto e odor e problemas no tratamento de água para abastecimento. (11) depleção da concentração de oxigênio dissolvido. (12) redução do valor estético do corpo de água.

Os efeitos do impacto ambiental da eutrofização cultural, ocorridas nos reservatórios do semiárido favorecem o aumento drástico das populações de cianobactérias e este fenômeno está cada vez mais frequente nos reservatórios paraibanos (BARBOSA *et al.*, 2004; VASCONCELOS *et al.*, 2011).

### 3.2.2 Poluição pontual e difusa

Poluição da água é qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas que possa gerar prejuízo à saúde, bem-estar das populações e, ainda, comprometer a sua utilização para fins agrícolas, industriais, comerciais, recreativos e, especialmente, a existência da fauna aquática (CONAMA, 2005). Entende-se ainda por poluição das águas a adição de substâncias ou de forma de energia que, direta ou indiretamente, que alteram a natureza do corpo d'água de uma maneira tal que prejudique os legítimos usos que dele são feitos (VON SPERLING, 1996).

As fontes de poluição podem ser divididas em fontes pontuais e difusas de poluição. Fontes pontuais são aquelas em que os poluentes pontualmente são lançados de modo concentrado e o meio de transporte dos poluentes pode ser identificado e quantificados, oriundos principalmente de esgotos domésticos ou de industriais. As fontes difusas de poluição, também denominadas fontes não pontuais, são de difíceis quantificação e identificação por não terem um ponto definido de entrada no corpo d'água receptor. Os poluentes são transportados pelo carreamento extenso superficial de áreas urbanas e rurais (BRAILE, 1971; USEPA, 1995; REBOUÇAS, 2006).

Estudos pioneiros como os de Carpenter *et al.* (1998) acerca das fontes difusas de nutrientes nos Estados Unidos, concluíram que 82 e 84% dos lançamentos de  $N_{total}$  e  $P_{total}$  nas

águas superficiais, são oriundas de fontes difusas, em grande escala (acima de 90%) de áreas rurais. Estudos como os de Macleod & Haygarth (2003) na Europa acerca da importância de fontes difusas de fósforo de origem agrícola, concluíram que essas fontes contribuem com 29 a 60% da carga total observada nas águas superficiais das bacias estudadas. No Brasil os estudos estão mais voltados para os efluentes domésticos e industriais pontuais, os agrícolas difusos são ainda poucos quantificados, sendo muitas das vezes incipientes (SPERLING, 2007).

### **3.3 Uso e ocupação do solo sobre a qualidade da água**

O uso e ocupação do solo de forma desordenada pelo homem é um fator agravante da degradação ambiental e desequilíbrio ecológico (MOTA, 1981). Mudanças no uso e na cobertura do solo da bacia tais como o desmatamento de áreas para plantio associado ao uso intensivo de fertilizantes químicos, têm levado a modificações na taxa de escoamento superficial, no transporte de sedimentos e nos fluxos de nutrientes para corpos d'água superficiais (ISMAIL e NAGIB, 2011). A redução da qualidade hídrica está relacionada com a má conservação do solo e com o uso irracional dos recursos naturais (FRANCO, 2008). A agricultura, a criação de rebanhos e a atividade industrial próxima aos reservatórios revertem na alteração da qualidade da água represada, impedindo seu uso para as finalidades originais (CEBALLOS et al., 1997). O estabelecimento de correlações entre o uso e a ocupação dos solos com a qualidade dos recursos hídricos é importante para determinar áreas potencialmente prejudiciais à qualidade da água de determinado manancial.

#### **3.3.1 Agricultura**

A agricultura, um dos principais componentes da economia mundial, contribui de forma cada vez mais acentuada para a degradação da qualidade da água através do lançamento, mesmo que indireto, de poluentes na água, como agrotóxicos, sedimentos, fertilizantes, adubo animal e outras fontes de matéria orgânica e inorgânica. Muitos destes poluentes atingem as fontes de água superficial e subterrânea durante o processo de escoamento e percolação, chamadas de fontes difusas de poluição. Dentre as mais variadas implicações da degradação da qualidade da água, estão o descontrole do ecossistema, a perda

na biodiversidade, a contaminação de ecossistemas marinhos, a contaminação das fontes de águas subterrâneas e mortes provocadas por doenças transmitidas pelo não tratamento da água (MERTEN, 2002). Os agrotóxicos estão entre os principais instrumentos do atual modelo de desenvolvimento da agricultura brasileira, mas devido aos efeitos adversos que podem causar à exposição humana e ao meio ambiente, a preocupação com esses produtos cresce em importância com o aumento das vendas (MARQUES, 2007).

A intensificação quanto ao uso de agrotóxicos, devido às suas propriedades, tem contribuído muito para o aumento do rendimento agrícola e a maior abundância de alimentos. No entanto, pouca atenção foi dada por ocasião do seu aparecimento, principalmente quanto ao aspecto toxicológico e às implicações do seu uso. Segundo Hayes e Laws (1997), em estudos pioneiros, as principais vias de contaminação ambiental por agrotóxicos são aplicação direta na água; lixiviação do solo de áreas contaminadas; contaminação de águas subterrâneas por percolação do solo; liberação de efluentes industriais; usos domésticos e despejos de materiais de descarte.

### 3.3.2 Pecuária

A pecuária, importante fonte econômica, contribui de forma relevante para a poluição das águas. A partir das práticas de culturas, tais como a suinocultura, a caprinocultura, a pecuária de leite e a avicultura. Essas atividades representam um risco à contaminação das águas, logo esses organismos produzem por meio de seus dejetos, altas quantidades de substâncias poluentes produzidas e lançadas ao solo e nos cursos de água (EMBRAPA, 1998). O material produzido por sistemas de criação de são rico em nitrogênio, fósforo e potássio, e seu material orgânico apresenta uma alta DBO<sub>5</sub>. Os problemas causados por essas atividades tendem a crescer no Brasil, devido, principalmente, ao crescimento do consumo interno e da exportação de carne de aves e suínos.

### 3.3.3 Erosão

A formação do relevo que atua na região da bacia do rio Paraíba é caracterizado por altas declividades. Com isso, torna favorável os processos erosivos no solo dessa região. A erosão hídrica do solo pode se manifestar de modo distinto, de acordo com o local onde ela

ocorre; por se constituir no mais importante meio de transporte dos nutrientes das culturas das lavouras para os mananciais de água, é o principal agente de poluição difusa. O entendimento do processo de erosão hídrica do solo é facilitado separando-a em erosão entre sulcos e erosão em sulcos, com base nas características distintas do seu fluxo superficial, as quais controlam a mecânica do processo erosivo em cada uma dessas formas (MEYER et al., 1975). A erosão hídrica, por ser seletiva, preferencialmente transporta os sedimentos mais finos, de menor diâmetro e de baixa densidade, constituídos sobretudo de coloides minerais e orgânicos e normalmente enriquecidos de elementos minerais (BERTOL et al., 2007). Com isso, os ambientes situados fora da área de origem da erosão são degradados pela elevação da carga de sólidos em suspensão carregados, essa degradação associada às grandes áreas de captação das bacias resulta no aumento da turbidez e enriquece o reservatório (eutrofização) com os nutrientes lixiviados para as águas (BERTOL et al., 2007; FREITAS, 2008).

### **3.4 Parâmetros de qualidade de água: Ministério do Meio Ambiente**

No Brasil, a legislação que versa sobre a qualidade da água dos mananciais está regulamentada na Resolução nº 357, de 17 de março de 2005 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), que “dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluente e dá outras providências”.

De acordo com a legislação citada, os corpos de água foram classificados em 13 classes de qualidade, sendo cinco classes de água doce (salinidade <0,5‰), duas classes salinas (salinidade superior a 30‰) e duas salobras (salinidade entre 0,5 e 30‰). A classe "especial" é apta para uso doméstico sem tratamento prévio, enquanto o uso doméstico da classe IV é restrito, mesmo após tratamento, devido à presença de substâncias que oferecem risco à saúde humana.

### **3.5 Bacia do Rio Paraíba: Usos Múltiplos da água**

Em 1997 a Lei federal n.º 9.433, do dia 08 de janeiro, instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos com o intuito de assegurar à atual e às futuras gerações água em qualidade e disponibilidade suficientes através da utilização racional e integrada, da prevenção e da defesa dos recursos

hídricos contra eventos hidrológicos críticos. Para efetivação dos objetivos desta lei foram definidos como instrumentos: os planos de recursos hídricos, o enquadramento, a outorga, a cobrança e o sistema de informação sobre recursos hídricos. Essa legislação reconhece a água como bem de domínio público devendo sua gestão proporcionar e harmonizar usos múltiplos e define a bacia hidrográfica como uma unidade integradora deste cenário.

A Bacia Hidrográfica do rio Paraíba (Figura 1), com uma área de 20.071,83 km<sup>2</sup>, compreendida entre as latitudes 6°51'31'' e 8°26'21'' Sul e as longitudes 34°48'35'' e 37°2'15'' Oeste de Greenwich, sendo a segunda maior do Estado da Paraíba (PARAÍBA, 2007), ocupa 38% do estado e apresenta 38 grandes reservatórios (PERH, 2006). É uma das mais importantes do Estado da Paraíba não somente pelo volume de água que é transportado, mas pelo seu potencial hídrico de aproveitamento para múltiplos usos, principalmente o abastecimento humano. Esta bacia hidrográfica possui uma área de 20.071,83 km<sup>2</sup>, é composta pela sub-bacia do Rio Taperoá e Regiões do alto, médio e baixo Curso do rio Paraíba sendo a segunda maior do Estado da Paraíba, pois abrange 38% do seu território, abrigando 1.828.178 habitantes que correspondem a 52% da sua população total. Considerada uma das mais importantes do semiárido nordestino. Os seus 38 reservatórios distribuídos em sua rede fluvial são de usos múltiplos, principalmente o abastecimento público, principal finalidade seguida da dessedentação animal e piscicultura (AESAs, 2006).

Clima da região é do tipo BSw<sup>h</sup>, o que indica um clima quente e seco com estação chuvosa no verão-outono (KÖPPEN, 1948). De acordo com Vilela & Mattos (1975), a média de precipitação é de 400 mm por ano. Como característica peculiar, os solos são rasos, pedregosos, altamente suscetíveis à erosão e de alto risco de salinização, apresentando baixa capacidade de acumulação de água. O pH varia de neutro a proximidade da neutralidade. A vegetação dominante é a caatinga arbustiva arbórea aberta já quase que totalmente antropizada. Caracterizada como uma floresta de baixo porte com árvores e arbustos com espinhos e microfilia, presente principalmente durante a estação chuvosa.

### 3.5.1 Reservatórios

Reservatórios são ecossistemas aquáticos artificiais, formados a partir do barramento de um rio em uma bacia hidrográfica, esses sistemas dinâmicos são influenciados por diversos fatores dentre eles, os climáticos e hidráulicos, além de fatores físicos, químicos e biológicos.

A construção do açude do Cedro, no Ceará, com capacidade de 126 milhões de metros cúbicos, é obra marcante proposta pela política pública de “combate à seca” no nordeste iniciada na época do Império, por D. Pedro II. Tal proposta objetivou a minimização dos efeitos das estiagens na região nordeste em decorrência do grande impacto social da seca de 1877 – 1879 (MOLLE, 1994). A partir dos anos 40 do século passado, a açudagem foi intensificada com a criação do DNOCS – Departamento Nacional de Obras Contra as Secas. Adotados como as principais fontes de água para usos múltiplos, entre eles o consumo humano, os açudes acumulam água durante as chuvas para usar ao longo dos meses de seca e que as vezes se estendem entre dois ou mais anos de estiagem (ANA, 2013).

Segundo Straskraba e Tundisi (2000) os reservatórios ocupam cerca de 7.500 Km<sup>2</sup> de águas represadas em todo o planeta. Independente do seu tamanho ou de sua forma, esses ecossistemas são utilizados para inúmeras finalidades, como geração de hidroeletricidade, reserva de água para irrigação, reserva de água para potabilização, produção de biomassa alimentícia (cultivo de peixes e pesca intensiva), transporte (hidrovias), recreação e turismo (TUNDISI, 1996; TUNDISI et al., 1999; STRASKRABA & TUNDISI, 1999).

Particularmente na região semiárida brasileira, a qualidade e quantidade da água acumulada nestes mananciais, estão relacionado à alguns aspectos tais como: à distribuição irregular das chuvas, as altas taxas de evaporação, ao uso do solo e das águas, ações antrópicas desordenada nas bacias hidrográficas, além da elevada salinização natural promovida pela geologia regional e baixa capacidade de retenção de umidade dos solos (VIEIRA, 2002).

