



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE

CENTRO DE TECNOLOGIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA

Herison Alves de Oliveira

**ANÁLISE DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DAS MARGENS
DE UM RESERVATÓRIO E A SUA INFLUÊNCIA NA
QUALIDADE DA ÁGUA**

Natal

2013

HERISON ALVES DE OLIVEIRA

**ANÁLISE DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DAS MARGENS
DE UM RESERVATÓRIO E A SUA INFLUÊNCIA NA
QUALIDADE DA ÁGUA**

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-orientador: Prof. Dr. Manoel Lucas Filho

Natal

2013

UFRN / Biblioteca Central Zila Mamede.
Catalogação da Publicação na Fonte.

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.
52 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Arthur Mattos.

Co-orientador: Prof. Dr. Manoel Lucas Filho.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte.
Centro de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária.

1. Reservatório de água - Dissertação. 2. Eutrofização - Dissertação. 3. Poluição difusa - Dissertação. 4. Área de preservação permanente. I. Mattos, Arthur. II. Lucas Filho, Manoel. III. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. IV. Título.

RN/UF/BCZM

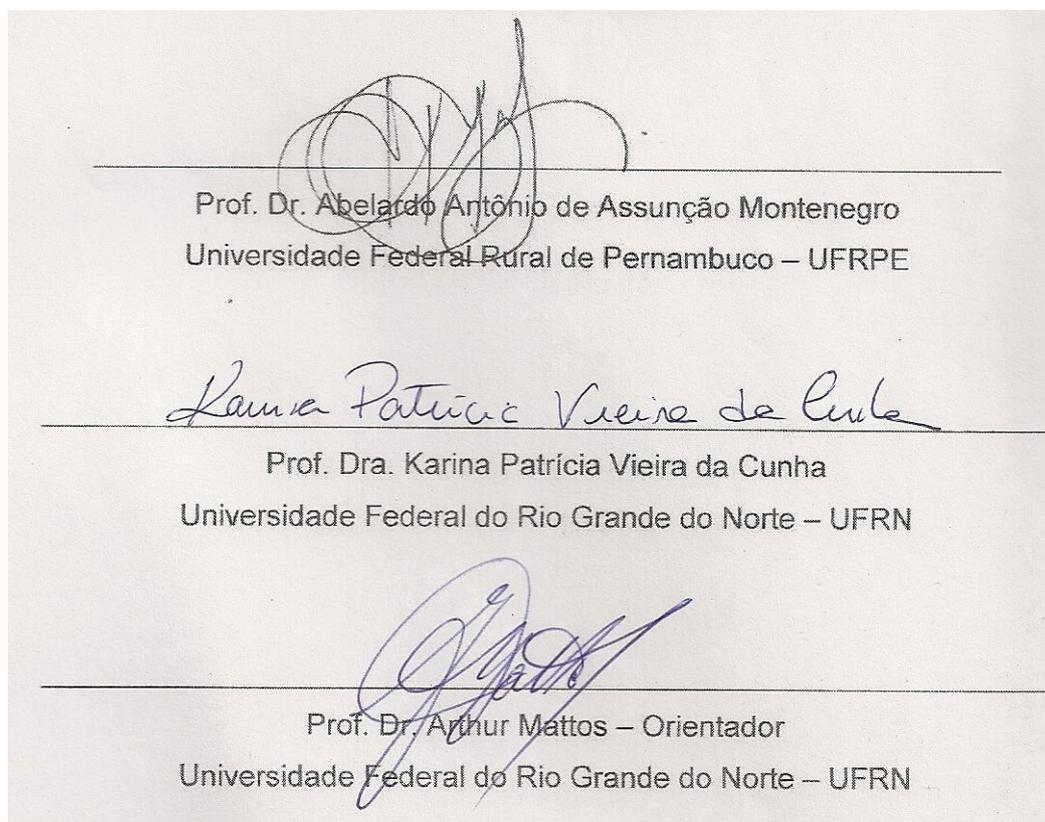
CDU 628.12

HERISON ALVES DE OLIVEIRA

**ANÁLISE DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DAS MARGENS
DE UM RESERVATÓRIO E A SUA INFLUÊNCIA NA
QUALIDADE DA ÁGUA**

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.

BANCA EXAMINADORA



Natal, 06 de Setembro de 2013.

*Aos meus queridos pais, Terezinha Alves da Cunha e Josivan Francisco de Oliveira,
a minha irmã Harina Alves de Oliveira e ao meu cunhado Rodrigo de Carvalho
Holanda Leite pela dedicação, ajuda, incentivo e por estarem sempre ao meu lado
acreditando na minha capacidade.*

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela sua presença constante na minha vida, dando força nos momentos de dificuldade para superar todos os obstáculos.

A CAPES pela concessão de bolsa de mestrado.

A FINEP pelo financiamento da pesquisa através do projeto MEVEMUC (Monitoramento da Evaporação e Mudanças Climáticas no Rio Grande do Norte).

