

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA

KÁTIA REGINA MIRANDA

INFLUÊNCIA DO USO E OCUPAÇÃO DE SOLO NA QUALIDADE DA  
ÁGUA DE UM RESERVATÓRIO MESOTRÓFICO NA REGIÃO SEMIÁRIDA  
TROPICAL.

NATAL, 2014

KÁTIA REGINA MIRANDA

INFLUÊNCIA DO USO E OCUPAÇÃO DE SOLO NA QUALIDADE DA  
ÁGUA DE UM RESERVATÓRIO MESOTRÓFICO NA REGIÃO SEMIÁRIDA  
TROPICAL.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação  
em Engenharia Sanitária da Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
como requisito à obtenção do título de Mestre em Engenharia Sanitária.

Orientador: Prof. Dr. Arthur Mattos  
Co-Orientadora: Profa. Dra. Vanessa Becker

Natal, 2014

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Universidade Federal do Rio Grande do Norte em especial ao o Programa de Pós-graduação em Engenharia Sanitária pela oportunidade de desenvolver e defender a dissertação de mestrado.

A CAPES pela concessão de bolsa e a FINEP pelo financiamento da pesquisa através do projeto MEVEMUC (Monitoramento da Evaporação e Mudanças Climáticas no Rio Grande do Norte).

Ao LARHISA/UFRN – Laboratório de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, e todos os seus funcionários pela estrutura concedida para realização desta pesquisa.

Aos meus orientadores, professor Arthur Mattos e professora Vanessa Becker, pela orientação, confiança, motivação e paciência ao longo destes anos. Agradeço por me ajudarem no desenvolvimento deste estudo.

Um agradecimento mais do que especial à professora Odete Rocha que no momento onde tudo parecia perdido, surgiu como uma das maiores bênçãos da minha vida para me ajudar com essa pesquisa. Sem ela esse trabalho não seria possível.

Aos meus pais, Luiz Miranda da Silva e Maria das Neves Brandão e meus irmãos Hugo Cesar Brandão de Miranda e Ana Patricia Brandão de Miranda.

Aos meus colegas da turma de mestrado de 2011, pela amizade e momentos especiais que vivemos juntos ao longo da nossa formação.

Aos meus colegas do PPgES da sala de projetos, e em especial os do projeto MEVEMUC , Anderson, Ângela, Anysio , Beto, Conceição, Eduardo, Érika, Hélio, Herison, Iagê, Jurandir, Laíssa, Larissa, Leandro, Luciana, Maricota, Rodrigo, Thársia e Viviane pela ajuda nas coletas, na organização dos dados e nas análises de laboratório. Guardo na memória todos os momentos especiais que vivemos juntos e a amizade que fizemos pra toda a vida.

Ao meu namorado e companheiro Emanuel Diniz Rabêlo, por ter me apoiado e enfrentado comigo os momentos mais difíceis.

**A TODOS VOCÊS MEUS SINCEROS AGRADECIMENTOS.**

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE TABELAS.....	xi
RESUMO.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
APRESENTAÇÃO.....	xiv
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	5
2. 1 ÁREA DE ESTUDO.....	5
2. 2 METODOLOGIAS ANALÍTICAS.....	9
2. 3 CARACTERIZAÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO.....	10
2. 4 ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUA – IQA.....	11
2. 5 ESTATÍSTICA DESCRITIVA DOS DADOS.....	11
3- RESULTADOS.....	12
4 – DISCUSSÃO.....	19
5 - CONCLUSÕES .....	24
6- REFERÊNCIAS .....	25

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Bacia do reservatório Boqueirão Parelhas, em coloração verde, destacando-se as duas principais sub-bacias, a do rio Seridó e do rio das Vazantes. (Fonte: IDEMA, 2007).....6
- Figura 2. Mapa de localização da bacia hidrográfica do reservatório Boqueirão de Parelhas/RN no Brasil e no estado do Rio Grande do Norte (Fonte: Projeto MEVEMUC).....7
- Figura 3. Mapa representando a hidrografia relacionada ao relevo na bacia do rio Seridó, adaptado por Bezerra Jr. (2007) com base no mapa da Embrapa/IDEMA, 2007. Fonte: (BEZERRA JR & SILVA, 2007).....8
- Figura 4. Distribuição espacial dos pontos de coleta no reservatório Boqueirão de Parelhas/RN (Fonte: Projeto MEVEMUC).....9
- Figura 5- Valores mensais de precipitação pluviométrica para o período de estudo (janeiro a dezembro de 2012) e a média histórica para uma série de 50 anos. Fonte:(EMPARN, 2013)..13
- Figura 6. Diagrama de ordenação das variáveis limnológicas pela Análise de Componentes Principais em relação à heterogeneidade espacial (pontos de coleta P1, P2 e P3) e à variação temporal (meses do ano) no reservatório Boqueirão – Parelhas, RN, para o ano de 2012. OD = oxigênio dissolvido; NO<sub>3</sub>= nitrato; NH<sub>3</sub> = amônia;Cl a= clorofila –a; PO<sub>4</sub> = ortofosfato; Turb= turbidez e PT = Fósforo Total.....16
- Figura 7. Variação nos valores de IQA obtidos para o reservatório Boqueirão de Parelhas, RN, no período de janeiro a dezembro de 2012.....17
- Figura 8. Mapa do uso e ocupação do solo da região do entorno do reservatório Boqueirão de Parelhas, município de Parelhas, RN. (Fonte: Projeto MEVEMUC.).....18

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Variáveis físico-químicas no reservatório Boqueirão mensalmente durante o ano de 2012, métodos utilizados e respectivas referências bibliográficas.....10

Tabela 2- Estatísticas descritivas (mínima, máxima, média e desvio padrão) das variáveis limnológicas monitoradas no reservatório Boqueirão de Parelhas/RN, para os períodos seco e chuvoso no ano de 2012. *Parâmetros:* Secchi = Transparência da água; Zeu = Zona eufótica; Cond = Condutividade elétrica; OD = Oxigênio dissolvido; SST = Sólidos suspensos totais; SF = Sólidos suspensos fixos; SSV = Sólidos suspensos voláteis; PT = Fósforo total; FSR = Fósforo solúvel reativo.....14

Tabela 3. Classes de uso e ocupação do solo da região do entorno do Boqueirão de Parelhas e respectivos áreas ocupadas.....19

## **APRESENTAÇÃO**

Este trabalho foi realizado na Universidade Federal do Rio Grande do Norte, no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária, sob orientação do prof. Dr. Arthur Mattos e Co-orientação da prof. Dra. Vanessa Becker.

A pesquisa foi parte integrante do projeto “Monitoramento da Evaporação e Mudanças Climáticas no Rio Grande do Norte”, financiado pela FINEP (processo nº 52009).

A influência do uso e ocupação do solo na qualidade da água de um reservatório mesotrófico na região semiárida tropical é o tema da presente dissertação.

A dissertação foi escrita na forma de artigo científico, contendo resumo, abstract, introdução, material e métodos, resultados, discussão, conclusões e referências bibliográficas.

## RESUMO

Na região semiárida do nordeste brasileiro, os reservatórios de abastecimento são suscetíveis às flutuações sazonais do nível d'água, relacionadas ao ciclo hidrológico da região. A irregularidade dos períodos de chuva e os períodos de seca prolongados favorecem o aumento do processo de eutrofização. Isso ocorre devido à redução do nível da água e concentração de nutrientes. O Boqueirão de Parelhas, localizado no nordeste do Brasil, é um reservatório mesotrófico. Devido a potenciais fontes difusas oriundas do uso e ocupação da bacia, associados ao solo raso do bioma caatinga e a grande vulnerabilidade à erosão. O reservatório se encontra em condições naturalmente susceptíveis a deterioração na qualidade da água. Este trabalho teve como objetivo analisar a influência do uso e ocupação do solo na área de entorno e avaliar a qualidade da água do manancial. Um estudo da área do entorno do Boqueirão, foi realizado, levando em consideração as atividades potencialmente poluidoras realizadas. Variáveis limnológicas foram monitoradas mensalmente em 3 pontos do reservatório afim de avaliar a qualidade da água. Foi evidenciado um evento de seca prolongada, com chuvas abaixo da media histórica no ano de estudo. Pelo índice de qualidade da água, esta foi classificada como “boa” durante todo o ano de 2012. De acordo com o índice trófico adotado o reservatório se caracteriza como mesotrófico. Os principais impactos antrópicos identificados no solo foram: desmatamento arbóreo seletivo, mineração, contribuição difusa de resíduos de atividades agrícolas e pecuária. A falta de precipitação e a degradação da área do entorno, afetam de forma negativa a qualidade da água requerendo controle imediato para evitar degradação do manancial. Apesar de não haver uma atividade poluidora majoritária na região, a somatória de diversas atividades impactantes, a elevada susceptibilidade do solo e o desmatamento seletivo da vegetação de caatinga podem favorecer a aceleração do processo de eutrofização natural do corpo d'água.

Palavras-chave: ocupação do solo, impacto antrópico, qualidade de água, eutrofização.

## ABSTRACT

In the semiarid region of northeastern of Brazil, the reservoirs are vulnerable to water level seasonal fluctuations, they're related to the hydrological cycle. The rain periods are irregular and there are long periods of drought that increases eutrophication process. That happens because of the water level's reduction and nutrient concentration. The Boqueirao, located in northeastern Brazil , is a mesotrophic reservoir. The reservoir is naturally susceptible to deterioration of water quality. This happens because of the potential diffuse sources arising from the use and occupation of the basin, associated with shallow soil caatinga biome and highly vulnerable to erosion. This study aimed to analyze the influence of the use and occupation of the area around and the water quality of the watershed. A study of the area around the Boqueirão was performed, taking the potentially polluting activities. Limnological variables were monitored monthly in 3 points of the reservoir to assess the water quality. Was evidenced an event of prolonged drought, with rainfall below the historical average for the year of study. By the index of water quality, the watershed was classified as " good " during the whole year of 2012. According to the trophic index adopted the reservoir is characterized as mesotrophic. The main anthropogenic impacts identified in the soil were arboreal selective logging, mining, diffuse contribution of residues from agricultural and livestock activities. The lack of precipitation and the degradation of the surrounding area, affect negatively the water quality, requiring immediate control to prevent degradation of the watershed . Although there wasn't a majority polluting activity in the region. The total of several impacting activities, the high susceptibility of the soil and the selective clearing of caatinga vegetation can accelerate the natural process of eutrophication in the water body.