## **4 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **4.1 Área de Estudo**

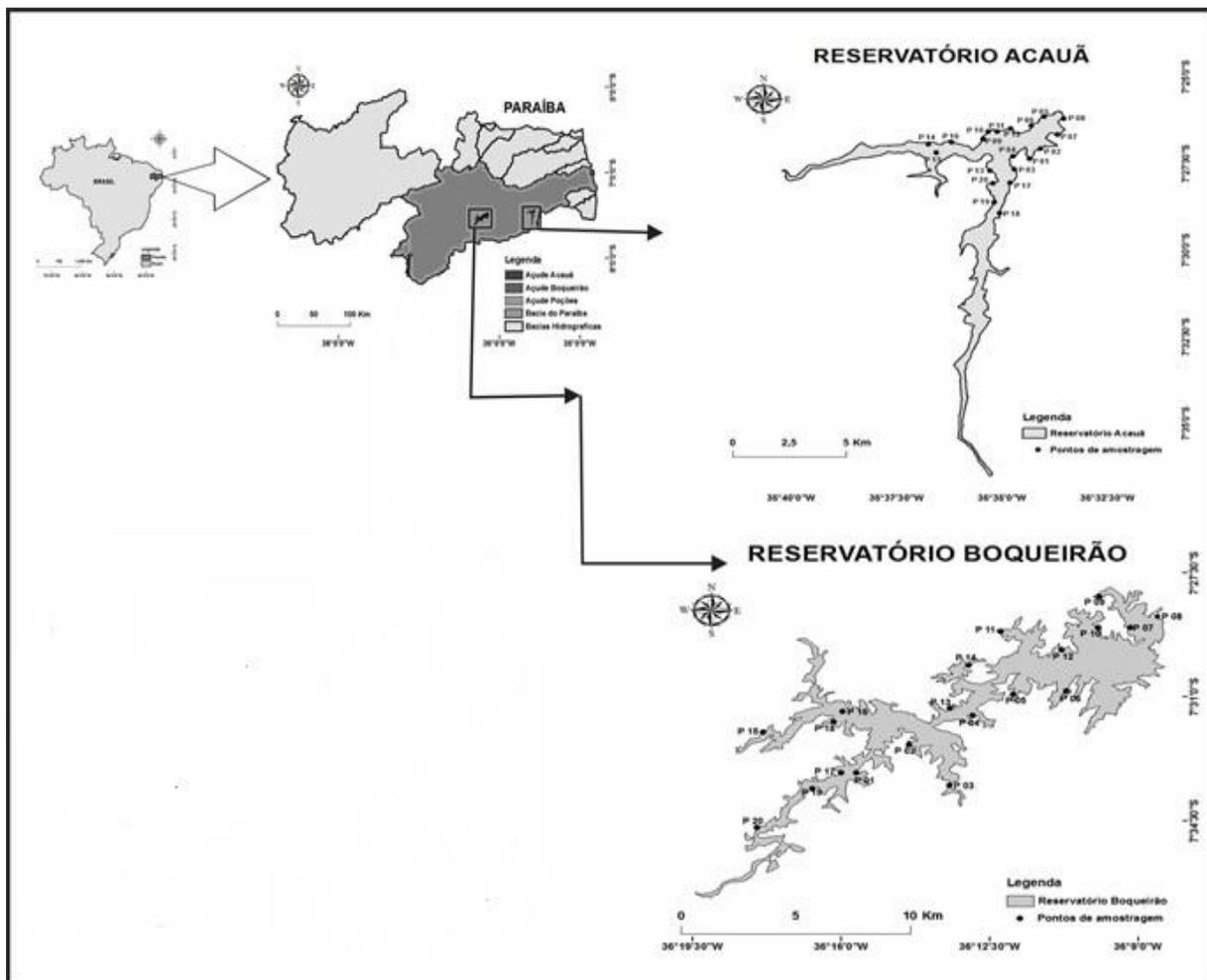
#### **4.1.2 Caracterização da área de estudo**

Os reservatórios estudados estão localizados em série, ao longo do rio paraíba. Trata-se de reservatórios de grande importância social e econômico, já que objetivam uma solução para a problemática da má distribuição de água no semiárido nordestino. No entanto, a qualidade das águas desses mananciais estão cada vez mais comprometidas por ações antrópicas: entrada de efluentes domésticos, cargas de poluentes por atividades agrícolas, fontes oriundas da criação de animais, atividades de pisciculturas em tanques-rede.

Os reservatórios apresentam elevado tempo de residência da água, devido ao ciclo hidrológico, com períodos longos de estiagem, favorecendo a retenção de nutrientes e sedimentos exportados da bacia de drenagem (FREITAS et al., 2011). Segue na tabela I, a localização, capacidade e Espelho d'água dos reservatórios (Tabela 2).

**Tabela 1:** Dados de caracterização dos reservatórios Argemiro de Figueiredo e Eptácio Pessoa, localizados na bacia hidrográfica do rio Paraíba (AESAs, 2013).

<b>Reservatório</b>	<b>Argemiro de Figueiredo</b>	<b>Eptácio Pessoa</b>
<b>Localização</b>	7°27,5'3''S 35°35'52,6''W	7°29'20''S 36°17'3''W
<b>Capacidade m<sup>3</sup></b>	253.000.000	418.088.514
<b>Espelho d'água m<sup>2</sup></b>	1.876.881.569	4.844.315.435
<b>Volume em % Maio de 2014</b>	33,2%	31,9%
<b>Ano de construção</b>	2001	1956
<b>Tempo de residência em anos</b>	3-5	3-5



#### 4.1.2.1 *Reservatório Eptácio Pessoa*

O reservatório Eptácio Pessoa (figura 1), conhecido popularmente como Eptácio Pessoa, é o segundo maior do estado da Paraíba. Situa-se entre as coordenadas 07° 28' 4" e 07° 33' 32" de latitude Sul e 36° 08' 23" e 36° 16' 51" de longitude Oeste, a 420m de altitude, na mesorregião da Borborema, especificamente na microrregião do Cariri Oriental paraibano. Teve sua construção iniciada em 1952 pelo DNOCS (Departamento Nacional de Obras contra as secas), mas só entrou em operação em 1957. Faz parte da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba, formada pelo Alto Paraíba e sub-baciado Rio. Em sua totalidade, o reservatório abrange uma área de 19.088,5 km<sup>2</sup> e banha três municípios: Eptácio Pessoa, Cabaceiras e Barra de São Miguel (AESA, 2007). Segundo a própria AESA (2007), as águas do reservatório são destinadas ao abastecimento, a irrigação, perenização, recreação e turismo. Trata-se de um reservatório de grande importância econômica e social, logo abastece as

**Figura 1:** Reservatórios e pontos de amostragem: Argemiro de Figueiredo e Eptácio Pessoa, localizados na bacia hidrográfica do rio Paraíba. Os triângulos na figura indicam as barragens dos

cidades de Epitácio Pessoa, Campina Grande (segunda maior cidade do estado), Caturité, Queimadas, Galante, São João da Mata, Pocinhos, Santa Terezinha, Riacho de Santo Antônio, entre outros vilarejos e povoados. Atualmente, o açude abastece 26 municípios distribuídos pelas microrregiões do Cariri e do Agreste do estado (RÊGO et al., 2013).

A geologia do local é representada por migmatitos gnáissicos, fundamentalmente xistosos, pertencentes ao embasamento cristalino que apresentam pequenos dobramentos, evidenciando assim a atuação dos esforços tectônicos. Entrecortando esta rocha, ocorrem, na ombreira direita, dois diques de material quartzo-feldspato (DNOCS, 1967).

#### **4.1.2.2 Reservatório Argemiro de Figueiredo**

O reservatório público Argemiro de Figueiredo (Figura 1), mais conhecido como Argemiro de Figueiredo, está localizado no município de Natuba, no limite entre as regiões de médio e do baixo curso do Rio Paraíba, entre as coordenadas geográficas 7°36'51,48'' S, 7°25'47,55'' S e 35°40'31,86'' W, 35°33'1,66'' W. Trata-se de um reservatório relativamente novo, concluído sua obra em março de 2002. É o quarto maior reservatório do estado da Paraíba, possui capacidade máxima de acumulação de 253.142,247 m<sup>3</sup>, profundidade máxima de 40 m e média de 25m (ANA, 2006). De acordo com o Plano Estadual de Recursos Hídricos (AESAs, 2007a) a multifuncionalidade do reservatório atende: abastecimento rural, irrigação, agricultura, piscicultura e dessedentação animal.

O reservatório de Argemiro de Figueiredo visa atender o abastecimento de cidades localizadas na bacia do rio Paraíba entre elas Itabaiana, Salgado de São Felix, Natuba e Itatuba. Trata-se de um dos 121 reservatórios monitorados, integrando à Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba estando situado no limite da região do médio rio Paraíba, é o último barramento em cascata ao longo do rio e em consequência recebe as contribuições de toda a região média da bacia do rio Paraíba e do segundo tributário, o rio Paraibinha, que deságua pela sua margem esquerda (AESAs, 2007). Segundo estudos recentes, mais de 70% da área do estado está antropizada com intenso desmatamento no entorno dos reservatórios que estão ocupados com agricultura irrigada, pecuária e moradias e em suas águas se desenvolvem empreendimentos de piscicultura intensiva e extensiva, e se praticam diversas atividades recreativas; é comum o assoreamento pelo escoamento de terra e lodo, conseqüentemente ocorrem a diminuição da capacidade de acumulação de água, e o aporte de poluentes diversos (agrotóxicos, fertilizantes agrícolas e matéria orgânica de resíduos líquidos e sólidos de origem doméstica e industrial) alteram a qualidade da água, não sendo, portanto, considerados a área do entorno e dos reservatórios Área de Preservação Permanente (APP) (PARAÍBA,

2011). Como resposta aos estresses antropogênicos e ambientais, incluídos os climáticos, os morfométricos a maioria desses ecossistemas estão eutrofizados (VASCONCELOS *et al.*, 2011; BARBOSA *et al.*, 2012).

#### **4.2 Desenho Amostral**

O primeiro passo do trabalho foi a seleção dos 20 pontos de amostragem distribuídos pelos Reservatórios Epitácio Pessoa e Argemiro de Figueiredo (Figura 1), sendo devidamente sorteados aleatoriamente e marcados em GPS. As coletas de água, sedimento e dados físicos foram realizadas na sub-superfície de cada ponto no período de maio de 2014. Para facilitar o estudo do uso e ocupação dos solos próximos aos reservatórios, foram delimitadas diferentes zonas nas margens dos mesmos. As zonas foram delimitadas de acordo com os resultados obtidos a partir da aplicação dos protocolos de habitats físicos, adquiridos a partir do cálculo das métricas de distúrbio antropogênico. Para mensurar as cargas de fósforo nos mananciais aplicou-se o modelo matemático de exportação de fósforo desenvolvido por Bowes *et al.* (2008). O método diferencia a carga de fósforo a partir de fontes pontuais e difusas de poluição.

#### **4.3 Procedimentos analíticos**

Para a análise das variáveis físicas, químicas e biológica foram considerados os conjuntos de valores das variáveis, obtidas em uma única coleta. As variáveis analisadas e os procedimentos analíticos empregados encontram-se na Tabela 3. As amostras foram analisadas no Laboratório de Ecologia Aquática (LEAq) localizado no bloco das Três Marias da Universidade Estadual da Paraíba – Campus I – Bodocongó– Campina Grande - PB, obedecendo às recomendações quanto à integridade das amostras, a sua preservação e prazo para a realização das análises. Tabela 3 – Variáveis analisadas e procedimentos analíticos empregados.