Ao professor Dr. Arthur Mattos pela amizade, orientação e conhecimentos transmitidos ao longo desse trabalho.

Ao professor Dr. Manoel Lucas pela amizade e co-orientação no desenvolvimento do trabalho.

A professora Dra. Vanessa Becker por toda ajuda e conselhos dados ao longo do trabalho.

A professora Dra. Karina Cunha pela ajuda e orientação no estágio de docência.

A minha querida namorada Jurema Araujo por toda ajuda, carinho e amor durante toda a jornada.

Ao amigo José Neuciano pela grande ajuda no desenvolvimento desse trabalho, se tornando um grande companheiro nas coletas e nas análises, dividindo a sua sabedoria de vida e o seu conhecimento da área.

A todos os colegas de turma pela convivência, companheirismos e amizade, em especial Hélio Nogueira, Alex Feitosa, Jose Francisco, Salatiel Venancio, Moisés Andrade, Anne Kelly e Kátia Regina.

A todos os amigos, em especial João Paulo de Sousa, Sinthya Araújo, Tereza Gurgel, Hilário José e Ana Clarissa pela amizade e convivência ao longo de toda jornada.

Aos meus colegas do projeto MEVEMUC, Eduardo, Leandro, Jurandir, Laíssa, Larissa, Maricota, Gustavo, Luciana, Érika, Thársia, Conceição, Leonardo e Ângela pela ajuda nas coletas, na organização dos dados e nas análises de laboratório.

Às secretarias do LARHISA, Leonor, Carina e Lucymara, pela dedicação em ajudar os alunos do programa.

A todos os professores do Programa de Pós-graduação em Engenharia Sanitária da UFRN, que colaboraram para minha formação.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS	x
APRESENTAÇÃO.....	xi
RESUMO.....	xii
ABSTRACT	xiii
1 – INTRODUÇÃO	1
2 – MATERIAL E MÉTODOS.....	3
2.1 – Área de estudo	3
2.2 – Delimitação e classificação de áreas quanto ao uso e ocupação do solo.....	5
2.3 – Levantamento da qualidade da água.....	6
2.4 – A resolução CONAMA 357/05 e a portaria 2.914/11	8
2.5 – Análises estatísticas	11
3 – RESULTADOS E DISCUSSÕES	11
3.1 – Identificação do uso e ocupação do solo das margens do reservatório.....	11
3.2 – Estado da qualidade da água do reservatório	20
3.3 – Análise de Componentes Principais	28
3.4 – Recomendações.....	29
4 – CONCLUSÕES	29
REFERÊNCIAS.....	30
ANEXO FOTOGRÁFICO.....	35

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Mapa da localização da bacia hidrográfica do reservatório Dourado e do município de Currais Novos/RN. (Fonte: Projeto MEVEMUC)	3
Figura 02: Áreas delimitadas pelo uso e ocupação do solo nas margens do reservatório Dourado, Currais Novos – RN, e os pontos de coleta de água.	12
Figura 03: Classificação do uso e ocupação do solo da área 1 nas margens do reservatório Dourado, Currais Novos - RN.....	13
Figura 04: Classificação do uso e ocupação do solo da área 2 nas margens do reservatório Dourado, Currais Novos - RN.....	14
Figura 05: Classificação do uso e ocupação do solo da área 3 nas margens do reservatório Dourado, Currais Novos – RN.....	15
Figura 06: Classificação do uso e ocupação do solo da área 4 nas margens do reservatório Dourado, Currais Novos - RN.....	16
Figura 07: Classificação do uso e ocupação do solo da área 5 nas margens do reservatório Dourado, Currais Novos - RN.....	17
Figura 08: Classificação do uso e ocupação do solo da área 6 nas margens do reservatório Dourado, Currais Novos - RN.....	18
Figura 09: Precipitações mensais no período de agosto/2012 a fevereiro/2013 e precipitações médias mensais no período compreendido entre 1964 e 2011 para a região. (Fonte: EMPARN).	20
Figura 10: Comparação entre o volume armazenado pelo reservatório no período de estudo (Ago/2012 a Fev/2013) com o mesmo período do ano anterior (Ago/2011 a Fev/2012). (Fonte: DNOCS).....	21
Figura 11: Variação dos valores médios mensais da condutividade elétrica com o volume do reservatório para o período de estudo.	24
Figura 12: Valores médios de sólidos suspensos totais (SST), sólidos suspensos fixos (SSF) e sólidos suspensos voláteis (SSV) nos meses analisados.	25
Figura 13: Variação temporal dos valores médios de nitrato e do volume do reservatório durante o período de estudo.	26