Keywords : land use , anthropogenic impact , water quality , eutrophication .

## 1-INTRODUÇÃO

As zonas semiáridas se caracterizam pela deficiência e/ou irregularidade de chuvas, já que normalmente a evapotranspiração supera a precipitação. Com isso há uma perda de grande parte da água superficial e um alto coeficiente de variação do fluxo anual dos rios, que combinados com a falta de rios perenes e lagos naturais provoca a intermitência de quase toda a rede hidrográfica. Em virtude dessas características naturais as regiões semiáridas acabam por ter um severo problema para a captação e o armazenamento de água potável (SILVA, 2007).

No Brasil o semiárido é caracterizado pelo déficit hídrico, com pouca ou nenhuma formação de aquíferos. Os padrões climáticos da região induzem ao estabelecimento de algumas feições como a formação vegetal composta pela caatinga hiperxerófila. Esse tipo de vegetação é resistente à seca, comum em solos de relevo plano com baixa profundidade e facilmente susceptível à erosão natural (ARAÚJO, 2003).

Com o intuito de abastecer as regiões afetadas pela falta de água, o governo começou a investir em obras contra as secas no semiárido brasileiro. Em 1945 foi criado o Departamento Nacional de Obras contra as Secas – DNOCS, que se dedicou à implantação de uma infraestrutura hidráulica de reservatórios e canais (VIEIRA, 2003). A construção destes reservatórios foi vital para a ocupação e desenvolvimento de atividades econômicas. Além disso aumentou a resistência do homem à seca com o suprimento de água para abastecimento humano, dessedentação de animais, produção agrícola irrigada e desenvolvimento da piscicultura (FREITAS, 2008).

O semiárido do RN apresenta taxas elevadas de evaporação e de evapotranspiração em face dos coeficientes térmicos serem muito altos. Essas características climáticas causam uma alta variabilidade no volume dos reservatórios. Em períodos de estiagem há uma redução da qualidade da água à medida que os nutrientes são concentrados com a perda do volume de água pela evaporação, com conseqüente concentração de íons e em alguns casos moderada salinização (VIEIRA, 1998). Em virtude dos solos serem geralmente rasos e de cobertura vegetal relativamente escassa (OYAMA & NOBRE, 2004), são facilmente erodidos pela ação das fortes chuvas que se concentram em

alguns poucos dias do ano. O resultado da intensa erosão dos solos, associada às grandes áreas de captação das bacias, é a elevação da carga de sólidos em suspensão carregados para os reservatórios, o que aumenta a turbidez. Além disso, também ocorre o enriquecimento do manancial com os nutrientes lixiviados, o que favorece a eutrofização do corpo d'água (FREITAS, 2008; COSTA et al., 2009).

A eutrofização é um fenômeno que ocorre naturalmente nos corpos d'água como um processo lento que pode levar anos para ocorrer, porém esse processo tem sido frequentemente acelerado por ações antrópicas (WETZEL, 2001; ESTEVES, 1998; CARPENTER, 2008). Segundo Tundisi & Tundisi (2008) a eutrofização é um dos mais importantes impactos qualitativos e quantitativos em rios, lagos e reservatórios. Elevadas descargas de nutrientes, principalmente de fósforo e nitrogênio, costumam ser a principal causa da eutrofização. Diversas atividades antrópicas contribuem significativamente para o acúmulo de fósforo e nitrogênio na água. Alguns exemplos são o lançamento de efluentes domésticos e industriais sem tratamento adequado nos corpos d'água, o uso desenfreado de fertilizantes na agricultura e a devastação de matas ciliares. Esse enriquecimento de nutrientes, causado por essas atividades, acelera o crescimento de populações de microalgas e cianobactérias, algumas das quais são produtoras de toxinas (CARPENTER, 2008).

A eutrofização artificial é um dos exemplos mais visíveis das mudanças antrópicas na biosfera, já que afeta os ecossistemas aquáticos do Ártico à Antártica. Entre os efeitos indesejáveis que são gerados estão a elevação nos custos econômicos de tratamento de água e o aumento do risco de doenças adquiridas por via hídrica (SMITH & SCHINDLER, 2009). Além disso, um reservatório eutrofizado pode deixar de ser adequado para usos importantes como abastecimento humano, recreação e piscicultura.

A degradação de um manancial por meio de eutrofização representa uma grande perda à região, não só pelo comprometimento do uso para abastecimento humano, mas também para outros usos diversos realizados nos corpos d'água. Segundo Tundisi (2007) há grandes prejuízos à população e outros seres vivos decorrentes dessa eutrofização, tais como perda da

balneabilidade, do valor estético, da biodiversidade, dos recursos pesqueiros, do potencial turístico, e etc.

No semiárido brasileiro a degradação do corpo d'água ocorre principalmente pelo crescimento não planejado dos municípios e a falta de saneamento básico. O que acelera o processo da eutrofização principalmente em ecossistemas aquáticos como os reservatórios, onde o fluxo e a renovação da água são baixos (MESQUITA, 2009).

A entrada de nutrientes, que leva o manancial a condição eutrófica, pode ocorrer por fontes pontuais ou difusas, sendo as primeiras mais fáceis de identificar, mensurar e controlar. Já as fontes não pontuais são mais difíceis de ter controle e podem estar relacionadas com a atividade agrícola na bacia de drenagem e com a lixiviação do solo causada pelas chuvas, carreando os nutrientes do solo para os corpos d'água (CARPENTER et. al, 1998).

A qualidade da água está intimamente relacionada com o tipo de uso que se faz da mesma e sua deterioração depende, de maneira geral, do tipo de uso e ocupação da bacia hidrográfica (VON SPERLING, 1995).

O uso e ocupação do solo de forma desordenada pelo homem é um fator agravante da degradação ambiental e desequilíbrio ecológico (MOTA, 1981). O desenvolvimento de atividades diversas altera a cobertura vegetal e provoca alteração no ciclo hidrológico natural. Isso ocorre, pois a vegetação original é substituída por áreas impermeáveis. Entre as principais alterações do ciclo hidrológico estão: a redução da infiltração no solo; o aumento do escoamento superficial pelo acúmulo de água que deixa de infiltrar; a diminuição do nível do lençol freático por falta de alimentação e redução da evapotranspiração (TUCCI et al., 2002).

Quando existe a exploração da área de entorno de um corpo d'água é comum uma intensa erosão dos solos. Essa degradação associada às grandes áreas de captação das bacias resulta na elevação da carga de sólidos em suspensão carregados, o que aumenta a turbidez e enriquece o reservatório com os nutrientes lixiviados (FREITAS, 2008).

O carregamento de nutrientes também está ligado a eventos irregulares, tais como elevadas precipitações concentradas em um curto período de tempo. Isso tende a aumentar a erosão e a quantidade de poluentes transportados através dos escoamentos superficiais (HUANG & XIA, 2001).

A densidade da vegetação da área de entorno é um fator importante para a preservação da qualidade dos mananciais, pela sua capacidade de reduzir as taxas de erosão e assoreamento dos corpos d'água (RICHIE & MCARTY, 2003). Quanto maior o estado de deterioração da mata ciliar menor sua eficiência em reter sedimentos, devido à sua menor capacidade de reduzir a velocidade de transporte de partículas (OLIVEIRA et al., 2010). Em regiões semiáridas os corpos d'água ficam naturalmente vulneráveis a degradação, devido aos solos rasos com pouca cobertura e a vegetação esparsa característica do clima (OYAMA & NOBRE, 2004).

Medidas de manejo e conservação do solo que evitem o carreamento de massa são de fundamental importância para a diminuição na transferência de nutrientes solúveis ou formas particuladas biodisponíveis para ecossistemas aquáticos, visando a preservação da biota presente e da qualidade da água. (SETA et al., 1993; YLI-HALLA et al., 1995).

O reservatório Ministro João Alves, na cidade de Parelhas é um dos maiores açudes do estado do RN. O Boqueirão, como é mais conhecido, está inserido numa região semiárida e sua área de influência serve para o desenvolvimento de diversas atividades de grande valor econômico para o município. Foi levantada a hipótese de que o uso e ocupação do solo no entorno do reservatório influi na qualidade da água do manancial. O estudo sobre o uso e ocupação do solo consiste na obtenção de informações sobre o modo como o espaço está sendo alterado pelo homem, ou ainda, como se caracteriza a cobertura vegetal original (AGUIAR, 2002). Devido à sua importância estratégica para a região Seridó, este reservatório e sua bacia de drenagem foram selecionados para o presente estudo que tem como objetivo analisar a influência do uso e ocupação do solo na área de entorno e avaliar a qualidade da água do manancial do Boqueirão de Parelhas.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 – Área de estudo

A bacia do Rio Piranhas/Assu é a principal bacia do RN e se insere na região semiárida, onde há extrema irregularidade temporal e espacial das chuvas. Nos primeiros meses do ano, em geral entre fevereiro e maio, ocorrem índices pluviométricos elevados com precipitações superiores a 100 mm. Na maior parte do ano a região sofre com a escassez de água (RIGHETTO et al., 2005).

O reservatório Ministro João Alves, popularmente conhecido como Boqueirão de Parelhas, foi construído em 1988 e está localizado a 2,5km da cidade de Parelhas, com as coordenadas 6°41'43.2"S 36°37'24.6"W.

A área da bacia de drenagem do Reservatório Boqueirão de Parelhas é de 1.519 km<sup>2</sup>, e o volume máximo armazenado é de 85.012.750 m<sup>3</sup>. Possui uma descarga média de 0,10 ou 10% do volume médio por ano e uma profundidade média de 5,1 m (SEMARH, 2013).

Os rios barrados pelo reservatório são os rios Seridó e o das Vazantes, sendo o rio Seridó o principal tributário (Figura 1), banhando cidades importantes do estado do Rio Grande do Norte, como: Jardim do Seridó, São José do Seridó, Caicó e São Fernando.