**Tabela 2**– Variáveis analisadas e procedimentos analíticos empregados

<b>Parâmetro</b>	<b>Unidade</b>	<b>Métodos</b>	<b>Referências</b>
<b>pH</b>	---	Sonda multiparamétrica	---
<b>Oxigênio dissolvido</b>	µg/L	Sonda multiparamétrica	---
<b>Alcalinidade</b>	---	titulometria com ácido sulfúrico a 0,02 N	Mackereth <i>et al.</i> , 1978
<b>Temperatura</b>	°C	Sonda multiparamétrica	---
<b>Turbidez</b>	NTU	Sonda multiparamétrica	---
<b>Condutividade elétrica</b>	µS/cm <sup>-1</sup>	Sonda multiparamétrica	---
<b>Amônia</b>	µg/L <sup>-1</sup>	Método do endofenol	AWWA, 2005
<b>Nitrato</b>	µg/L <sup>-1</sup>	Método colorimétrico	AWWA, 2005
<b>Nitrito</b>	µg/L <sup>-1</sup>	Método da sulfanilamida	AWWA, 2005
<b>Ortofosfato</b>	µg/L <sup>-1</sup>	Método colorimétrico	AWWA, 2005
<b>Fósforo total</b>	µgP/L <sup>-1</sup>	Método de digestão com persulfato de potássio	AWWA, 2005
<b>Nitrogênio total</b>	µg/L <sup>-1</sup>	Método de digestão com persulfato de potássio	AWWA, 2005
<b>Clorofila “a”</b>	µg/L	Método de extração do pigmento com acetona a 90%	Lorenzen, 1967
<b>DBO</b>	µg/L <sup>-1</sup>	Dicromato de potássio	AWWA, 2005
<b>DQO</b>	µg/L <sup>-1</sup>	Método colorimétrico	AWWA, 2005
<b>Coliformes totais</b>	NMP/100 ml	Teste com Colilert	AWWA, 2005

#### 4.4 Parâmetros físicos, químicos e biológicos

As amostras de água para análise das concentrações de nutrientes e clorofila-a foram coletadas na sub-superfície da água, em seguida armazenadas em garrafas plásticas e resfriadas até a chegada em laboratório. Em campo (*In situ*) foi mensurada a transparência da água com disco de Secchi, e com auxílio de uma sonda multiparamétrica (Horiba/U-50) foram medidas as variáveis: temperatura (°C), pH, condutividade elétrica (µS/cm<sup>2</sup>), turbidez (NTU), oxigênio dissolvido (mg/L), sólidos totais dissolvidos (TDS) e salinidade (%). Em laboratório foi realizada análise de alcalinidade, por meio do método titulométrico (MACKERETH *et al.*, 1978) e filtragem das amostras com filtros Whatman GF/C. As concentrações de nutrientes dissolvidos foram analisadas de acordo com o Standart Methods for the Examination of Water

& Water (APHA, 2005). As amostras filtradas foram submetidas à análise do íon amônio (N-NH<sup>4+</sup> - método do endofenol), nitrato (N-NO<sub>3</sub> - por redução do cádmio), e nitrito (N-NO<sup>2-</sup> - método da sulfanilamida). Alíquotas das amostras não filtradas foram submetidas à análise de fósforo total e nitrogênio total, por digestão com persulfato de potássio. A determinação da concentração de clorofila-a (Chlo-a) foi obtida por extração com acetona a 90% (LORENZEN, 1967).

#### 4.5 Análise granulométrica e de matéria orgânica

Foram analisadas 40 amostras de sedimento nos reservatórios estudados, coletadas na região litorânea, utilizando-se coletores do tipo core e draga de Eckmann (MUDROCH et al, 1991), sendo 20 amostras coletadas em cada reservatório em maio de 2014. A composição granulométrica foi realizada pelo método de peneiramento, segundo a metodologia de Suguio, 1973, modificado por Callisto & Esteves (1996). As amostras de sedimento foram secas em estufa a 60 °C durante 72 h e em seguida foram fragmentadas e agitadas em peneiras de malhas (16,00; 4,00; 1,00; 0,50; 0,125 e 0,062 mm). As porcentagens de matéria orgânica do sedimento foram determinadas pelo método gravimétrico. Uma alíquota de 0,3g foi calcinada a 550 °C por 4h em forno mufla. Após o procedimento a amostra foi resfriada em dessecador para que não adquirissem umidade e novamente pesada e calculada a diferença entre o peso inicial e após a calcinação.

Conforme a equação abaixo:

$$\% \text{ de Matéria Orgânica} = \frac{(\text{Peso seco g} - \text{Peso após ignição g}) \times 100}{\text{Peso Seco g}}$$

#### 4.6 Análise do fósforo do sedimento

A obtenção para as estimativas de fósforos para frações de sedimento seguiu os procedimentos analíticos em APHA (2005), pelo método da ignição com extração a quente, adaptado por Silva (2001). De acordo com os procedimentos pela metodologia sugerida, as amostras passaram por um pré-tratamento: secar o sedimento por 24 horas na estufa a 105°C. Após a secagem, moer o sedimento no almofariz até resultar em pó fino. Após o cumprimento de todas as etapas, foi possível determinar nos extratos, o fósforo, a partir do cálculo:

$$\text{Fósforo (mgP/g)} = \frac{X}{10}$$

Onde: X = concentração do fósforo no extrato analisado mg/P/l.

#### **4.7 Análises microbiológica**

Para a quantificação dos indicadores microbiológicos foi utilizado o sistema Colilert (sistema patenteado por IDEXX Laboratories) que é utilizado para detecções simultâneas, identificações específicas e confirmativas de coliformes totais e *E. coli* em água continental natural ou tratada. O Colilert utiliza nutrientes (açúcares ligados a radicais orgânicos cromogênicos) que fazem com que os microrganismos de interesse presentes na amostra produzam uma mudança de cor (ou fluorescência) no sistema inoculado.

#### **4.8 Demanda Química de Oxigênio (DQO)**

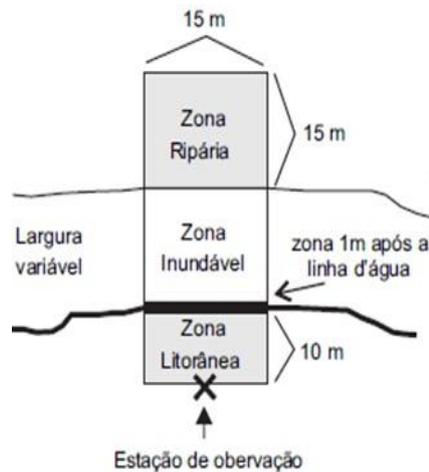
A determinação da Demanda Química de Oxigênio (DQO), mede a quantidade de oxigênio necessária para oxidar quimicamente a matéria orgânica, através de um oxidante forte químico (dicromato de potássio), seguindo o procedimento analítico descrito em APHA (2005).

#### **4.9 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)**

A demanda bioquímica de oxigênio (DBO) mede a quantidade de oxigênio requerida pelas bactérias para estabilizar, em condições aeróbias, a matéria orgânica biodegradável em 5 dias incubadas no escuro (Sawyer *et al.*, 1994). Foi seguido o procedimento analítico descrito em APHA (2005).

#### **4.10 Aplicação do Protocolo de Caracterização de Hábitats Físicos**

O protocolo de qualidade de habitats físicos (Anexo 1) foi aplicado “*in situ*”. Para cada local de amostragem foram aplicados 5 protocolos para cada ponto da amostragem totalizando a aplicação de 120 protocolos. Para a aplicação do protocolo foi utilizada a metodologia determinada pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA, 2012), onde é definida uma área de observação para coleta de dados referentes aos habitats físicos e perturbações humanas. As observações foram extraídas de três zonas: litorânea, inundável e ripária. As medições de cada zona são: zona litorânea 10 m de largura por 15 m de comprimento, zona inundável 15 m de largura com comprimento variável, e zona ripária com 15 m de comprimento por 15 m de largura (Figura 2).



**Figura 2:** Parcelas de amostragem do protocolo de caracterização de habitats físicos (USEPA, 2012)

Os itens avaliados se referem à substrato de fundo na zona litorânea, presença e tipo de macrófitas aquáticas, abrigo para peixes, abrigos potenciais para peixes, dossel da zona ripária e zona inundável, tipo de vegetação rasteira, além de avaliar tipos de influências humanas como: presenças de construções, comércio, rampa/praias artificiais, presença de barcos, linhas de transmissão, muros, diques, lixo ou entulho, rodovias ou ferrovias, plantação de grãos, pastagens, pomar, parque/gramado, entre outras influências humanas que poderiam ser detectadas no momento da amostragem. Para cada item avaliado existem valores que variam de 0 a 4, correspondente ao grau de impacto. Neste trabalho foram utilizados os dados de influência antropogênica na zona inundável e zona ripária para a composição de métricas de distúrbio, de acordo com (KAUFMANN et al., 2011, in press)

#### 4.10.1 Cálculo das métricas de distúrbio na zona inundável e zona ripária dos reservatórios

Os cálculos das métricas de distúrbio antropogênico na zona inundável e zona ripária foram realizados de acordo com a metodologia desenvolvida pela Agência de proteção Ambiental dos Estados Unidos – USEPA (Environmental Protection Agency of the United States), descrita em Kaufmann et al. (2011, in press). Neste trabalho foram utilizados para a composição das métricas os índices de extensão e intensidade do distúrbio humano na zona ripária e zona inundável.

O índice de distúrbio humano na região ripária (RDis\_IX - Shoreline human disturbance index) considera 12 tipos de distúrbios ou de atividades humanas na zona ripária.

Quatro atividades são relacionadas à agricultura (plantação de grãos, pastagem, pomar, parque/gramado) e oito atividades se relacionam a outros tipos de perturbação (construções, comércio, rampa/praias artificiais, docas/barcos, muros/diques, lixo/entulho, rodovias/ferrovias, linhas de transmissão). A métrica de distúrbio é calculada considerando a perturbação, ausente, dentro, ou fora da parcela analisada, onde a perturbação ausente corresponde a 0, a perturbação dentro da parcela recebe peso 1 e a perturbações adjacentes à parcela analisada recebe peso 0,5. Em seguida os valores são ponderados para cálculo final da métrica. O índice que compõe a métrica final (RDis IX) apresenta valores que variam de 0 a 1: menores valores com menor grau de distúrbio e maiores valores, distúrbios mais intensos. A composição da métrica de distúrbio da zona inundável foi calculada de modo semelhante (KAUFMANN et al. 2011, in press). Neste trabalho adotamos a denominação RDis\_IX Rip para a métrica de distúrbio na zona ripária e a denominação RDis\_IX inund para distúrbios na zona inundável.

#### 4.10 Estimativa do Aporte de nutrientes

Foram realizados os cálculos das estimativas do aporte de nutrientes através da estruturação e calibração do modelo Matemático Vollenweider (1976), desenvolvido predominantemente para lagos temperados. Este se apresenta da seguinte forma:

$$P = \frac{L \cdot 10^3}{V \cdot (1 + K_s) \cdot t}$$

Em que: P = concentração de fósforo no corpo d'água (gP/m<sup>3</sup>);

L = carga afluyente de fósforo (kgP/ano);

V = volume da represa (m<sup>3</sup>);

t = tempo de detenção hidráulica (ano);

Ks = coeficiente de perda de fósforo por sedimentação (1/ano).

Vollenweider (1976) obteve o valor de Ks por meio de análise da regressão em função do tempo de detenção na represa. O valor obtido foi:  $KS = 1 / \sqrt{t}$ , contudo Salas e Martino (1991), analisando dados experimentais de 40 lagos e reservatórios da América Latina e Caribe, obtiveram, por análise da regressão, a seguinte relação para Ks:  $KS = 2 / \sqrt{t}$ .

#### 4.11 Análises estatísticas

Os dados foram submetidos à Análise das Componentes Principais (ACP), utilizando-se o software Matlab (Matrix Laboratory). A análise das componentes principais transforma as variáveis originais em componentes principais, ou seja, é uma técnica de transformação de variáveis, em que é investigado se todas as variáveis contribuíram para explicar a variabilidade total dos dados.

Para verificar o agrupamento das métricas de distúrbio na zona inundável (RDis\_IX inun.) e zona ripária (RDis\_IX Rip) em relação aos pontos de amostragem, foi realizada análise de agrupamento. Após a formação dos grupos de pontos de amostragem compostos pelas métricas de distúrbio, foi realizada uma análise PERMANOVA- Análise de Variância Permutacional Multivariável (ANDERSON, 2001; ANDERSON & BRAAK, 2003; ANDERSON et al, 2008), para verificar diferença significativa entre os grupos formados a priori pelas métricas de distúrbio na zona inundável (RDis\_IX inun.) e zona ripária (RDis\_IX Rip).

Para as análises de CLUSTER e PERMANOVA, os dados foram tratados com a distância euclidiana entre os pontos, não foi necessário transformação e normalização dos valores das métricas de distúrbio, porque estes variam entre 0 e 1. Para visualizar os intervalos de valores das métricas de distúrbio e o ponto de corte em relação ao grau de distúrbio, foi gerado um gráfico de dispersão (XY) no Microsoft Excel.

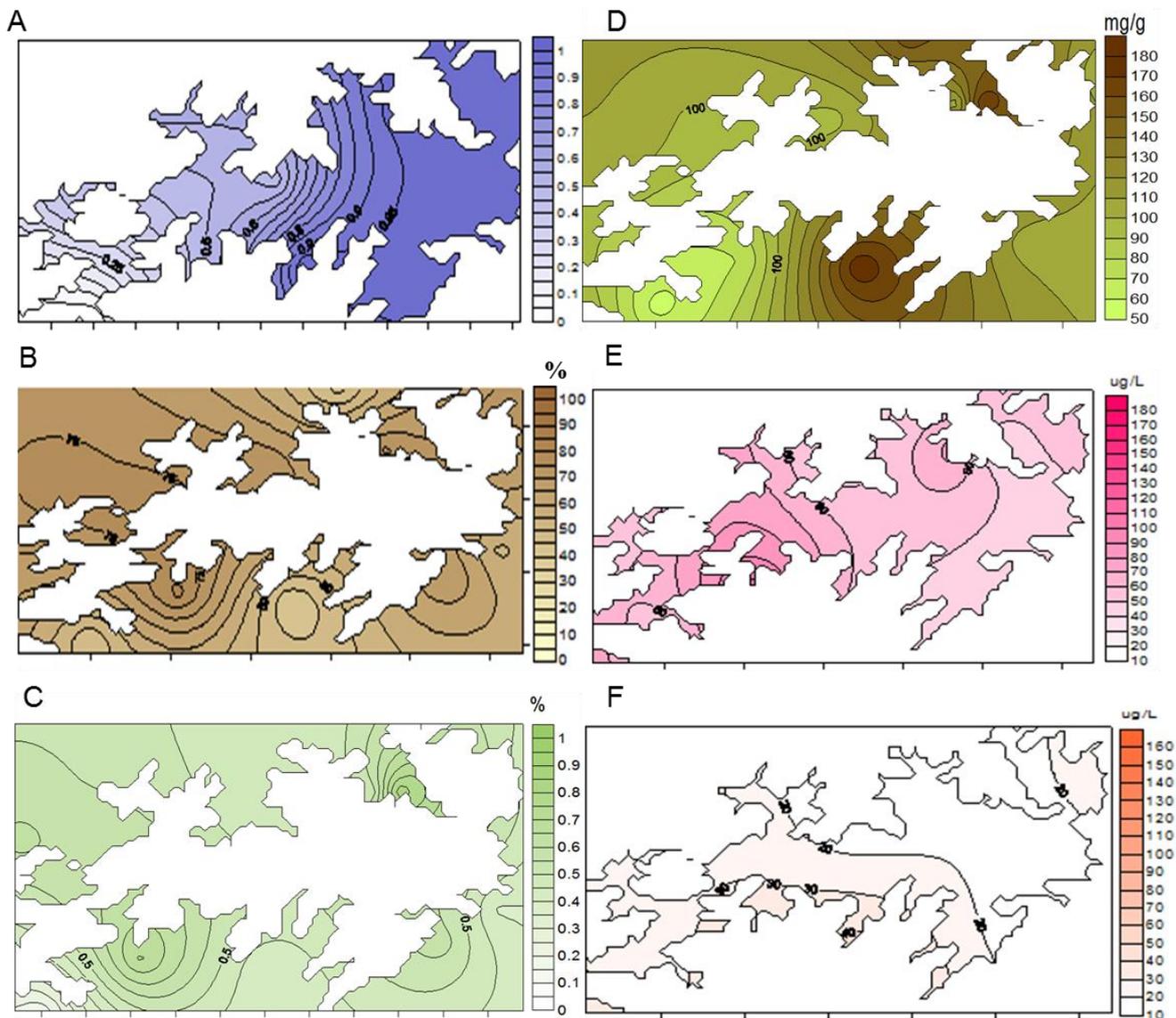
A análise estatística das variáveis físicas e químicas da água foi realizada obedecendo ao agrupamento inicial formado pelos locais de amostragem separados pelos valores das métricas de distúrbio na zona ripária e zona inundável (RDis\_IX Rip. e RDis\_IX inund). Os dados físicos e químicos foram agrupados de acordo com o agrupamento formado pelas métricas de distúrbio, estandardizados e tratados com a distância euclidiana entre os pontos, em seguida foi realizada PERMANOVA para verificar a existência de diferença significativa entre os grupos de pontos de amostragem e as variáveis físicas e químicas da água. No entanto, os dados de granulométrica foram transformados em ACOS para obter valores entre 0 e pi, tendo em vista a padronização dos dados.

## 5 RESULTADOS

### 5.1 Caracterização de Hábitats Físicos e Variáveis Limnológicas

Baseado na caracterização dos habitats físicos, as estações amostrais no reservatório Epitácio Pessoa, foram categorizadas em 4 zonas: Zona I (P7, P8, P9, P12), Zona II (P5, P6, P15, P19), Zona III (P10, P11, P14), Zona IV (P4, P13). A zona I apresentou maiores resultados para as métricas (Figura 3A) sendo a região caracterizada por atividades antrópicas de comércio, habitação e agricultura. Esta região não apresentou vegetação ripária, sendo solos com maior porcentagem de areia grossa (Figura 3B), seguida de silte e argila, e concentrações de matéria orgânica variando de 0,4 a 0,8 (Figura 4B). As estações referentes à Zona II apresentaram métricas similares as da zona I sendo observadas atividades de lazer e comércio e margens pouco florestadas com solos primariamente do tipo arenoso e concentrações de matéria orgânica variando de 0,2 a 0,6. A zona III (métrica 0,4-0,5) destacou-se por apresentar atividades de agricultura em suas margens, com vegetação riparia pouco evidente. Os solos desta zona apresentaram maior proporção de areia grossa, a exemplo das demais áreas e concentrações de matéria orgânica variando de 0,5 a 0,6. A zona IV apresentou valores nulos para as métricas, não sendo observadas atividades antrópicas nas parcelas. Esta zona apresentou vegetação riparia arbustiva e arbórea bem como relevo acidentado com solos arenosos e concentrações de matéria orgânica com média de 0,7 (figura 4C).

Quanto a caracterização limnológica as águas do reservatório de Epitácio Pessoa apresentaram temperatura média de 28,0°C, pH alcalino, elevada condutividade elétrica, bem como elevadas concentrações de sólidos dissolvidos ao longo de todo o reservatório (tabela 4). O nitrato foi a forma nitrogenada inorgânica mais abundante no reservatório (figura 3E), seguido de amônia e nitrito sendo os maiores valores observados para a Zona II (Tabela 4-Figura 3E). A exemplo dos nutrientes nitrogenados, os maiores valores de SRP e fósforo total (Figura 3F) foram observados para a Zona II, bem como coliformes totais, DBO, DQO (Tabela 4). A biomassa algal, estimada através dos valores de clorofila-a apresentou valores variando de 2,66 µg/L (Zona I) a 10,14 µg/L (Zona II). Diferenças significativas foram observadas quanto a distribuição das variáveis limnológicas entre as zonas observadas para a caracterização de habitat (Pseudo F= 2,73; P=0,002).

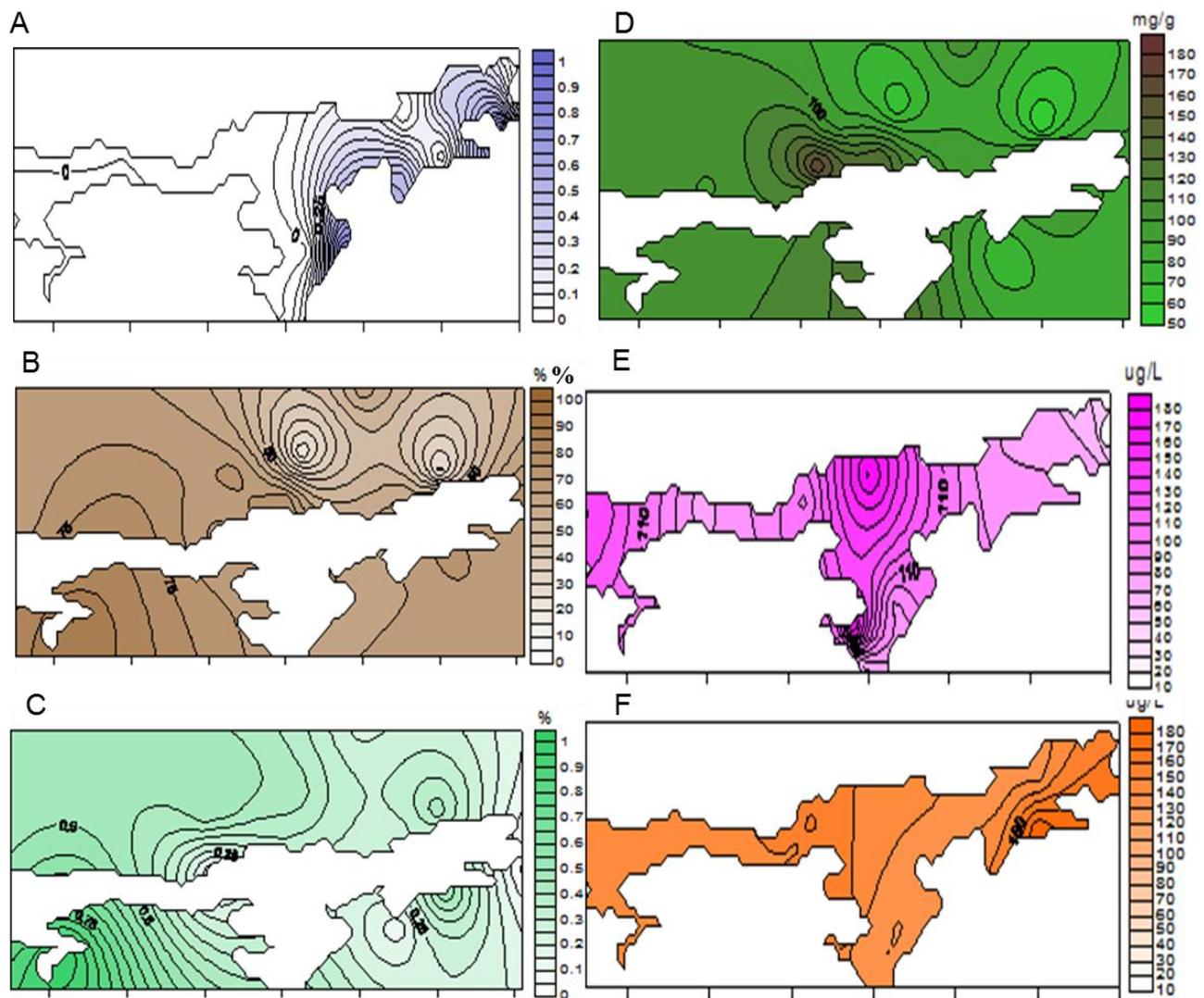


**Figura 3:** Reservatório Epitácio Pessoa - Distribuição dos valores das métricas referente a caracterização de hábitat físico (A), concentração de areia (B), matéria orgânica (C) e fósforo total (D) as margens do reservatório, concentrações de nitrato (E) e fósforo total (F) nas águas do reservatório Epitácio Pessoa em maio de 2014.

**Tabela 3:** Estatística descritiva (média, desvio padrão, valor mínimo e máximo) das variáveis limnológicas para o reservatório Epitácio Pessoa em Maio de 2014.