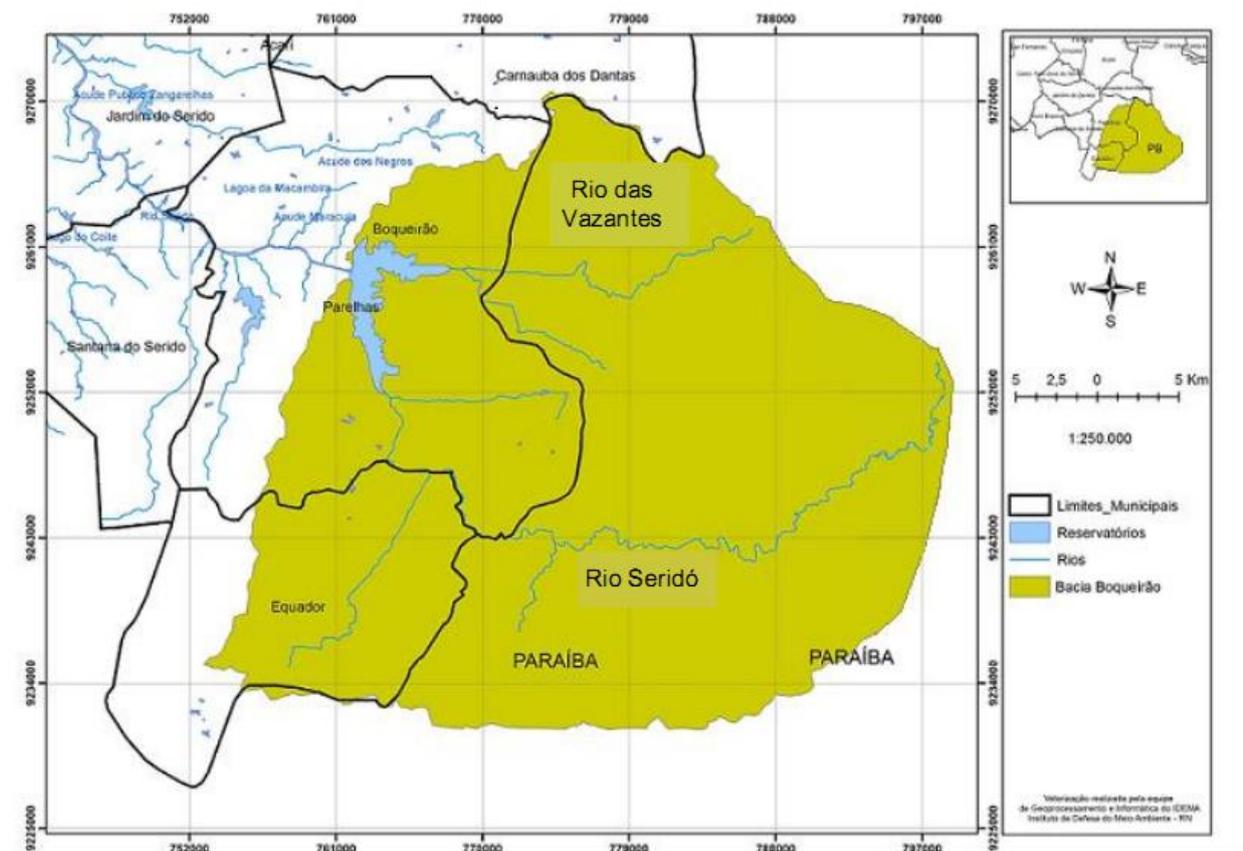


Figura 1. Bacia do reservatório Boqueirão Parelhas, em coloração verde, destacando-se as duas principais sub-bacias, a do rio Seridó e do rio das Vazantes. IDEMA(2007)

A região estudada possui pluviosidade média anual de 500 mm e está inserido em área susceptível à desertificação em categoria “Muito Grave” (IDEMA, 2008) por causa das condições climáticas da região, mas também principalmente pelo modelo econômico tradicional, baseado no extrativismo de lenha e na pecuária. Essa região possui solos rasos e pobres que são cobertos por dois tipos de caatinga. A caatinga hiperxerófila possui caráter seco com abundância de cactáceas e plantas espalhadas com um porte mais baixo. Também é encontrada a caatinga Subdesértica do Seridó ainda mais seca e com arbustos e árvores baixas, ralas e de xerofitismo mais acentuado (MELO, 2008).

Os rios em sua maioria são intermitentes, portanto, a água de boa qualidade é escassa e representa um patrimônio natural de grande valor para a população local.

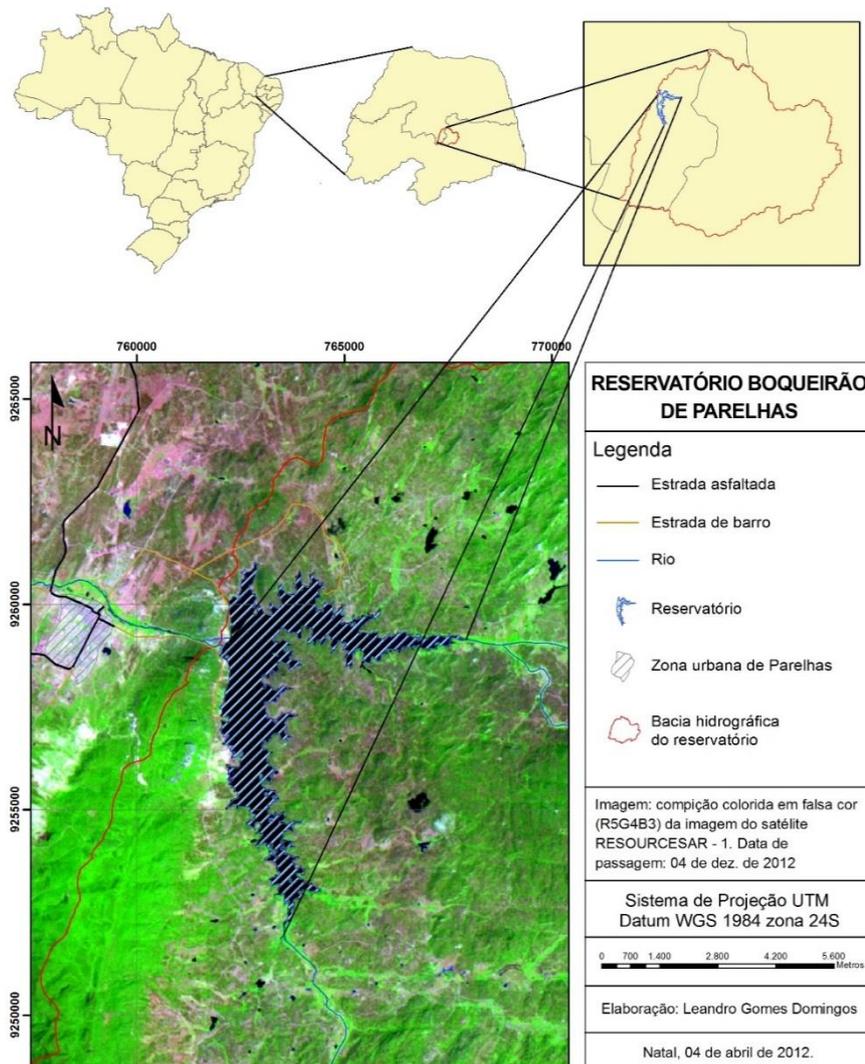


Figura 2. Mapa de localização da bacia hidrográfica do reservatório Boqueirão de Parelhas/RN no Brasil e no estado do Rio Grande do Norte (Fonte: Projeto MEVEMUC); à esquerda a área achuriada em coloração lilás corresponde à cidade de Parelhas.

De acordo com o Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente o uso do solo da região estudada é definido como “praticamente não cultivado”. A vegetação natural é aproveitada com pecuária extensiva de maneira precária. A estrutura litológica da área das nascentes do rio Seridó, é formada por rochas comumente denominadas de cristalinas, formadas por formações ígneas ou magmáticas e também por rochas metamórficas, em planaltos com altitudes em torno de 800m (Figura 3) com solos que não se prestam para a agricultura em virtude de apresentarem limitações pela falta d’água decorrentes da pequena capacidade de retenção de água e elevada

susceptibilidade à erosão (BEZERRA JR & SILVA, 2007; MELO, 2008), além de restrições ao emprego de máquinas agrícolas, em decorrência da pequena espessura, da pedregosidade e rochiosidade.

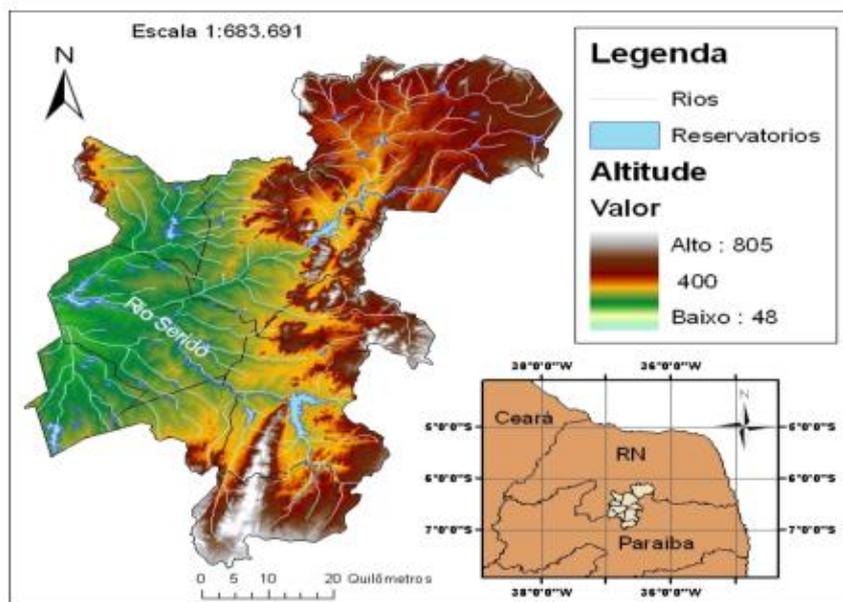


Figura 3. Mapa representando a hidrografia relacionada ao relevo na bacia do rio Seridó, adaptado por Bezerra Jr. (2007) com base no mapa da Embrapa/IDEMA, 2007. Fonte: BEZERRA JR & SILVA (2007).