Variáveis	Zona I					Zona II					Zona III					Zona IV				
	N	Média	±DP	Mín	Máx	N	Média	±DP	Mín	Máx	N	Média	±DP	Mín	Máx	N	Média	±DP	Mín	Máx
Temperatura (°C)	4	27,42	0,14	27,26	27,61	4	27,61	0,23	27,24	27,85	3	27,65	0,14	27,50	27,84	2	28,04	0,04	27,99	28,08
pH	4	8,81	0,37	8,30	9,21	4	9,37	0,34	8,89	9,84	3	9,14	0,05	9,09	9,21	2	9,31	0,38	8,93	9,68
C.E. (mS/cm)	4	1,14	0,00	1,14	1,15	4	1,14	0,01	1,12	1,15	3	1,14	0,00	1,14	1,14	2	1,10	0,03	1,07	1,13
Turbidez (NTU)	4	0,00	0,00	0,00	0,00	4	0,00	0,00	0,00	0,00	3	0,00	0,00	0,00	0,00	2	0,00	0,00	0,00	0,00
STD (µg/L)	4	0,73	0,00	0,73	0,73	4	0,73	0,00	0,72	0,73	3	0,73	0,00	0,72	0,73	2	0,75	0,03	0,72	0,78
Alca (mgCaCo3/L)	4	38,00	1,58	36,00	40,00	4	39,25	3,56	34,00	44,00	3	38,00	2,16	36,00	41,00	2	40,50	4,50	36,00	45,00
Ntotal (µg/L)	4	90,52	5,00	86,28	98,89	4	91,26	9,87	83,02	108,13	3	100,56	6,24	93,89	108,89	2	95,25	15,16	80,09	110,41
PT (µg/L)	4	16,38	6,22	7,00	24,50	4	26,38	16,04	9,50	47,00	3	21,17	12,30	7,00	37,00	2	30,75	3,75	27,00	34,50
N-NO2 (µg/L)	4	2,01	0,08	1,96	2,14	4	1,65	0,39	1,07	2,14	3	1,73	0,17	1,61	1,96	2	2,14	0,71	1,43	2,86
N-NO3 (µg/L)	4	47,60	6,15	43,18	58,18	4	63,13	28,95	42,64	113,00	3	58,42	18,37	43,18	84,25	2	60,86	17,86	43,00	78,71
N-NH4 (µg/L)	4	45,00	15,48	29,00	67,00	4	60,75	17,74	34,00	80,00	3	34,33	2,62	32,00	38,00	2	46,00	12,00	34,00	58,00
SRP (µg/L)	4	4,35	2,15	2,20	6,50	4	21,68	29,04	1,50	71,50	3	2,20	0,00	2,20	2,20	2	2,20	0,00	2,20	2,20
DBO (mg/L <sub>O2</sub> )	4	7,30	1,53	4,80	8,80	4	8,33	1,60	7,10	11,00	3	8,17	0,54	7,40	8,60	2	8,10	1,20	6,90	9,30
DQO	4	14,60	2,82	10,10	17,00	4	14,80	5,02	7,00	21,00	3	12,87	3,43	8,60	17,00	2	11,50	0,50	11,00	12,00
Col. Totais (NMP/100ml)	4	20,00	11,05	10,00	38,00	4	82,00	58,02	22,00	140,00	3	30,67	16,01	10,00	49,00	2	75,00	57,00	18,00	132,00
Clor-a(µg/L)	4	3,95	2,66	1,36	8,36	4	5,75	3,37	1,03	10,14	3	7,07	2,77	3,23	9,63	2	5,35	0,96	4,39	6,30

Para o reservatório Argemiro de Figueiredo, apenas dois grupos diferenciaram-se quanto a caracterização de habitat, sendo a Zona I compostas pelas estações P1, P2, P7, P8 e P5 com métricas variando de 0,8 a 0,9 e zona II (P3, P4, P6, P9, P10, P11, P12, P13, P14, P15, P16, P17, P18, P19 e P20) com valores nulos para as métricas (Figura 4A). A zona I localizadas na região de barragem do reservatório apresentou margens com atividades antrópicas do tipo habitação, comércio, pequenas áreas de agricultura e cultivo de peixes em tanque rede. O solo zona I caracterizou-se por apresentar-se arenoso (Figura 4B) com concentrações de matéria orgânica variando de 0,1 a 0,4 g/kg (Figura 4C). Para a zona II, as margens apresentaram poucos remanescentes de vegetação ripária arbustiva sendo o relevo bastante acidentado com solos arenosos e maior concentração de matéria orgânica quando comparado a Zona I (figura 3C), sem indícios de atividade antrópica.



**Figura 4:** Reservatório Argemiro de Figueiredo - Distribuição dos valores das métricas referente a caracterização de hábitat físico (A), concentração de areia (B), matéria orgânica (C) e fósforo total (D) as margens do reservatório, concentrações de amônia (E) e fósforo total (F) nas águas do reservatório Argemiro de Figueiredo em maio de 2014.

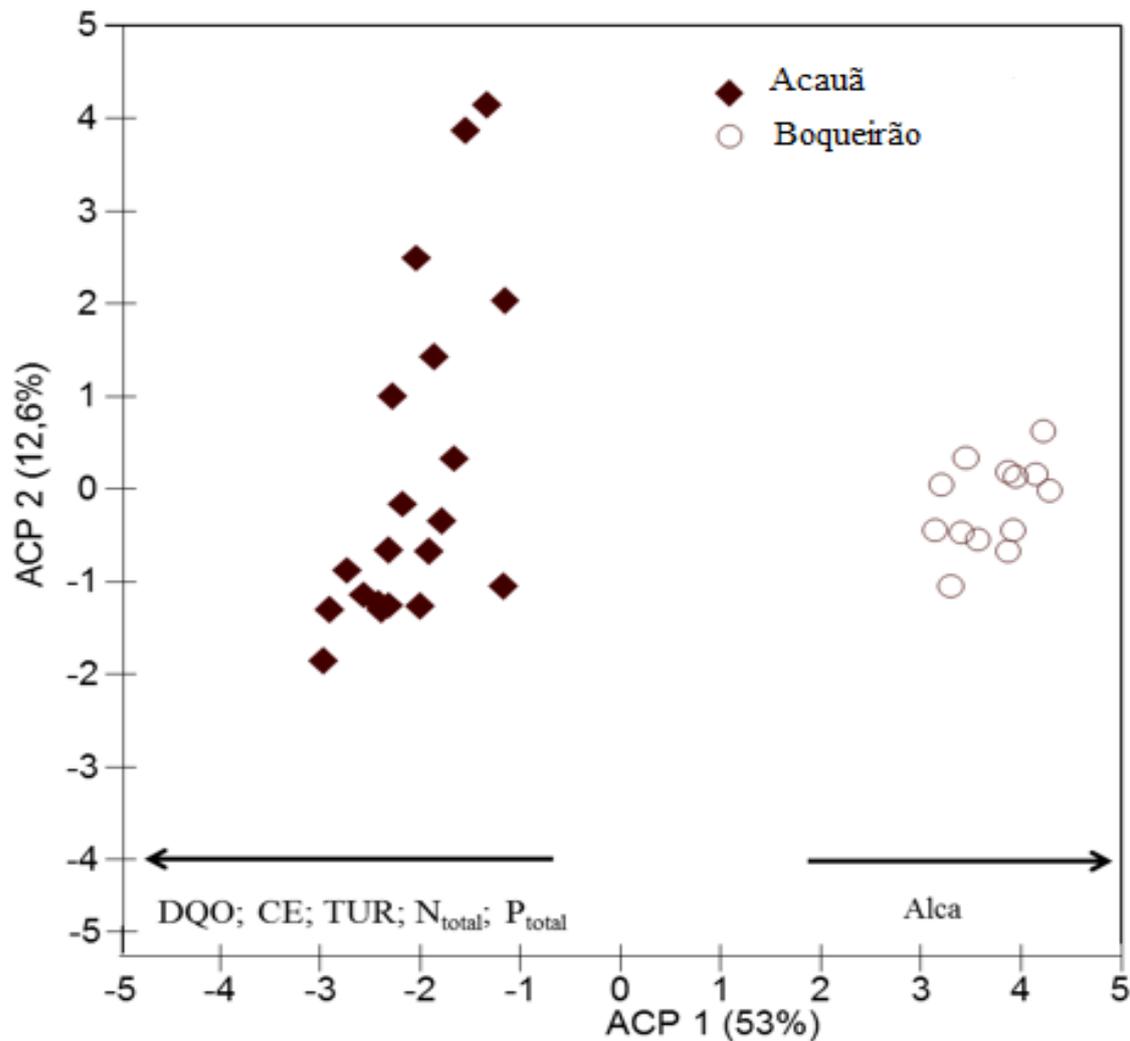
Com relação distribuição das características limnológicas, não foram observadas diferenças significativas entre as zonas (Pseudo  $F = 1,65$ ;  $P=0,068$ ). As águas do reservatório Argemiro de Figueiredo apresentaram temperaturas médias de  $28,3^{\circ}\text{C}$ , pH alcalino (tabela 5), maiores valores de condutividade elétrica, e sólidos totais dissolvidos quando comparados ao reservatório Eptácio Pessoa. A forma nitrogenada mais abundante foi amônia, seguida de nitrato e nitrito, sendo as concentrações das três variáveis maiores para a Zona II. O oposto foi observado para as concentrações de fósforo total e fósforo solúvel visto os maiores valores medidos na zona I (tabela 5). Os valores de DBO e DQO variaram entre 96 até 299  $\text{mg/L}_{\text{O}_2}$  e 153 até 400  $\text{mg/L}_{\text{O}_2}$  respectivamente, com os maiores indícios de poluição orgânica observados para a Zona II bem como maiores valores de coliformes totais na água desta

região. A biomassa algal apresentou valores variando de 4,5 a 59,9  $\mu\text{g/L}$ , sendo a distribuição desta variável homogênea ao longo de todo o reservatório (Tabela 5).

**Tabela 4:** Estatística descritiva (média, desvio padrão, valor mínimo e máximo) das variáveis limnológicas para o reservatório Argemiro de Figueiredo em Maio de 2014.

Variáveis	Zona I					Zona II				
	N	Média	$\pm\text{DP}$	Mín	Máx	N	Média	$\pm\text{DP}$	Mín	Máx
Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	5	28,59	0,16	28,38	28,85	15	28,38	0,37	27,91	29,58
pH	5	9,26	0,15	9,08	9,49	15	8,64	0,40	7,82	9,22
C.E. (mS/cm)	5	1,57	0,00	1,57	1,57	15	1,58	0,00	1,57	1,58
Turbidez (NTU)	5	113,60	9,16	102,00	126,00	15	138,05	119,03	77,40	462,00
STD ( $\mu\text{g/L}$ )	5	1,01	0,00	1,01	1,01	15	0,87	0,35	0,00	1,01
Alca (mgCaCo <sub>3</sub> /L)	5	3,60	0,83	2,60	5,1	15	3,37	0,56	2,30	4,90
Ntotal ( $\mu\text{g/L}$ )	5	184,26	20,25	148,02	209,33	15	180,94	9,25	163,02	197,48
PT ( $\mu\text{g/L}$ )	5	160,90	18,80	134,50	189,00	15	143,17	9,85	129,50	162,00
N-NO <sub>2</sub> ( $\mu\text{g/L}$ )	5	21,57	40,02	1,07	101,61	15	48,54	28,40	0,89	114,64
N-NO <sub>3</sub> ( $\mu\text{g/L}$ )	5	63,43	58,51	29,43	179,96	15	91,13	37,08	25,68	176,21
N-NH <sub>4</sub> ( $\mu\text{g/L}$ )	5	76,20	14,13	50,00	89,00	15	115,00	38,84	61,00	195,00
SRP ( $\mu\text{g/L}$ )	5	20,50	9,17	11,50	36,50	15	38,50	47,20	6,50	146,50
DBO (mg/L <sub>O<sub>2</sub></sub> )	5	131,00	36,16	99,00	201,00	15	186,43	66,04	96,00	299,00
DQO	5	226,16	69,07	153,85	338,46	15	300,12	83,74	153,85	400,00
Col. Totais (NMP/100ml)	5	14,40	9,65	4,00	31,00	15	23,40	20,07	3,00	82,00
Clor-a( $\mu\text{g/L}$ )	5	46,56	9,06	35,45	59,90	15	47,05	4,64	39,50	54,89

A análise dos componentes principais (ACP), resumiu nos dois primeiros eixos 65,6 % a da variabilidade dos dados, sendo 53% para ACP 1 e 12,6% para ACP2 (figura 5). Como critério de seleção das variáveis mais importantes para a formação de cada eixo, foi considerado um gradiente do maior para o menor valor do autovetor, sendo selecionados aqueles que apresentaram menores diferenças entre si. Deste modo DQO, condutividade elétrica, nitrogênio total e fósforo total foram as variáveis mais relacionadas ao semi-eixo negativo do de ACP 1 e alcalinidade no semi-eixo positivo. Considerando a ordenação dos casos, para ACP1 observa-se distinção significativa (figura 5) entre os dois reservatórios, principalmente em relação as concentrações de DQO, condutividade elétrica, nitrogênio total e fósforo total, as quais apresentaram maiores valores para o reservatório Argemiro de Figueiredo.



**Figura 5:** Ordenação resultante da aplicação da análise de componentes principais (ACP) aplicada a matriz de dados limnológicos dos reservatórios Argemiro de Figueiredo e Epitácio Pessoa (DQO – Demanda Química de Oxigênio, CE- condutividade elétrica, N<sub>total</sub>-Nitrogênio total, P<sub>total</sub> – fósforo total, Alca- Alcalinidade).

## 5.2 Aporte Externo de Nutrientes

A partir do modelo de Vollenweider estimou-se as cargas anuais externas de nutrientes carregadas aos sistemas em estudo (tabela 6). O reservatório Argemiro de Figueiredo apresentou aportes de nutrientes externos 3 vezes maior que o reservatório Epitácio Pessoa. Apesar de não serem observadas diferenças significativas quanto a distribuição dos nutrientes nesse reservatório, notou-se maiores concentrações para a Zona II onde localizam-se o aporte de nutrientes da bacia de drenagem do reservatório com a entrada dos rios Paraíba e Paraibinha. As concentrações de PT no sedimento localizado as margens desse reservatório

(figura 4D) apresentaram-se maiores que o reservatório Epitácio Pessoa (figura 5D), contudo sem diferenças significativas.

**Tabela 5:** Estimativa da contribuição externa de nutrientes para os reservatórios Epitácio Pessoa e Argemiro de Figueiredo em maio de 2014.

Reservatório	Concentração de fósforo na água (mg/L)	Tempo de residência (anos)	Volume do reservatório (m <sup>3</sup> )	Aporte de Nutrientes (ton/ano)
Epitácio Pessoa	0,023	3,4	80.664.363	2,5
Argemiro de Figueiredo	0,14	3,2	43.236.275	8,69

A avaliação do grau de trofia dos reservatórios, com base na concentração de P encontrada e de acordo com o quadro estabelecido por Thorton e Rast (1993) demonstra que o reservatório Epitácio Pessoa apresenta características oligo-mesotróficas, contudo o reservatório Argemiro de Figueiredo extrapolou o limite entre eutrofia e hipereutrofia.

## 6. DISCUSSÃO

A garantia da qualidade da água para consumo humano fornecida por um sistema de abastecimento público constitui elemento essencial das políticas de saúde pública. Até meados do século XX, a qualidade da água para consumo humano era avaliada essencialmente através de aspectos estéticos e sensoriais, tais como a cor, o cheiro e o odor. No entanto, este tipo de avaliação foi-se revelando falível em termos de proteção de saúde pública contra microrganismos patogênicos visto que fornecem informações de uma condição momentânea do ambiente (GOULAT & CALLISTO, 2003; VIEIRA, 2005).

Associar a avaliação da qualidade de água com a avaliação das formas de contaminação da mesma torna-se imperativo, uma vez que permite além da ação de caracterização, uma análise detalhada para construção de medidas de gestão e remediação as fontes causadoras de poluição

Contudo, as ferramentas de identificação e quantificação de fontes causadoras de poluição são de difícil aplicação, visto o elevado rigor matemático e necessidade de aparatos e cálculos de constantes hidráulicas tornam a estimativa complexa de ser utilizada diariamente.

Neste estudo, os protocolos de hábitat físico, desenvolvidos pela agência americana de Proteção Ambiental, foram testados como ferramenta de caracterização de impactos nas

margens dos reservatórios, entretanto, os resultados obtidos foram poucos satisfatórios. O reservatório Epitácio Pessoa apresentou maiores valores de métricas sendo por isso, caracterizados como mais impactados que o reservatório Argemiro de Figueiredo, o que não reflete o real estado de qualidade das águas dos mesmos. Tais protocolos apresentaram-se viáveis para avaliação de fontes difusas de poluição, mas restritos quanto as opções a serem marcadas. Além disso, a área de alcance das parcelas de observação recomendada foi pequenas, Lins (dados não publicados), durante estudos de caracterização do impacto da construção da barragem Argemiro de Figueiredo sobre a população, observou a presença de várias comunidades no entorno da Barragem, as quais não tem qualquer tipo de saneamento básico e que tem seus despejos domésticos lançados nas águas da barragem, o que constitui uma fonte pontual de poluição. Além disso, atividade de piscicultura intensiva nas águas do manancial é amplamente reportada (VASCONCELOS et al., 2011), contudo, as métricas não quantificam essa prática, que também refere-se a uma fonte pontual de poluição. Os solos arenosos e a dificuldade, em função do relevo acidentado (dados visualizados) funcionam como barreira de ocupação das margens dos mesmos o que dificulta a instalação de fontes difusas de poluição em suas margens.

Segundo Mansor et al (2005) as atividades agrícolas e agropecuárias no semiárido, geralmente, dominam a emissão de nutrientes nos corpos aquáticos pelas fontes difusas e são as maiores emittentes de material particulado (solo) que assoreia rios e reservatórios. Na área rural visto à drenagem pluviométrica de solos agrícolas e ao fluxo de retorno da irrigação, sendo associada aos sedimentos carregados quando há erosão do solo, aos nutrientes nitrogênio e fósforo e aos defensivos agrícolas. Nos sistemas em estudo, todas as porcentagens de matéria orgânica foram inferiores a 10% nas amostragens, sendo, portanto, caracterizados como mineral ou inorgânico (Esteves,1988), logo apresentam pouca influência quando carregados como fonte difusa de poluição para água. Em reservatórios do semiárido o *input* P e N ocorre em esporádicos episódios, as chuvas nem sempre atuam como carreadora de nutrientes, uma vez que a bacia de drenagem caracteriza-se por ser pobre em matéria orgânica (ECKERT et al., 2003).

Os modelos matemáticos usados demonstraram maior aporte de nutrientes para o reservatório Argemiro de Figueiredo, o qual pode ser considerado primariamente de fontes pontuais de poluição.

As maiores cargas de nutrientes observadas no reservatório Argemiro de Figueiredo, bem como predominância de amônia como forma de nitrogênio orgânico pode ser reflexo da atividade de piscicultura intensiva no reservatório. O cultivo de tilápia em tanques redes é um

importante fator relacionado ao crescimento das concentrações de nutrientes e clorofila-a e redução da luminosidade na coluna de água. Essa atividade é uma importante fonte antropogênica de impactos no reservatório (STARLING et al. 2002; LAZZARO et al. 2003), justamente pela liberação de substâncias dissolvidas ou em suspensão nos efluentes, o que ratifica a elevada condutividade elétrica no sistema, bem como maiores valores de sólidos totais dissolvidos. Partículas inorgânicas suspensas em reservatórios de zona semiárida podem levar a elevadas concentrações de fósforo particulado na coluna de água. Estudos em reservatório do sudeste da África contudo, têm confirmado que uma grande porcentagem do fósforo particulado é biologicamente viável para o fitoplâncton (THORNTON & RAST, 1986). Nota-se que a Zona I, onde são observados os maiores impactos apresentam menores teores de nutrientes, contudo pode ser indicativo de consumo pelas comunidades planctônicas e microbiológicas.

A ordenação dos casos da ACP ratificam as diferenças significativas entre os dois reservatórios, que se traduzem na qualidade de água dos mesmos. Utilizando-se a resolução CONAMA/2005, para águas de abastecimento os dois sistemas são classificados como águas do tipo I, II e III. O reservatório Epitácio Pessoa pode ser classificado como de Classe I quando observadas as variáveis as concentrações de nutrientes nitrogenados e fosfatados, classe II quando considerados os teores de clorofila-a e classe III quando consideradas a DBO e DQO, já o reservatório Argemiro de Figueiredo, em função de águas com elevadas cargas de nutrientes fosfatadas, clorofila-a, DBO, DQO é classificados em Classe III, no período medido.

Assim como é difícil identificar fontes pontuais e difusas de poluição classificar a qualidade de água é uma tarefa difícil, visto que a legislação vigente é confusa quanto aos critérios, bem como a forma de avaliação dos mesmos. Os muitos parâmetros sugeridos e a dificuldade de consolidação de todos, em especial pelas agências de fomento que não nos fornece um panorama claro em relação ao real estado da água. Em sistemas semiáridos, este problema se intensifica, visto que as parametrizações usadas são baseadas em estudos de reservatórios temperados ou subtropicais, não nos sendo consideradas particularidades climáticas que influenciam a dinâmica dos ecossistemas nessa região. Thornton & Rast (1993) propuseram que concentrações superiores a 60 µg/L de fósforo total e 12 µg/L de clorofila *a* são indicativas de um estado eutrófico em reservatórios de zonas semiáridas, pois nesses ambientes a biomassa de algas seria mais limitada por luz do que por fósforo. Partindo-se desse princípio, o reservatório Argemiro de Figueiredo é considerado eutrófico e o reservatório Epitácio Pessoa Oligo-Mesotrófico.

A garantia da qualidade da água para consumo humano fornecida por um sistema de abastecimento público constitui elemento essencial das políticas de saúde pública. Até meados do século XX, a qualidade da água para consumo humano era avaliada essencialmente através de aspectos estéticos e sensoriais, tais como a cor, o cheiro e o odor. No entanto, este tipo de avaliação foi-se revelando falível em termos de proteção de saúde pública contra microrganismos patogênicos e contra substâncias químicas tóxicas presentes na água. Tornou-se, assim, imperativo estabelecer normas paramétricas que traduzissem, de forma objetiva, as características das classes que deveria obedecer uma água destinada a consumo humano (VIEIRA, 2005).

No Brasil, a normatização da qualidade da água para consumo humano é iniciada na década de 1970. A primeira norma de potabilidade foi criada no Brasil pelo decreto federal nº 79.367 de março de 1977, que estabeleceu do Ministério da Saúde sobre a definição do padrão de potabilidade da água para o consumo humano, ser observado em todo território nacional, através da portaria nº 56 Bsb, publicada em 14 de março de 1977. Entretanto, a implementação de um programa de vigilância da qualidade da água só ocorreu a partir da criação do Sistema Nacional de Vigilância Ambiental em Saúde em 1999, e da publicação da portaria 1.469 em 2000.

Tornar efetiva a participação do poder público, setor privado e as comunidades na gestão participativa de vigilância da qualidade da água é um desafio. Já que o entendimento de participação dos gestores e técnicos, tem sido o de meramente informar a população e os conselhos de saúde e meio ambiente, sobre a qualidade da água, de forma assimétrica e passiva, por meio de relatórios mensais, que registram um determinado estado qualitativo passado, muitas das vezes insuficiente para prevenção de doenças, já que foi consumida pela população. Sendo assim, quando ocorre a tomada de decisão, que por sinal acontece de forma centralizada, já se tem excluído a sociedade do processo decisório.

As normas de potabilidade têm se apresentado como um instrumental técnico-jurídico elaborado pelas autoridades sanitárias, com o apoio de instituições técnico-científicas, a ser cumprido pelos órgãos de fiscalização e vigilância do setor saúde e pelas empresas públicas e privadas de abastecimento de água (FREITAS, et al, 2005). Entretanto, segundo os mesmos autores, a simples existência de normas reguladoras não assegura a certificação e a manutenção de padrões de qualidade para os domínios sanitário e econômico. Esse conjunto de valores normativos e o seu cumprimento como lei precisam ser continuamente discutidos por toda a sociedade civil, pelos gestores públicos e o meio científico, a fim de que se assegure uma maior amplitude e legitimidade do processo.

Diante do exposto, os desafios que se colocam para a vigilância da qualidade da água, não somente como proposta racionalizadora das ações do Estado, mas como prática sanitária de vigilância em saúde que tenha como perspectiva incorporar a promoção e a proteção da saúde ao conjunto de medidas, atendendo ainda às seguintes diretrizes: geração de dados, análise e disseminação; descentralização; intersetorialidade e principalmente a participação da sociedade.

Por outro lado em âmbito da qualidade de água para o consumo humano, faz-se necessário um desenvolvimento de metodologias com fins para operação e manutenção dos sistemas de tratamento de água para o abastecimento público, sendo necessário a existência de um sistema de informações quantitativas por parte dos órgãos responsáveis pelas políticas públicas saneamento e saúde pública, de modo a fornecer e garantir a qualidade da água para o consumo humano de forma mais efetiva. Os critérios de avaliação devem ter um nível de confiança de modo que a qualidade da água esteja de acordo com as leis ambientais e sanitárias vigentes (MARQUES, 2007). Não foram detectados na literatura, órgãos locais que desenvolva ações semelhantes como as citadas.

Assim, faz-se necessários amplos estudos e desenvolvimento/adaptações de protocolos que considerem a dinâmica dos sistemas e funcionem como norteadores a tomada de decisão, gestão e remediação da qualidade de água dos sistemas.