Durante o período de estudo (2012), e também no ano subsequente (2013) a região semiárida do RN passou pela maior seca dos últimos 50 anos. Segundo os dados do Sistema Integrado de Dados Ambientais do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2013) esse longo período de estiagem não teve precipitação relevante, não distinguindo sazonalidade na hidrologia local. O fluxo de água de ambos os rios formadores do reservatório foi interrompido e o volume de água gradualmente diminuiu em consequência da extração de água e da evaporação.

## 2.2 Metodologias Analíticas

### 2.2.1 Amostragem de Água

Foram estudados 3 pontos de amostragem no corpo d'água do reservatório: próximo à barragem, na região central e em um ponto intermediário entre os dois principais tributários de forma a se obter a maior representatividade possível de todo manancial. No ponto próximo à barragem, por ser mais profundo ( $Z_{med}$  13m) foram coletadas amostras no epilímnio e no

hipolímnio. As coletas foram realizadas entre o período de janeiro de 2012 a dezembro de 2012 com frequência mensal.

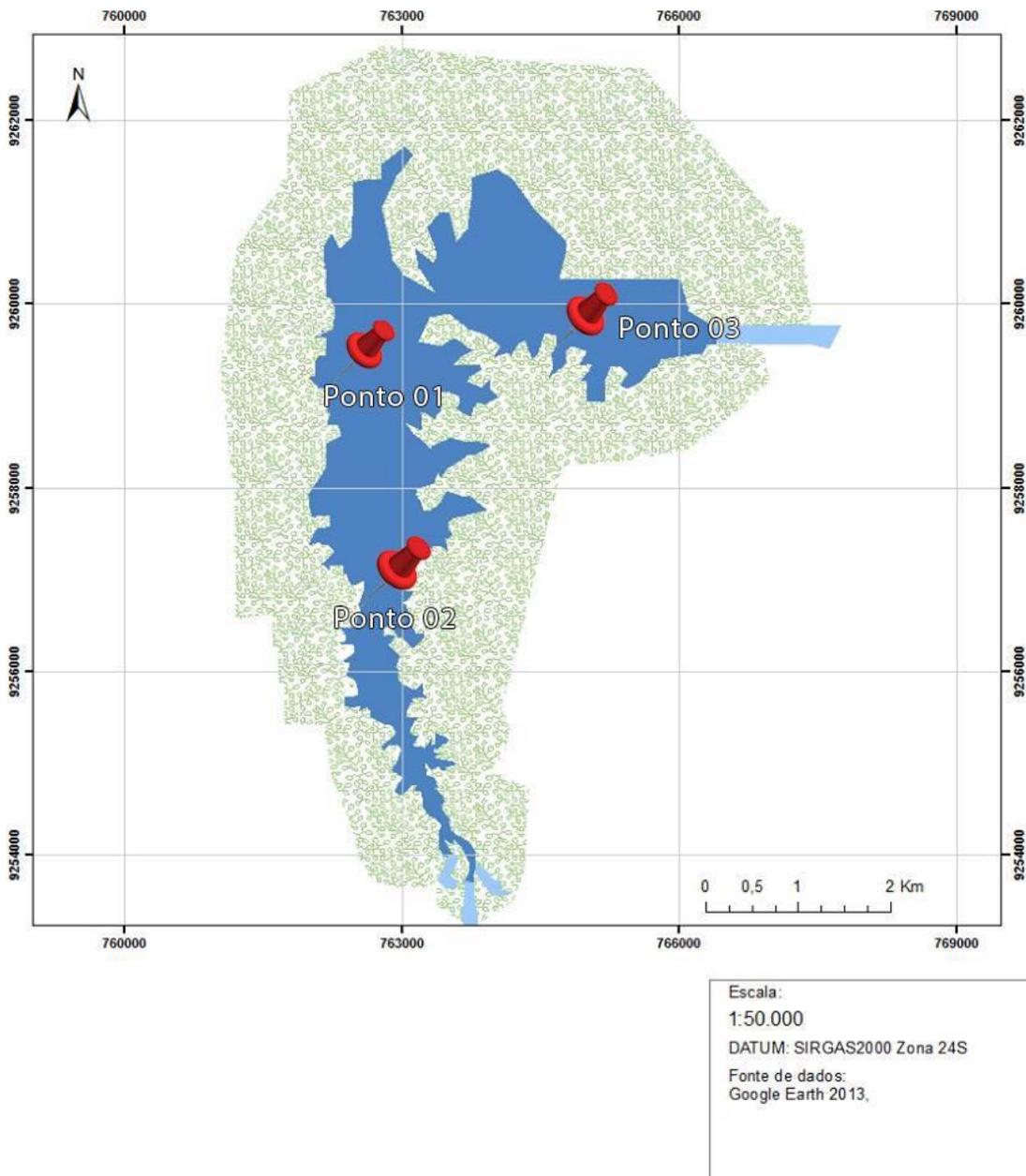


Figura 4. Distribuição espacial dos pontos de coleta no reservatório Boqueirão de Parelhas/RN (Fonte: Projeto MEVEMUC).

Os parâmetros temperatura, pH e oxigênio dissolvido foram medidos em cada ponto utilizando-se uma sonda multiparamétrica HIDROLAB DS5, em intervalos de 1 metro, da superfície ao fundo do reservatório. A transparência da coluna d'água foi medida com auxílio de um disco de Secchi. Em cada ponto amostral as amostras de água foram integradas com auxílio de uma garrafa tipo Van Dorn (5L), em amostras compostas de cada dois metros de profundidade para análise de nutrientes, sólidos suspensos e clorofila-a.

As subamostras foram acondicionadas em garrafas de polietileno, previamente lavadas com HCl 10% e água deionizada e acondicionadas em caixas térmicas com gelo durante o transporte até o laboratório para as posteriores análises.

### 2.2.2 – Análises das Amostras

A determinação das variáveis físico-químicas foram realizadas após as coletas mensais, cada uma com uma metodologia distinta como especificadas na Tabela 1.

PARÂMETRO	MÉTODO	REFERÊNCIA
Transparência (m)	Secchi	-
Fósforo total ( $\mu\text{g.l}^{-1}$ )	Espectrometria UV	Valderrama (1981)
Fósforo solúvel reativo ( $\mu\text{g.l}^{-1}$ )	Espectrometria UV	Murphy & Riley (1962)
Nitrato ( $\mu\text{g.l}^{-1}$ )	Espectrometria UV	Valderrama (1981)
Sólidos suspensos totais ( $\text{mg.l}^{-1}$ )	Secagem a $103^{\circ} - 105^{\circ} \text{ C}$	APHA, 1998
Sólidos suspensos fixos ( $\text{mg.l}^{-1}$ )	Ignição em forno mufla a $550^{\circ} \text{ C}$	APHA, 1998
Sólidos suspensos voláteis ( $\text{mg.l}^{-1}$ )	Ignição em forno mufla a $550^{\circ} \text{ C}$	APHA, 1998
Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	Sonda HIDROLAB	DS5
Condutividade ( $\mu\text{Scm}^{-1}$ )	Sonda HIDROLAB	DS5
Oxigênio dissolvido ( $\text{mg.l}^{-1}$ )	Sonda HIDROLAB	DS5
pH	Sonda HIDROLAB	DS5
Clorofila-a ( $\mu\text{g.l}^{-1}$ )	Espectrometria UV	Jespersen & Christoffersen, (1988)
Turbidez(UNT)	HACH 2100P	APHA, 1998

Tabela 1. Variáveis físico-químicas no reservatório Boqueirão mensalmente durante o ano de 2012, métodos utilizados e respectivas referências bibliográficas.

### 2.3 – Caracterização do Uso e Ocupação do Solo

Com o intuito identificar atividades no solo como possíveis fontes de poluição no entorno do reservatório foram elaborados mapas temáticos da área de estudo. Além disso foi feito um levantamento de campo e bibliográfico sobre o local.

Para o reconhecimento da área e registro fotográfico da cobertura e ocupação do solo, foi feita uma visita de campo circundando o contorno do açude e reconhecimento de 21 pontos com diferentes atividades de impacto na qualidade da água barrada.

Para calcular as porcentagens de cobertura do solo, os limites foram delineados para o local de amostragem, com o recurso de mapas topográficos entre outros dados de cobertura da terra dentro de um sistema GIS (ArcView, ESRI Ltd.). Imagens de satélite foram consultadas dentro do processo assim como também referências bibliográficas, dados de mapas analógicos e digitais e processamento de imagens. Foram definidas 8 classificações dos diferentes usos e ocupação da área. A escolha das classes ocorreu embasada nas atividades mais relevantes da região e predominância na área de estudo. Foram elas: ocupação antrópica, exploração mineral em solo exposto, caatinga antropizada, caatinga muito antropizada, área de pastagem, área antropizada em solo exposto, agricultura tradicional e área alagável.

#### 2.4 – Índice de Qualidade de Água – IQA

Com intuito de avaliar as condições da água do reservatório foi utilizado o Índice de Qualidade de Água – IQA desenvolvido pela CETESB. O IQA tem como objetivo resumir os parâmetros analisados em um só número de grandeza adimensional. O valor do IQA é calculado pelo produto ponderado das qualidades de água correspondentes às variáveis que integram o índice, como expresso pela equação I (CETESB, 2008).

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \quad (I)$$

onde: “N” é o número de parâmetros utilizados no cálculo do IQA, “qi” é o valor do parâmetro i em uma escala de 0 a 100 e “wi” é o peso atribuído ao parâmetro i, obtido a partir de equações extraídas das curvas individuais dos parâmetros do IQA. A partir do cálculo efetuado, pode-se determinar a qualidade das águas brutas que, indicada pelo IQA em uma escala de 0 a 100, é classificada para abastecimento público, segundo a gradação: 80 a 100 =

qualidade ótima; 52 a 79 = qualidade boa; 37 a 51 = qualidade aceitável; 20 a 36 = qualidade ruim e 0 a 19 = qualidade péssima.

## **2.5 Índice para Avaliação do Estado Trófico do reservatório**

A fim de avaliar a qualidade da água do reservatório de acordo com o estado trófico que se encontra o reservatório, foi aplicado um índice de estado trófico. O modelo proposto por Thornton & Rast (1993) foi o índice escolhido para o objeto de estudo. De acordo com a referência, reservatórios em regiões semiáridas são considerados eutróficos quando apresentam concentrações médias anuais de fósforo total e clorofila *a* superiores a 50-60 µg/L e 12-15 µg/L respectivamente.

## **2.6 Estatística descritiva dos dados**

Os dados obtidos no monitoramento foram analisados por meio de estudos estatísticos preliminares e de estatísticas básicas sugeridas por Von Sperling (2005). Com isso, foi possível fazer a organização e a caracterização do comportamento das condições de qualidade da água e diferentes condições de uso e ocupação do solo. As estatísticas básicas foram desenvolvidas em planilhas *Excel (Microsoft)* para todos os parâmetros analisados neste estudo. Os resultados estatísticos, compreendidos pela caracterização amostral, medidas de tendência central, medidas de variação e medidas de posicionamento relativo, foram representados em tabelas e gráficos do tipo séries temporais.

Foi realizada ainda uma Análise de Componentes Principais (ACP) com dados de temperatura, pH, oxigênio dissolvido, transparência Secchi, sólidos suspensos totais, fósforo total, fosfato, nitrato, amônia e clorofila *a*, utilizando o programa PC-ORD® v.6 (MCCUNE & MEFFORD, 2011) para determinar as mudanças temporais e espaciais nas condições físicas e químicas do ecossistema.

### 3- RESULTADOS

#### *Variáveis Meteorológicas*

De acordo com os dados da EMPARN (2013) durante o período de estudo, compreendido entre os meses de janeiro de 2012 a dezembro de 2012, a precipitação pluvial na região da bacia de drenagem do reservatório Boqueirão de Parelhas foi de 224,6 mm de chuva. Com esse valor, bem abaixo da média histórica, o ano de 2012 apresentou um deficit hídrico com precipitações esparsas que ocorreram apenas nos meses de janeiro, fevereiro, março e junho (Figura 5).

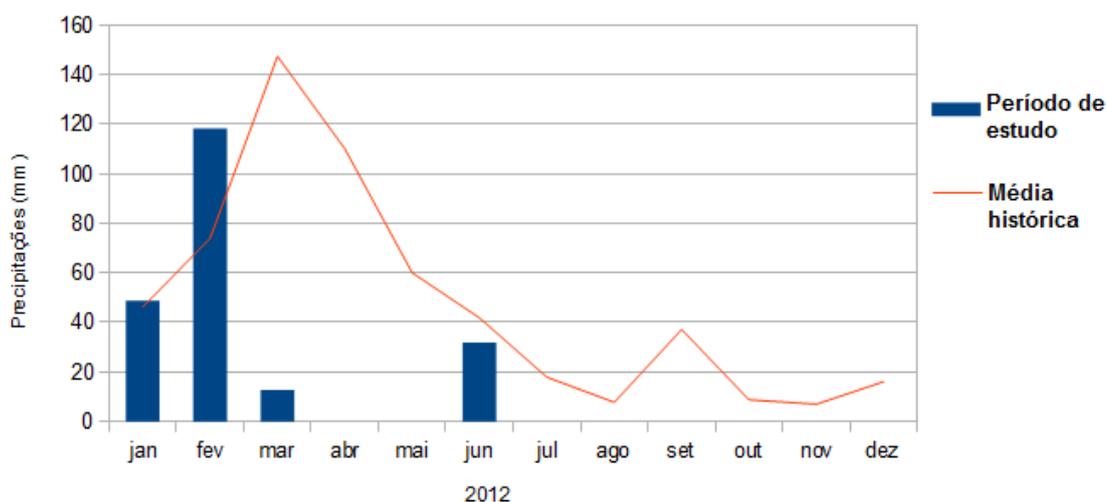


Figura 5- Valores mensais de precipitação pluvial para o período de estudo (janeiro a dezembro de 2012) e a média histórica para uma série de 50 anos. Fonte: EMPARN (2013)

#### *Variáveis Limnológicas*

No período chuvoso as variáveis transparência da água e pH apresentaram maiores valores médios em relação ao período de seca (Tabela 2). Foi observado para os parâmetros de turbidez, oxigênio dissolvido, sólidos suspensos totais, sólidos suspensos voláteis, sólidos suspensos fixos, fósforo

total, fósforo solúvel reativo, nitrato, amônia e clorofila-a maiores valores médios durante o período de seca (Tabela 2).

A temperatura da água do reservatório foi elevada durante todo o período de estudo, com a máxima (27,43° C) e a mínima (24,03° C) registradas no período seco (Tabela 2). Porém o valor da média de temperaturas do período chuvoso foi maior do que a média representativa para o período seco.

<b>Parâmetro</b>	<b>Período Chuvoso</b>	<b>Período Seco</b>
<b>Secchi (m)</b>	1,00 – 3,50 (1,89 ± 0,61)	0,85 – 2,50 (1,59 ± 0,45)
<b>T água (°C)</b>	25,70 – 27,40 (26,38 ± 0,51)	24,03 – 27,43 (25,98 ± 1,00)
<b>pH</b>	8,81 – 9,03 (8,93 ± 0,09)	8,39 – 8,9 (8,73 ± 0,14)
<b>Turbidez (NTU)</b>	2,00 – 11,40 (5,19 ± 2,46)	1,26 – 4,10 (2,64 ± 0,76)
<b>OD (mg.l-1)</b>	4,20 – 8,00 (6,18 ± 0,99)	4,36 – 9,70 (7,91 ± 1,35)
<b>SST (mg.l-1)</b>	3,14 – 8,57 (5,20 ± 1,39)	2,00 – 22,60 (7,26 ± 6,54)
<b>SSF (mg.l-1)</b>	0,00 – 2,67 (1,12 ± 0,82)	0,00 – 22,00 (1,87 ± 4,82)
<b>SSV (mg.l-1)</b>	2,80 – 7,14 (4,08 ± 1,09)	1,60 – 22,57 (5,39 ± 4,86)
<b>PT (µg.l-1)</b>	2,33 – 97,33 (22,04 ± 21,01)	27,67 – 57,00 (35,24 ± 8,69)
<b>FSR (µg.l-1)</b>	0,00 – 5,33 (3,56 ± 1,47)	1,33 – 25,50 (6,64 ± 6,99)
<b>NO3--N (µg.l-1)</b>	46,50 – 339,00 (118,75 ± 87,02)	94,00 – 254,00 (141,88 ± 39,50)
<b>NH4- N (µg.l-1)</b>	322,93 – 510,14 (421,40 ± 49,64)	200,18 – 3640,62 (736,26 ± 691,29)
<b>Clorofila-a (µg.l-1)</b>	4,08 – 25,63 (11,03 ± 6,00)	4,83 – 39,00 (15,78 ± 10,57)

Tabela 2- Estatísticas descritivas (mínima, máxima, média e desvio padrão) das variáveis limnológicas monitoradas no reservatório Boqueirão de Parelhas/RN, para os períodos seco e chuvoso no ano de 2012. *Parâmetros:* Secchi = Transparência da água; Zeu = Zona eufótica; Cond = Condutividade elétrica; OD = Oxigênio dissolvido; SST = Sólidos suspensos totais; SSF = Sólidos suspensos fixos; SSV = Sólidos suspensos voláteis; PT = Fósforo total; FSR = Fósforo solúvel reativo.

De acordo com os valores de pH da água, o reservatório é um ambiente alcalino, mantendo os valores médios acima de 8,0 por todo o período de estudo. Durante o período seco o pH apresentou uma leve variação para menos. O maior valor foi encontrado no início do período chuvoso e o menor valor no período seco (Tabela 2).

Os maiores índices de transparência da água foram observados durante os meses de chuva (média de 1,89 m) e valor mínimo no mês de julho (0,85 m). Por outro lado, o aumento crescente das concentrações de clorofila-a dentro do período, também contribuiu ao aumento dos valores dos sólidos voláteis, já que esses representam a parcela orgânica dos totais.

Em relação às frações de nitrogênio dissolvido inorgânico (NID), o nitrogênio amoniacal teve grande amplitude de variação nas concentrações, com valores bem menores no período chuvoso e um pico máximo no mês de julho dentro da época de seca. Já para o nitrato não ocorreram variações tão amplas nas concentrações ao longo do ano, apesar das concentrações terem sido mais elevadas durante o período de seca (Tabela 2).

As concentrações de fósforo total aumentaram durante os meses do período de estiagem à medida que o reservatório perdia água pela evaporação no período seco. O fósforo solúvel reativo seguiu o mesmo padrão do fósforo total, com maiores concentrações no período seco e picos isolados de concentrações durante meses com chuva (Tabela 2).

As variações na concentração de clorofila-a apresentaram as menores concentrações durante o período de chuvas e maiores valores durante a estação seca (Tabela 2).

De acordo com o índice de estado trófico, pelas concentrações de clorofila-a e fósforo total ao longo do ano, o reservatório foi considerado mesotrófico (Thornton & Rast, 1993).

### ***Análise de Componentes Principais***

A análise de componentes principais (ACP) usando 10 variáveis limnológicas explicaram 42,8% da variabilidade dos dados nos primeiros dois eixos (eixo 1= 27,2%; eixo 2= 15,6 %). As variáveis mais importantes na ordenação do eixo 1 foram: transparência Secchi (0,77), temperatura (0,76), clorofila-a (-0,70), amônia (-0,59) e oxigênio dissolvido (-0,58). Em relação ao eixo 2, as variáveis mais importantes em sua ordenação foram: fosfato (0,76), nitrato (0,57) e turbidez (-0,41) (Figura 6). Os resultados da ACP mostram há uma tendência à homogeneidade do reservatório, pois os pontos ficaram agrupados pelo período de coleta. Especialmente não houve variação dos parâmetros de um ponto para outro (Figura 6). A primeira componente principal refletiu o início da seca e a consequência no aumento da clorofila ao longo do estudo. Enquanto que a segunda componente refletiu a tendência da degradação da qualidade da água com o prolongamento do período da seca, aumentando a concentração de nutrientes dissolvidos, nitrato e fosfato ao longo do tempo sem precipitação.