## **7. CONCLUSÕES**

- As ferramentas utilizadas como teste para detectar as fontes pontuais e difusas de poluição não foram muito satisfatórias.
- No reservatório Epitácio Pessoa, as fontes de poluição visualizadas caracterizaram-se primariamente como difusas, visto a não observância de fontes pontuais.
- A partir dos resultados obtidos mensurar a entrada de fósforo através das fontes pontuais e difusas na água, os resultados constataram, que os ambientes estão relativamente impactados, podendo estarem susceptíveis a descargas nutrientes e contaminantes.
- Sugere-se estudos mais exploratórios nos ecossistemas estudados, já que os resultados apresentados pode-se identificar locais com melhores condições ambientais e locais mais perturbados, o que deve ser considerado na gestão e manejo desses ecossistemas artificiais, sendo primordial a manutenção de seu estado ecológico, já que ocorre a gradativa redução de ambientes naturais.

## 8. REFERÊNCIAS

AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas. Disponível em: <[www.aesa.pb.gov.br](http://www.aesa.pb.gov.br)>  
Acesso em: 10 de março, 2013.

AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. Dados Sobre Perímetro e Geoprocessamento. 2006/2007/2008/2009. Disponível em: <http://geo.aesa.pb.gov.br/>. Acessado em 10-08-2006.

ANA – Agência Nacional de Águas. “A Evolução da Gestão de Recursos Hídricos no Brasil”, Ed. ANA, 64p, 2002.

APHA - American Public Health Association. 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20 ed. American Public Health Association. 1220 p.

ARAÚJO. J. C. Recursos hídricos em regiões semiáridas: estudos e aplicações. Instituto Nacional do Semiárido (INSA). Cap. 2. Págs. de 30 – 39. Campina Grande-PB. 2012.

BARBOSA, J.E.L.; MEDEIROS, E.S.F.; BRASIL, J.; CORDEIRO, R.S.; CRISPIM, M.C.B.; SILVA, G.H.G. Aquatic systems in semi-arid Brazil: limnology and management. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 24: 103-118p. 2012.

BRANCO, S. M., 1999. Aspectos institucionais e legais do controle da poluição. In: *Hidrologia Ambiental* (R. L. L. Porto, org.), pp. 349-373, São Paulo: Associação Brasileira de Recursos Hídricos/Edusp.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. Manual prático de análise de água / Fundação Nacional de Saúde – 4. ed. – Brasília : Funasa, 2013. 150 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano/ Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. – Brasília: Ministério da Saúde, 2006.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 518, de 25 de março de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Diário Oficial da União: República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 26 mar. 2004. Seção 1, p. 266-270.

BEECKMAN, T.; Caemelbeke, K. (Ed.) (1998). Populations: Natural and Manipulated, Symposium organized by the Royal Society of Natural Sciences *Dodonaea*, University of Gent, 29 October 1997. *Biologisch Jaarboek (Dodonaea)*, 65. Koninklijk Natuurwetenschappelijk Genootschap Dodonaea: Gent. 1-257 pp.

BERTOL, I.; ENGEL, F.; MAFRA, A.L.; BERTOL, O.J. & RITTER, S. Phosphorus, potassium and organic carbon concentrations in runoff under different soil tillage systems during soybean growth. *Soil & Till. Res.*, 2007.

BITTENCOURT-OLIVEIRA, M. C.; MOLICA, R. Cianobactéria invasora. *Revista Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento*, ed. 30, p. 82 - 90, jan/jun, 2003.

BRIGANTE, J.; Espíndola, E. L. G.; *Limnologia fluvial*, RiMa: São Carlos, 2003.

BOWES, M. J., Smith, J. T., Jarvie, H. P., and Neal, C.: Modelling of phosphorus inputs to rivers from diffuse and point sources, *Sci. Total Environ.*, 395, 125–138, doi:10.1016/j.scitotenv.2008.01.054,2008.

BROWN, L.; FLAVIN, C.; FRENCH, H. Estado do mundo 2000. Tradução H. MALLETT. Salvador: UMA Editora, 2000. 288 p.

CARPENTER, S.R.; Caraco, D.L.; Correll, R.W.; Howarth, R.W.; Sharpley, A.N. and Smith, V.H. (1998). Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen. *Ecological Applications*. 8 (3), 559-568.

CAPELAS JUNIOR, A. O azul da terra. *Revista Super Interessante: ecologia*. São Paulo, p. 28-33, abr./jun. 2001.

CEBALLOS, B. S. O.;KÖNIG, A.;DINIZ, C. R.; WATANABE, T.; MISHINA, S. V. Variabilidade da qualidade das águas de açudes nordestinos. In: *Anais do 19-congresso da abes, foz do iguaçu/paraná -brasil*, 1997.

CETESB. Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo - 2001. Secretaria do Meio Ambiente. Série Relatórios: São Paulo, SP. v.1. <[http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/agua\\_geral.asp](http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/agua_geral.asp)>, 06/06/2013.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA. Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente 357/05. p. 280-303, 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>>. Acesso em: 03 abr. 2014.

CORDEIRO-ARAÚJO, M.K. et al. Dinâmica fitoplanctônica relacionada às condições ambientais em reservatório de abastecimento público do semiárido brasileiro. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, Brasil, v. 5, n. 4, p.592-599, 2010.

DATSENKO, I. S.; Santaella, S. T.; Araújo, J. C. de. Peculiaridades do processo de eutrofização dos açudes da região semi-árida. In: Congresso Brasileiro de Saneamento e Engenharia Ambiental, 20, 1999, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: ABES, 1999.

DNOCS – Departamento Nacional de Obras Contra as Secas. Disponível em: <http://www.dnocs.gov.br/>. Acesso em 10 de março de 2014.

ESTEVES, F. <sup>a</sup> (1988). Fundamentos de limnologia, Rio de Janeiro, - Editora Interciência Ltda – FINEP. 574p.

ESTEVES, F. A. Fundamentos de Limnologia. 3 ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011.

FREITAS, F.R.S., RIGHETTO, A.M., ATTAYDE, J.L., 2011. Cargas de fósforo total e material em suspensão em um reservatório do semi-árido brasileiro. O ecologia Australis 15, 655-665.

FREITAS. M.B; FREITAS. C.M. A vigilância da qualidade da água para consumo humano – desafios e perspectivas para o Sistema Único de Saúde. Ciênc. saúde coletiva vol.10 no.4 Rio de Janeiro Oct./Dec. 2005.

FRANCO, R. A. M. Qualidade da água para irrigação na microbacia do córrego do coqueiro no noroeste paulista. Dissertação de mestrado. Universidade Estadual Paulista -UNESP campus ilha solteira. 2008.

PETER H. Gleick 1998. WATER IN CRISIS: PATHS TO SUSTAINABLE WATER USE. *Ecological Applications* 8:571–579. [http://dx.doi.org/10.1890/1051-0761\(1998\)008\[0571:WICPTS\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1890/1051-0761(1998)008[0571:WICPTS]2.0.CO;2)

HAUPT, Jaqueline Patrícia de Oliveira. Metodologia para avaliação do potencial de produção de poluição difusa: estudo de caso da bacia do rio Jundiaí/ J.P.O. Haupt. -- ed.rev. -- São Paulo, 2009, 126 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária.

KAUFMANN, P.R., HUGHES, R.H., WHITTIER, T.R., BRYCE, S.A., SEELIGER, C.W., PAULSEN, S.G., 2011. Lake Shore and Littoral habitat Structure: Precision and Biological Relevance of Field Survey Method. Submetido a JNABS.

KARR, J.R., 1999. Defining and measuring river health. *Freshw. Biol* 41, 221–234.

KÖPPEN, W.; Geiger, R. (1948). *Klimate der Erde*. Gotha: Verlag Justus Perthes. Wall-map 150cmx200cm.

LEPRUN, J.C. Manejo e Conservação de solos do Nordeste. Relatório de fim de Convênio de Manejo e Conservação do Solo do Nordeste Brasileiro (1982-83). Sudene-Orstom. Recife, 271 p., 1983.

LORENZEN, C. J. Determination of chlorophyll and phaeopigments: spectrophotometric equations. *Limnology and Oceanography*. 12: 343-346. 1967.

LIBÂNIO, M. Fundamentos de qualidade e tratamento da água. Campinas-SP: ed Átomo. 3a. ed 2010.

LIGEIRO, R., HUGHES, R.M., KAUFMANN, P.R., MACEDO, D.R., FIRMINO, K.R., FERREIRA, W.R., OLIVEIRA, D., MELO, A.S., CALLISTO, M., 2013. *Ecological indicators* 25, 45-57.

LIMA, V. L. A., Drenagem agrícola no manejo dos solos afetados por sais. In: *Manejo da Salinidade na Agricultura: Estudos Básicos e Aplicados*. Fortaleza: INCTSal. 369-381. 2010.

MACLEOD C.; HAYGARTH, P. A review of the significance of non-point source agricultural phosphorus to surface water. *Scope Newsletter, Devon-UK: IGER*, n.51, junho, p.1-10, 2003.

MARQUES, M. N.; Cotrin, M. E. B.; Pires, M. A. F.; Anais do XI World Water Congress – Water Resources Management in the 21st Century, Madrid, Espanha, 2003, CD-ROM.

MARQUES. M.N; COTRIM. M.B; PIRES. M.A.F; FILHO. O.B. Avaliação do impacto da agricultura em áreas de proteção ambiental, pertencentes à bacia hidrográfica do rio ribeira de iguape, São Paulo. Química Nova, v. 30, n. 5, p. 1171-1178, Out. 2007.

MERTEN, G. H.; MINELLA, J. P. (2002) Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para sobrevivência futura. Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável, v. 3, n. 4.n.2, p.217-231, 1992. 200p.

MINISTÉRIO DO ESTADO DA SAÚDE – Portaria 2.914, de 12 de Dezembro de 2011.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS. Política Nacional de Recursos Hídricos: Legislação. Lei n.º 9.984 de 17 de julho de 2000. Brasília, 2000.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS E DA AMAZÔNIA LEGAL. Política Nacional de Recursos Hídricos. Lei n.º 9.433 de 08 de janeiro de 1997. Brasília, 1997.

MUDROCH, A.; MacKNIGHT, S.D.1991. CRC Handbok of. techniques for aquatic sediments sampling. Boca Raton: CRC, 255p.

NIGUSSIE, H.; Poesen, J.; Nyssen, J.; Mitiku, H.; Govers, G.; Verstraeten, G., & Moeyersons, J., (2008). Sediment-bound nutrient export from micro-dam catchments in Northern Ethiopia. Land Degradation and Development 19, 136–152.

NOVOTNY, N., and H. Olem. 1993. Water Quality: Prevention, Identification, and diffuse pollution from agriculture. Water Science and Technology, Great Britain, v.39, n.3, p.1-13, 1999.

NOGUEIRA, B.J. Mecânica dos solos ensaios de laboratório. São Carlos, EESC-USP,1999. p.30-32

NOGUEIRA, V. P. Q. Qualidade da água em lagos e reservatórios. In: PORTO, R. LA L. (Ed.). Hidrologia Ambiental, São Paulo: Universidade de São Paulo, 2003. p. 165-210.

ONGLEY, E. D. Controle da poluição da água pelas atividades agrícolas. Tradução H. R. Ghevy; H.R., F. A. V. Damaceno; L. T. de L. BRITO; Campina Grande: UFPB, 2001. 92 p. (FAO. Irrigação e Drenagem; 55).

OYAMA, M.D. and C.A. Nobre, 2004. A simple potential vegetation model for coupling with the Simple Biosphere Model (SiB). *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 19, n. 2, p. 203-216, 2004.

OYAMA, M.D. e Nobre, C.A. (2004). Climatic consequences of a large-scale desertification in Northeastern Brazil: a GCM Simulation study. *Journal of Climate*, 50, 1718-1730.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE – OMS 2011 - 4ª edição das Guias da OMS sobre Qualidade da Água para Consumo Humano. Disponível em <<http://www.sindcon.com/biblioteca/4a-edicao-das-guias-da-oms-sobre-qualidade-da-agua-para-consumo-humano/>> Acesso em 20 de jan de 2014.

OLIVEIRA, Herison Alves de. Análise do uso e ocupação do solo das margens de um reservatório e a sua influência na qualidade da água. / Herison Alves de Oliveira. – Natal, RN, 2013. 52f.: il. Dissertação de mestrado.

PARAÍBA. Relatório de Auditoria Operacional da Situação Ambiental do Entorno dos Principais Reservatórios Artificiais do Estado da Paraíba. Tribunal de contas do Estado da Paraíba, 2011.

PARAÍBA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. Comitê Rio Paraíba. Disponível em: <<http://www.aesa.pb.gov.br/comites/paraiba/2012>>. Acesso em: abril. 2014.