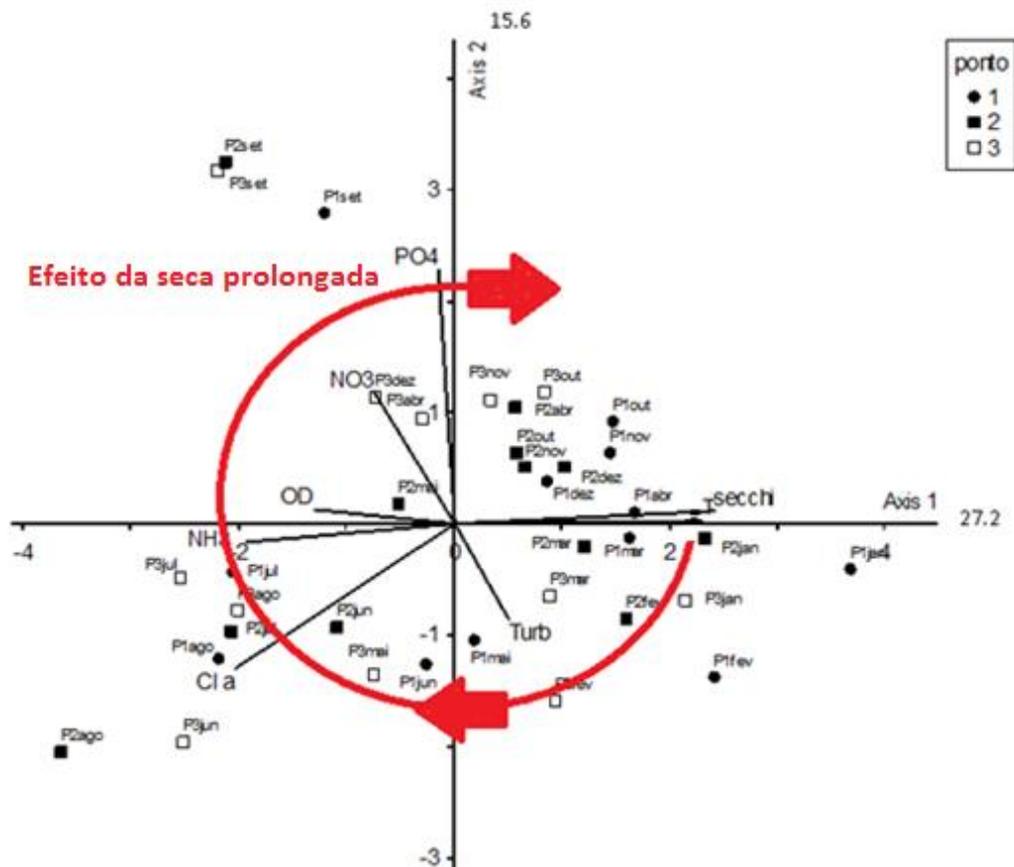


Figura 6. Diagrama de ordenação das variáveis limnológicas pela Análise de Componentes Principais em relação à heterogeneidade espacial (pontos de coleta P1, P2 e P3) e à variação temporal (meses do ano) no reservatório Boqueirão – Parelhas, RN, para o ano de 2012. OD = oxigênio dissolvido; NO<sub>3</sub> = nitrato; NH<sub>3</sub> = amônia; Cl a = clorofila -a; PO<sub>4</sub> = ortofosfato; Turb = turbidez e PT = Fósforo Total.

### ***Índice de Qualidade da Água***

Para avaliar se houve mudança no comportamento do reservatório ao longo do ano foi calculado o valor do IQA correspondente a cada mês de 2012. No gráfico da Figura 7 são apresentados os valores de IQA para o reservatório estudado nos respectivos meses de coleta, calculados com base nos parâmetros medidos e utilizados pela CETESB.



Figura 7. Variação nos valores de IQA obtidos para o reservatório Boqueirão de Parelhas, RN, no período de janeiro a dezembro de 2012.

Os valores do IQA não variaram muito ao longo do ano. A classificação da qualidade da água permaneceu estável, como “boa” (valores entre 51 e 79 para o índice) durante todo o ano (Figura 7). O valor médio do IQA para o período seco foi de 70,94, um pouco mais elevado do que o valor apresentado no período chuvoso, que foi de 69,69.

### ***Uso e ocupação do solo***

Através de sensoriamento remoto e reconhecimento de campo, foi analisada a cobertura do solo em uma área de cerca de 25.475 Km<sup>2</sup>, excetuando-se a superfície do corpo d'água. Pode-se inferir que o reservatório não tem influência direta da área urbana do município pela sua posição geográfica. Porém é afetado pela ocupação rural na área de entorno, onde há presença de atividades como agricultura e pecuária.

Foram identificadas oito classes de uso e ocupação do solo conforme representadas na Figura 8.

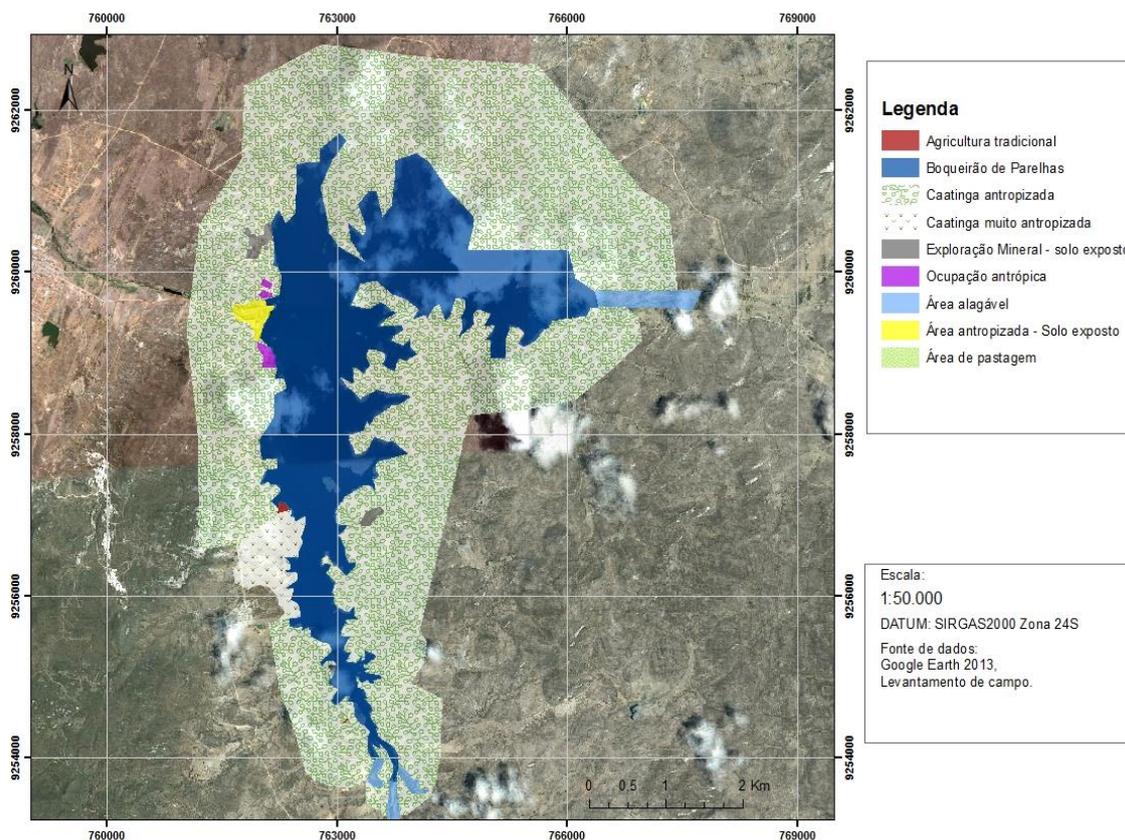


Figura 8. Mapa do uso e ocupação do solo da região do entorno do reservatório Boqueirão de Parelhas, município de Parelhas, RN. Fonte: MEVEMUC.

A área do entorno do reservatório Boqueirão se mostrou com uma cobertura não muito variada e majoritariamente composta pela mata nativa (caatinga) antropizada. Em quantidade menos significativa também existe uma classificação da cobertura vegetal ainda mais degradada e uma parcela de solo totalmente exposto, igualmente degradado por ação antrópica. Essas condições favorecem o processo erosivo do solo e o carreamento de partículas sólidas ao manancial.

No entorno imediato do reservatório ainda é possível observar algumas áreas de várzeas, considerando toda a área úmida alagável com ou sem vegetação e em estados variáveis de degradação.

É notável que a cobertura vegetal encontra-se muito degradada por ação antrópica, o que acarreta em grandes danos para a qualidade ambiental não só em relação ao solo como também da água do reservatório.

Dentre as atividades de impacto desenvolvidas no local, a exploração mineral é a que ocupa maior espaço de uso (Tabela 3). Sendo divididas em

duas jazidas: uma de extração de granito e outra clandestina que explora minérios de ferro.

Classe	Área m <sup>2</sup>	%
Ocupação antrópica	73360,78	0,29
Exploração Mineral - solo exposto	124568,9	0,49
Caatinga muito antropizada	702689,1	2,76
Caatinga antropizada	24000000	94,21
Área de pastagem	23193,37	0,09
Área antropizada - Solo exposto	23193,37	0,09
Área alagável	500328,7	1,96
Agricultura tradicional	28173,08	0,11
<b>Total</b>	<b>25475507</b>	<b>100,00</b>

Tabela 3. Classes de uso e ocupação do solo da região do entorno do Boqueirão de Parelhas e respectivos áreas ocupadas.

As culturas mistas de agricultura tradicional ocupam um espaço relativamente pequeno da área estudada (28173,08 m<sup>2</sup>), ainda assim maior do que o espaço tomado para pastagem dos criadores de gado da região (23193,37 m<sup>2</sup>).