PLANO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS NA PARAÍBA - PERH 2006. Disponível em: <[http://www.aesa.pb.gov.br/perh/pdf/paginas\\_iniciais.pdf](http://www.aesa.pb.gov.br/perh/pdf/paginas_iniciais.pdf)>, Acesso em 20 de fev de 2014.

PUSCH, P. B. Inventário de Cargas de Metais a Partir de Fontes Difusas de Poluição. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2007.

RAGAB, R., MONTENEGRO, S., 2012. Impact of possible climate and land use changes in semi-arid regions: A case study from North Eastern Brazil. *Journal of Hydrology* 434-435, 55-68.

REBOUÇAS, A. da C.; BRAGA, B, e TUNDISI, J. G. (Orgs.) Águas doces no Brasil – capital ecológico, uso e conservação. 3ª ed. São Paulo: Escrituras, 2006.

SILVA, Salomão Anselmo. Manual de análises físico-químicas de águas de abastecimento e residuárias/ Salomão Anselmo Silva. Rui de Oliveira. – Campina Grande, Paraíba: O Autor, 2001. 266p.

TUCCI, C. E. M. Água no meio urbano. In: REBOUÇAS, A.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. Uso e conservação. 2. ed. São Paulo: Academia Brasileira de Ciências, Instituto de Estudos Avançados, USP, 2002. p. 473-506.

TUNDISI, J. G. Água no século XXI: Enfrentando a escassez. São Carlos: RiMa, IIE, 248p, 2003.

TUNDISI, J. G. Novas Perspectivas para a Gestão de Recursos Hídricos. Revista USP São Paulo, No 70, p .24-35, Junho/Agosto, 2006.

TUNDISI, J.G., 1999. Reservatórios como sistemas complexos: teoria, aplicações e perspectivas para usos múltiplos. In Henry, R. (eds), Ecologia de reservatórios :estrutura, função e aspectos sociais. Botucatu-SP, FAPESP e FUNDBIO 22, 23-27.

TUNDISI, J.G., MATSUMURA-TUNDISI, T., TUNDISI, J.E.M. 2008. Reservoirs and human well being: new challenges for evaluating impacts and benefits in the neotropics. Braz. J. Biol. 68, 1133-1135.

USEPA, 2007. 2011. 2012. National Lakes Assessment Field Operations Manual EPA 841-B-11-003. U.S. Environmental Protection Agency Washington. DC. 332p.

VASCONCELOS, J. F. ; BARBOSA, J. E. L.; DINIZ, C. R.; CEBALLOS, B. S. O. . Cianobactérias em reservatórios do Estado da Paraíba: ocorrência, toxicidade e fatores reguladores. Boletim da Sociedade Brasileira de Limnologia, v. 39, p. 1-20, 2011.

VALDERRAMA, J.C. The simultaneous analisys of total nitrogen and phosphorus in natural waters. Mar. Chem., 10,109-122. 1981.

VOLLENWEINDER, R.A. Scientific Fundamentals of the Eutrophication of Lakes and Flowing water wither Particular Reference to Nitrogen and Phosphurus as factors in Eutrophications. 1964. Paris; OECD (DAS/CSI/68.27).

VOLLENWEIDER, R.A. (1965). Opportunities and grezen elementary models of the material balance of lakes . Archives of Hydrobiology, 66, 1- 36.

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. DESA/UFMG, 234 p, 2005.

SPERLING, M. Von. Poluição de ambientes aquáticos: tendências futuras para os países latino-americanos. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. 27, 2000, Porto Alegre. Anais...Porto Alegre: ABRH, 2000. CD ROM.

STRASKRABA, M., and Tundisi, J.G. (1999). Guidelines of lake management: reservoir water quality management. International lake environment Committee Foundation (ILEC), Kusatsu. 229 p.

WETZEL, R.G.; LIKENS, E. Limnological analyses. 2 Ed. New York: Springer. 391p. 2001.

## **9. ANEXO : Protocolo de caracterização de habitats físicos**

### CARACTERIZAÇÃO DE HABITAT FÍSICOS (frente)

Site ID: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_ Revisado por (iniciais): \_\_\_\_\_

ESTAÇÃO:  A  B  C  D  E  F  G  H  I  J SE A ESTAÇÃO FOI REALOCADA, INDICAR AQUI:

ESTÁ EM UMA ILHA?   
INACESSÍVEL:

LAT: \_\_\_\_\_ LONG: \_\_\_\_\_

PROFUNDIDADE NA ESTAÇÃO (10 m da margem) \_\_\_\_\_ (m) ZONA UTM: \_\_\_\_\_ E: \_\_\_\_\_ N: \_\_\_\_\_

SE O LAGO ESTIVER CHEIO:	SE ESTIVER VAZIO (Natural ou Antropogênico):																																								
Profundidade estimada da linha d'água até a marca do nível normal do lago _____ (m)	Altura vertical da linha d'água até a marca da cheia: _____ (m)																																								
Distância horizontal estimada da linha d'água até a marca do nível normal do lago _____ (m)	Distância horizontal da linha d'água até a marca da cheia _____ (m)																																								
<b>ZONA LITORANEA</b>	Ângulo (ver diagrama abaixo): <input type="radio"/> Plano (<5°) <input type="radio"/> Gradual (5-30°) <input type="radio"/> Íngreme (30-75°) <input type="radio"/> Quase vertical ou negativo (>75°)																																								
Filme na sup.: <input type="radio"/> Ausente <input type="radio"/> Espuma <input type="radio"/> Algal Mat <input type="radio"/> Óleo <input type="radio"/> Outros	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">SUBSTRATO DE FUNDO NA ZONA LITORANEA</th> <th style="width: 50%;">Obs</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Rocha (&gt;4000mm; maior que um carro)</td><td><input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4</td></tr> <tr><td>Matação (250-4000mm; bola de basquete até carro)</td><td><input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4</td></tr> <tr><td>Bioco (64-250mm; bola de tênis até bola de basquete)</td><td><input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4</td></tr> <tr><td>Cascalho (2-64mm; jaboticaba até a bola de tênis)</td><td><input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4</td></tr> <tr><td>Areia (0.06 - 2mm; arenoso entre os dedos)</td><td><input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4</td></tr> <tr><td>Silte, Argila, ou Lama (&lt;0.06mm; não arenoso)</td><td><input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4</td></tr> <tr><td>Madeira</td><td><input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4</td></tr> <tr><td>Orgânico (Pacote de folhas, Detritos)</td><td><input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4</td></tr> <tr><td>Vegetação ou Outros</td><td><input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4</td></tr> </tbody> </table>	SUBSTRATO DE FUNDO NA ZONA LITORANEA	Obs	Rocha (>4000mm; maior que um carro)	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4	Matação (250-4000mm; bola de basquete até carro)	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4	Bioco (64-250mm; bola de tênis até bola de basquete)	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4	Cascalho (2-64mm; jaboticaba até a bola de tênis)	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4	Areia (0.06 - 2mm; arenoso entre os dedos)	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4	Silte, Argila, ou Lama (<0.06mm; não arenoso)	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4	Madeira	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4	Orgânico (Pacote de folhas, Detritos)	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4	Vegetação ou Outros	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4																				
SUBSTRATO DE FUNDO NA ZONA LITORANEA		Obs																																							
Rocha (>4000mm; maior que um carro)	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4																																								
Matação (250-4000mm; bola de basquete até carro)	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4																																								
Bioco (64-250mm; bola de tênis até bola de basquete)	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4																																								
Cascalho (2-64mm; jaboticaba até a bola de tênis)	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4																																								
Areia (0.06 - 2mm; arenoso entre os dedos)	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4																																								
Silte, Argila, ou Lama (<0.06mm; não arenoso)	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4																																								
Madeira	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4																																								
Orgânico (Pacote de folhas, Detritos)	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4																																								
Vegetação ou Outros	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4																																								
0 = Ausente (0%)    1 = Esparço (<10%)    2 = Moderado (10-40%) 3 = Denso (40-75%)    4 = Muito denso (>75%)	0 = Ausente (0%)    1 = Esparço (<10%)    2 = Moderado (10-40%) 3 = Denso (40-75%)    4 = Muito denso (>75%)																																								
<b>Cor</b>																																									
<b>Odor</b>																																									
<input type="radio"/> Preto <input type="radio"/> Cinza <input type="radio"/> Marron <input type="radio"/> Vermelho <input type="radio"/> Outra	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">SUBSTRATO 1 METRO APÓS ÁGUA</th> <th style="width: 50%;">Obs</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td><input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4</td><td><input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4</td></tr> <tr><td><input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4</td><td><input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4</td></tr> <tr><td><input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4</td><td><input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4</td></tr> <tr><td><input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4</td><td><input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4</td></tr> <tr><td><input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4</td><td><input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4</td></tr> <tr><td><input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4</td><td><input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4</td></tr> <tr><td><input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4</td><td><input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4</td></tr> </tbody> </table>	SUBSTRATO 1 METRO APÓS ÁGUA	Obs	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4																								
SUBSTRATO 1 METRO APÓS ÁGUA		Obs																																							
<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4																																								
<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4																																								
<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4																																								
<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4																																								
<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4																																								
<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4																																								
<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4																																								
<b>MACRÓFITAS AQUÁTICAS</b>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">ABRIGO PARA PEIXES</th> <th style="width: 50%;">Obs</th> <th style="width: 50%;">ZONA INUNDÁVEL</th> <th style="width: 50%;">Obs</th> </tr> <tr> <th style="width: 50%;">ABRIGOS POTENCIAIS</th> <th style="width: 50%;">Obs</th> <th style="width: 50%;">Obs</th> <th style="width: 50%;">Obs</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Veg. herbácea aquática ou inundada</td><td><input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4</td><td><input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4</td><td><input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4</td></tr> <tr><td>Madeiras &gt; 0.3 m dia.</td><td><input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4</td><td><input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4</td><td><input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4</td></tr> <tr><td>Madeiras ou arbusto &lt;0.3 m dia. (vivo ou morto)</td><td><input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4</td><td><input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4</td><td><input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4</td></tr> <tr><td>Árvores vivas inundadas &gt;0.3 m dia.</td><td><input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4</td><td><input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4</td><td><input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4</td></tr> <tr><td>Vegetação pendurada acima de 1m</td><td><input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4</td><td><input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4</td><td><input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4</td></tr> <tr><td>Margens escavadas ou lajotas</td><td><input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4</td><td><input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4</td><td><input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4</td></tr> <tr><td>Matação</td><td><input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4</td><td><input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4</td><td><input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4</td></tr> <tr><td>Estruturas humanas - Docas, piers, etc</td><td><input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4</td><td><input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4</td><td><input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4</td></tr> </tbody> </table>	ABRIGO PARA PEIXES	Obs	ZONA INUNDÁVEL	Obs	ABRIGOS POTENCIAIS	Obs	Obs	Obs	Veg. herbácea aquática ou inundada	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4	Madeiras > 0.3 m dia.	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4	Madeiras ou arbusto <0.3 m dia. (vivo ou morto)	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4	Árvores vivas inundadas >0.3 m dia.	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4	Vegetação pendurada acima de 1m	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4	Margens escavadas ou lajotas	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4	Matação	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4	Estruturas humanas - Docas, piers, etc	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4
ABRIGO PARA PEIXES		Obs	ZONA INUNDÁVEL	Obs																																					
ABRIGOS POTENCIAIS	Obs	Obs	Obs																																						
Veg. herbácea aquática ou inundada	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4																																						
Madeiras > 0.3 m dia.	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4																																						
Madeiras ou arbusto <0.3 m dia. (vivo ou morto)	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4																																						
Árvores vivas inundadas >0.3 m dia.	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4																																						
Vegetação pendurada acima de 1m	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4																																						
Margens escavadas ou lajotas	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4																																						
Matação	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4																																						
Estruturas humanas - Docas, piers, etc	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4																																						
<input type="radio"/> Ausente <input type="radio"/> H <sub>2</sub> S <input type="radio"/> Anóxico <input type="radio"/> Óleo <input type="radio"/> Químico <input type="radio"/> Outro	<p>As macrófitas se estendem além da parcela na zona litorânea?</p> <p><input type="radio"/> Sim <input type="radio"/> Não</p>																																								
<b>CLASSES DOS ÂNGULOS DAS MARGENS</b>																																									

Código Obs: K = Amostra não coletada, U = Amostra suspeita, F1, F2, etc. = observação feita pela equipe de campo  
Explique todas as observações na seção de comentários no verso