O reservatório ainda possui uma parcela de sua área de entorno, destinada à ocupação antrópica. Uma parte dessa ocupação se dá por uma pequena colônia de pescadores, localizada próxima aonde foi construída a barragem do açude. O Boqueirão também é explorado para a recreação e turismo, com alguns pequenos estabelecimentos comerciais localizados a margem do reservatório e uma área destinada aos banhistas.

## 5 – DISCUSSÃO

O reservatório Boqueirão se comportou no período de estudo (ano de 2012) como um corpo aquático de regime hidrológico característico de uma região semiárida, com chuvas escassas e irregulares. As chuvas abaixo da média fizeram com que o reservatório baixasse o nível d'água e aumentasse sua concentração de nutrientes. A ausência de precipitação durante a estiagem

e o contínuo consumo de água contribui para a diminuição do volume de água dos reservatórios e elevam o tempo de retenção hídrica, enquanto os rios e riachos apresentam ausência do fluxo de água como aconteceu com os rios que são barrados pela barragem no ano estudado.

Variações climáticas que causam importantes alterações nos padrões de chuvas podem contribuir para a aceleração ainda que reversível, do processo de eutrofização (BOUVY et. al., 2003). Também pode ser intensificado por meio da elevação da temperatura do solo e do aumento na carga difusa de nutrientes (JEPPESEN et al., 2010; MOSS et al., 2011).

Os resultados do presente estudo indicaram que reservatório Boqueirão é um ambiente aquático em condições favoráveis a aceleração do processo de eutrofização. As variações climáticas da região influenciam diretamente o aumento da concentração de nutrientes.

No ano monitorado houve um período de seca prolongada, com redução drástica no volume de precipitação. Isso influenciou a qualidade da água, de acordo com as variáveis limnológicas analisadas e resultados do índice trófico e do índice de qualidade da água.

A análise de componentes principais (ACP) não detectou diferenças das variáveis limnológicas entre os pontos de coleta. Por outro lado a ACP mostrou a influência do regime hidrológico no comportamento do corpo d'água. O fenômeno da seca no período de estudo fez com que houvesse um crescimento da concentração de nutrientes, favorecendo um aumento do processo de eutrofização e degradação da qualidade da água.

Em estudo semelhante em outro reservatório da mesma região do estado do Rio Grande do Norte, realizado por OLIVEIRA (2011) relata que a sazonalidade regida pelo regime hidrológico da região semiárida influenciou as variáveis limnológicas. Em especial aquelas relacionadas com a qualidade da água em virtude do ciclo hidrológico irregular da região. A elevação dos volumes armazenados durante o período chuvoso foi concentrada em poucos meses do ano. Houve uma diminuição progressiva de volume durante o período de seca, caracterizado por altas taxas de evaporação.

De acordo com o relatório da EMPARN (2012) pode-se constatar que o volume de chuvas no ano de estudo esteve muito abaixo da média prevista, podendo ser classificado como “muito seco”, o que pode ter desencadeado

comportamentos atípicos no reservatório, como o aumento pontual de nutrientes e consequente diminuição no índice de qualidade de água. Meses com alguma incidência de chuva, como o ocorrido no mês de junho de 2012, culminaram no aumento de diversas variáveis nos meses de julho e agosto. Esse efeito pode ser atribuído à precipitação, que ao contrário de diluir a concentração de nutrientes e resíduos na água, aumentou o escoamento superficial do solo. O lixiviamento de nutrientes do solo aumentou as concentrações no corpo d'água e resultou em um IQA menor e decaimento na qualidade da água.

Como a quantidade chuvas foi muito escassa, a variação sazonal de um período para outro não foi tão relevante no que se refere às características limnológicas associadas à qualidade de água. O que se traduziu na pouca diferença entre os valores médios do IQA entre o período seco e o período chuvoso.

A análise do uso e ocupação do solo mostrou que o reservatório se encontra em um estado de vulnerabilidade às agressões externas. A escassa cobertura vegetal e o uso e manejo inadequado do solo são responsáveis por disponibilizar a quantidade de sedimento e nutrientes que serão carregados nos cursos d'água e conseqüentemente, modificar as características físicas, químicas e biológicas não só dos rios, mas dos reservatórios neles barrados (CUNHA, 2008).

Pode-se constatar que embora não muito evidentes, há algumas atividades de impacto na área de entorno do reservatório, que contribuem para a carga de nutrientes de forma significativa.

A estrutura litológica da região do Seridó é propícia à extração de minerais de importância econômica, como: argilas, barita, berilo, cassiterita, caulim, tantalita, mica e scheelita (BEZERRA JR & SILVA, 2007). Na região imediatamente adjacente ao Boqueirão encontra-se instalada uma mineradora de grande porte, que possivelmente contribui para a erosão do solo e aporte de resíduos diretamente lixiviados para o reservatório. Embora de dimensão menor, há ainda um ponto de mineração clandestina de scheelita e outros minérios de ferro na área de entorno do reservatório. A atividade não regulamentada degrada o contorno do manancial, e o deixa mais susceptível a poluição difusa.

De acordo com Plano Nacional de Desenvolvimento do Semiárido (2010) no município de Parelhas, as atividades agrícolas são de dimensões pequenas. Isso foi confirmado de acordo com a análise da ocupação do solo no entorno do reservatório. Entre as atividades agrícolas existem poucos cultivos expressivos, havendo algumas culturas mistas de maior relevância, mas sem nenhuma predominância de plantio mais destacado em relação à agricultura tradicional. Somado a agricultura, a área destinada à pecuária e pastagens foi também pouco representativa em termos de ocupação na área de estudo. A pouca presença de atividades que poderiam carrear nutrientes para o manancial culminou na boa qualidade da água do reservatório, que apesar de se encontrar em estado vulnerável ainda se manteve com o índice “Bom” durante todo o ano segundo o IQA.

O estudo de Oliveira (2013) em um reservatório da mesma região do estado em condições semelhantes ao Boqueirão apresentou valores bem piores nos parâmetros de qualidade de água devido principalmente a poluição difusa advinda da exploração da área do entorno do manancial por atividades intensas de agricultura e pecuária.

A remoção seletiva de árvores e arbustos da vegetação natural de caatinga do tipo hiper-xerófila já transformou a vegetação em um tipo de caatinga rala e em algumas partes até em solo exposto. A extração ilegal de madeira para a utilização nas fornalhas das cerâmicas é muito presente na região do semiárido potiguar. A maior parte da cobertura do solo analisado era da mata endêmica degradada por ação antrópica. Essa retirada está contribuindo significativamente para o processo de desertificação e, por conseguinte, com a queda da qualidade da água do reservatório, já que facilita o carreamento de nutrientes do solo para o corpo d'água.

A conjugação do clima muito quente, temperaturas médias superiores a 27 °C, elevado índice de aridez (3,3), vegetação degradada, topografia suave, solos formados por rochas cristalinas com pequena capacidade de retenção de água e elevada susceptibilidade à erosão colocaram grande parte da bacia do reservatório Boqueirão de Parelhas na lista das áreas de grande risco de desertificação (BEZERRA JR. & SILVA, 2007; CRUZ et al., 2013).

A alteração dos atributos químicos, físicos e biológicos devido à retirada ou clareamento da cobertura vegetal também pode causar uma reação em

cadeia, modificando o funcionamento de todo o sistema solo, como por exemplo, a perda da função deste como filtro e dreno, ampliando sua função como fonte de nutrientes e contaminantes para os demais componentes da bacia hidrográfica, principalmente para os corpos d'água superficiais (HEATHWAITE et al., 2005).

É possível perceber a importância de se preservarem as áreas de entorno dos ecossistemas aquáticos, que constituem a interface direta entre o ambiente terrestre e o aquático, nas bacias hidrográficas (COELHO et al., 2011). Áreas naturais preservadas de solo e vegetação no entorno de lagos e reservatórios contribuem para maior resiliência, e também maior resistência dos mananciais à degradação (NORRIS, 1993).

Em síntese o estudo revelou que a ocupação da área do entorno do reservatório Boqueirão se mantém pouco ocupada por atividades com potencial poluidor como pecuária, agricultura e mineração. Entretanto a vegetação nativa já está em alto grau de degradação devido à ação antrópica de extração ilegal de madeira. Durante o ano de 2012, apesar da sazonalidade regida pelo regime hidrológico da região do semiárido, a qualidade da água se manteve boa de acordo com o IQA, porém o reservatório se mostra suscetível ao aumento do processo de eutrofização devido às condições climáticas e vulnerabilidade do solo.

## **5- CONCLUSÕES**

-As condições climáticas de seca prolongada com consequentes alterações no regime hidrológico na bacia do reservatório Boqueirão de Parelhas, durante o ano de 2012, resultaram em alterações nas características limnológicas e consequentemente na qualidade da água, mas esta ainda se manteve “BOA” de acordo com o IQA.

- Apesar de não haver uma atividade poluidora majoritária na região de entorno ao reservatório, a somatória de diversas atividades impactantes, a elevada susceptibilidade do solo e o desmatamento seletivo da vegetação de caatinga, pode favorecer a aceleração do processo de eutrofização natural do corpo d'água.

-De acordo com as variáveis de qualidade de água analisadas em diferentes pontos, o reservatório evidenciou uma tendência à homogeneidade se comportando como um lago. Esse comportamento revela que a escala temporal do ciclo hidrológico da região é o principal fator direcionador da qualidade da água do manancial.

## 6- REFERÊNCIAS

AGUIAR, A. P. D. Land Use and Cover Change. São Paulo: INPE, 2002.  
Disponível em Internet: [www.inpe.gov.br](http://www.inpe.gov.br)

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Standard methods for the examination of water and wastewater. 21<sup>a</sup>ed. Washington, APHA/WEF/AWWA, 2005

ANDERSEN, J.M. In ignition method for determination of total phosphorus in lake sediments. *Wat. Res.*, 10, p.329-331, 1976.

ALMEIDA, R. C. A. 2003. Questão hídrica e a construção de um planejamento urbano sustentável e partícipe: o caso da cidade de São Paulo, SP. In: R. C. Martins; N. F. L. S. Valencio. (Org.). *Uso e gestão dos recursos hídricos no brasil: desafios teóricos e político-institucionais*. São Paulo: RIMA, p. 52-65.

BENASSI, S. F.(2002). Estudo das variáveis limnológicas e do processo de autodepuração na "Descontinuidade Serial" do Ribeirão Bonito (SP).Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.120p

BEZERRA Jr., J. G. O.; SILVA, N. M. (2007). Caracterização Geoambiental da Microrregião do Seridó Oriental do Rio Grande do Norte. *Holos*, 23 (2):78 – 91.

BOUVY, M., NASCIMENTO, S. M., Molica, R.J.R., Ferreira, A., Huszar, V., Azevedo, S.M.F.O.E. 2003. Limnological features in Tapacurá reservoir (Northeast Brazil) during a severe drought. *Hydrobiologia*, 493: 115 – 130.

BRASIL, Lei nº 6.902, de 27 de abril de 1981. Dispõe sobre a criação das estações ecológicas e áreas de proteção ambiental e dá outras providências.

CARPENTER S. R. (2008). Phosphorus control is critical to mitigating eutrophication. Center for Limnology, University of Wisconsin, Madison. PNAS/August 12, 2008.

CARVALHO, A. R.; SCHILITTLER, F. H. M.; TORNISIELO, V. L. 2000. Relações da atividade agropecuária com parâmetros físicos químicos da água. *Química Nova*, completar a referência

CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São

Paulo. São Paulo: Governo do Estado de São Paulo, Secretaria do Meio Ambiente,, 2008.

CHELLAPPA, N. T., CÂMARA, F. R. A., ROCHA, O. (2009). Phytoplankton community: indicator of water quality in the Armando Ribeiro Gonçalves Reservoir and Pataxó Channel, Rio Grande do Norte, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 2009.

Coelho, R.C.T.P.; Buffon, I.; Guerra, T. (2011). Influência do uso e ocupação do solo na qualidade da água: um método para avaliar a importância da zona ripária. *AmbiÁgua*, 104-117.

COLE, G.A., 1994. *Textbook of Limnology*. Ed. Waveland Press, Inc. 4ª Ed., p. 323 – 334.

CRUZ, F. R. M.; SILVA, L. A.; PEREIRA, E. M.; ARAÚJO, S. S. N.; LUCENA, R. L. (2013) . Os Potenciais Focos de Desertificação na Região do Semi-Árido Brasileiro: Uma Análise da Mesorregião do Seridó, RN, Brasil. I Workshop Internacional Sobre a Água no Semi-Árido Brasileiro. 2013. Campina Grande, PB. Acessado em 06/01/2014 em: [http://editorarealize.com.br/revistas/aguanosemiarido/trabalhos/Modalidade\\_4](http://editorarealize.com.br/revistas/aguanosemiarido/trabalhos/Modalidade_4)

ESTEVES, F. A. (1998). *Fundamentos de limnologia*. Interciência/FINEP, Rio de Janeiro, 575p.

FREITAS, F. R. S. Eutrofização do Reservatório Cruzeta na Bacia Representativa do Rio Seridó-RN. Dissertação de Mestrado UFRN. 80p. Natal/RN 2008.

HORMANN,G.; HORN, A.; FOHRER, H. (2005). The evaluation of land-use options in mesoscale catchments. Prospects and limitations of eco-hydrological models. *Ecological Modelling*, v.187, p.3-14.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA DE ESTATÍSTICA (IBGE). *Manual técnico de uso da Terra*. Rio de Janeiro: IBGE, 2006.

JEPPESEN, E.; MOSS, B.; BENNION, H.; CARVALHO, L.; De MEESTER, L.; FEUTCHMAYR, H.; FRIBERG, N.; GESSNER, M.O.; HEFTING, M.; LAURIDSEN, T.L. et al. 2010. Interaction of climate change and eutrophication, p. 119–151, In: Kernan, M.; Battarbee, R. W. and Moss, B. (Eds.) *Climate change impacts on freshwater ecosystems*. Chichester (UK): Wiley-Blackwell.

LIMA, W. P.; ZAKIA, M.J.B. (2000). Hidrologia de matas ciliares. In: R. R. Rodrigues;H. F. Leitão Filho. (Org.). matas ciliares: conservação e recuperação. São Paulo:USP-Fapesp

LIND, O. T. ; DÁVALOS-LIND, L. (1999). Suspended Clay: Its role in Reservoir Productivity, 85 – 97, In: J. G. Tundisi and M. Straskraba (Eds.): *Theoretical Reservoir Ecology and its Applications*, International Institute of Ecology, Brazilian Academy of Sciences and Backhuys Publishers, Rio de Janeiro, 592 p.

MCCUNE, B. & MEFFORD, M. J., 2011. PC-ORD. Multivariate analysis of ecological data. version 6.0. MjM Software Design, Oregon.

MELO, G. D. (2008) Planejamento dos Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Seridó, no Rio Grande do Norte. Dissertação, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 169 p.

MESQUITA, T.P.N, (2009) Eutrofização e Capacidade de Carga de Fósforo de Seis Reservatórios da Bacia do Rio Seridó, Região Semi-Árida do Estado do RN. Dissertação de mestrado (UFRN).

MOSS, B.; KOSTEN, S.; MEERHOFF, M.; BATTARBEE, R. W.; JEPPESEN, E.; MAZZEO, N.; HAVENS, K. LACEROT, G.; ZHENGWEN, L.; De MEESTER, L.; PAERL, H.; ASCHEFFER, M. (2011). Allied attack: climate change and eutrophication. *Inland Waters* 1: 101 – 105.

MOURA, E. M. (2007). Avaliação da disponibilidade hídrica e da demanda hídrica no trecho do rio Piranha-Açu entre os açudes Coremas-Mãe D'água e Armando Ribeiro Gonçalves.141 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2007.

MOTTA , J. L. G.; FONTANA, D. C. & WEBER, E. Verificação da acurácia da estimativa de área cultivada com soja através de classificação digital de imagens Landsat. IINPE. Anais X SBSR. Foz de Iguaçu: INPE, 2001, p.123-129.

NORRIS, V. (1993). The use of buffer zones to protect water quality: a review. *Water Resources Management*, 7 (4), 257-272.

OLIVEIRA, H. A. (2013). ANÁLISE DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DAS MARGENS DE UM RESERVATÓRIO E SUA INFLUÊNCIA NA QUALIDADE DA ÁGUA. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-

Graduação em Engenharia Sanitária) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

OLIVEIRA, J. N. P. A . (2012). INFLUÊNCIA DA POLUIÇÃO DIFUSA E DO REGIME HIDROLÓGICO PECULIAR DO SEMIÁRIDO NA QUALIDADE DA ÁGUA DE UM RESERVATÓRIO TROPICAL. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

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

PINTO-COELHO, R. M.; TORRES, I. C.; RESCK. (2007). Mass balance estimation of nitrogen, carbon, phosphorus and total suspended solids in the urban eutrophic, Pampulha reservoir, Brasil. *Acta Limnol. Bras.*, 19 (1): 79-91, 2007.

PNDS, 2013. Plano de Desenvolvimento Sustentável do Seridó, Brasil.

RIGHETTO, A. M. et al. (2005). The Brazilian Semiarid Hydrological Research Network. In: VIIth IAHS Scientific Assembly VII e Assemblée Scientifique de l'AISH. Foz do Iguaçu-PR.

SEMARH-RN. Secretaria do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte. Fonte: [www.semarh.rn.gov.br](http://www.semarh.rn.gov.br)

SETA, A.K. et al. Reducing soil erosion and agricultural chemical losses with conservation tillage. *Journal of Environmental Quality*, Stanford, v.22, n. 4, p.661-665, Oct./dec. 1993.

SILVA, C.S.G. (1999). Abordagens sobre o processo de desertificação nos municípios de parcelhas e Equador no estado do Rio Grande do Norte: Uma Avaliação. Monografia de Bacharelado em Geografia, UFRN, Natal.

SILVA, R.M. (2007). Entre o combate à seca e a convivência com o semiárido: políticas públicas e transição paradigmática. *Revista Econômica do Nordeste*. Fortaleza, 38 (3), 466-485.

SMITH, V. H.; SCHINDLER, D. W. Eutrophication science: where do we go from here?. *Trends in Ecology and Evolution*. Vol. 24, n.4, p. 201-207, february. 2009.

SOUZA, E. R. de; FERNANDES, M. R.. Sub-bacias hidrográficas: unidades básicas para o planejamento e a gestão sustentáveis das atividades

rurais. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.21, n.207, p.15-20, nov./dez. 2000.

THAME, A.C.M. – Comitês de bacias hidrográficas: Uma revolução conceitual – São Paulo: IQUAL Editora, 2002.

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. 2005. Água no Século XXI: Enfrentando a Escassez. São Carlos: RiMa, 248 p.

TUNDISI, J. G. 2007. Reservatórios como Sistemas Complexos : Teoria, Aplicações e Perspectivas para Usos Múltiplos. Em: R. Henry (Ed.) *Ecologia de Reservatórios, Estrutura, Função e Aspectos Sociais*, Botucatu: FUNDIBIO, 800 p.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. (2008). *Limnologia*. São Paulo: Oficina de Textos, 631p.

VIEIRA, V. P. P. B. (1998) Water resources in Brazil and the Sustainable Development in the Semi-arid North East. *Water Resources Development*, 14 (2): 183 – 198.

VIEIRA, V. P. P. B. (2003) Desafios da Gestão Integrada de Recursos Hídricos no Semi-árido. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. Porto Alegre: *Revista Brasileira de Recursos Hídricos – ABRH*. Volume 8 n. 2 Abr/Jun, 7-17.

VANZELA, L. S.; HERNANDEZ, F. B. T.; FRANCO, R. A. M. Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do Córrego Três Barras, Marinópolis. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v.14, n.1, p.55-64, 2010.

VON SPERLING, M. (2005). Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos. Série Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias; v.1. Universidade Federal de Minas Gerais - Belo Horizonte.

WETZEL, R.G. *Limnology: Lake and river ecosystems*. 3 ed. Academic Press. 1006 p., 2001.

YLI-HALLA, M., HARTIKAINEN, H., EKHOLM, P., TURTOLA, E. PUUSTINE, M., KALLIO, K. Assessment of soluble phosphorus load in surface runoff by soil analyses. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, Amsterdam, v.56, p.53-62, 1995.