Figura 14: Análise de Componentes Principais (ACP) de variáveis limnológicas no reservatório Dourado, durante o período de estudo. Unidades amostrais: local de coleta (P1, P2, P3, P4, P5 e P6); meses amostrados (Ago = Agosto; Set = Setembro; Out = Outubro; Nov = Novembro; Dez = Dezembro; Jan = Janeiro; Fev = Fevereiro); T = temperatura da água; Cond = Condutividade elétrica da água; OD = oxigênio dissolvido; pH = pH da água; Turb = Turbidez; PT = fósforo total; NO₃ = Nitrato; NH₃ = nitrogênio amoniacal; Secchi = transparência; Vol = Volume.**28**

LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Uso e ocupação dos solos para as áreas avaliadas	18
Tabela 02: Resultado das análises dos parâmetros de qualidade da água do reservatório para cada ponto de coleta.	22
Tabela 03: Médias das análises dos parâmetros de qualidade da água do reservatório para cada mês.....	23
Tabela 04: Resultado das análises de metais pesados da água do reservatório.	27

APRESENTAÇÃO

Este trabalho foi realizado na Universidade Federal do Rio Grande do Norte, no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária, sob a orientação do prof. Dr. Arthur Mattos e co-orientação do prof. Dr. Manoel Lucas.

A pesquisa foi parte integrante do projeto “Monitoramento da Evaporação e Mudanças Climáticas no Rio Grande do Norte”, financiado pela FINEP/CNPq (processo nº52009).

A análise do uso e ocupação do solo das margens de um reservatório e a sua influência na qualidade da água é o tema do presente trabalho. A dissertação possui o formato de um artigo científico, contendo resumo, abstract, introdução, material e métodos, resultados e discussão, conclusões e referências.

ANÁLISE DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DAS MARGENS DE UM RESERVATÓRIO E A SUA INFLUÊNCIA NA QUALIDADE DA ÁGUA

RESUMO

A construção de reservatórios de água se tornou uma solução para a escassez de água das regiões semiáridas, porém, a ocupação e o uso dos solos próximos às margens dos reservatórios vêm causando sérios danos a qualidade da água, chegando a prejudicar o seu uso. Este trabalho tem como objetivo analisar o uso e ocupação do solo das margens de um reservatório nordestino e avaliar a sua influência sobre a qualidade da água, visando identificar as áreas e as atividades que representam um maior perigo de contaminação ao reservatório. O trabalho foi realizado no reservatório Dourado, localizado no município de Currais Novos – RN, durante período de agosto de 2012 a fevereiro de 2013. Foram delimitadas seis áreas quanto ao uso e ocupação do solo, em seguida, foram coletadas águas das margens dessas áreas para a caracterização da qualidade da água. Os resultados mostraram que quase toda a Área de Preservação Permanente (APP) do reservatório esta degradada, aumentando a susceptibilidade de entrada de grandes cargas de nutrientes e de contaminantes. A água do reservatório apresentou baixa qualidade, estando com fortes indícios de eutrofização devido ao acúmulo de nutrientes advindos das atividades realizadas nas margens do reservatório, principalmente da agricultura e da criação de animais. As áreas 1 e 2 são as áreas que apresentam um maior risco de degradação do reservatório, pois são as possíveis maiores fontes de nutrientes (fosforo total, ortofosfato e nitrato), porém, devido ao pequeno tamanho do reservatório, qualquer tipo de composto que chegue em sua margem acaba influenciando na qualidade da água do mesmo.

Palavras-Chave: Eutrofização; poluição difusa; área de preservação permanente.

ANALYSIS OF LAND USE AND OCCUPATION IN THE MARGINS OF A RESERVOIR AND ITS INFLUENCE ON WATER QUALITY

ABSTRACT

The building of water reservoirs has become a solution for water scarcity of the semiarid regions, however, the land use and occupation near the margins of the reservoirs have been causing serious damage to water quality, harming their use. This paper aims to analyze the land use and occupation in the margins of the Northeast reservoir and evaluate their influence on the water quality, to identify the areas and activities that represent an higher risk of contamination to the reservoir. The study was conducted at the reservoir Dourado, located in the city of Currais Novos - RN, during the period from August 2012 to February 2013. Were defined six areas regarding the land use and occupation, then, Water samples were collected from the margins in these areas for the characterization of water quality. The results showed that almost all Permanent Preservation Areas (PPA) from the reservoir is degraded, increasing the susceptibility of large input of nutrients and contaminants loads. The water reservoir showed low quality, being with strong evidence of eutrophication due to the nutrient accumulation arising from the activities surrounding the reservoir, mainly from agriculture and Livestock. The Areas 1 and 2 are the areas that present a greater risk of reservoir degradation, because are the possible major sources of nutrients (phosphorus total, orthophosphate and nitrate), however, due to the small size of the reservoir, any compound that reaches its margins ultimately affects the water quality of the same.

Keywords: eutrophication; diffuse pollution; permanent preservation areas.

1 – INTRODUÇÃO

A disponibilidade de água, tanto em quantidade como em qualidade, é um dos principais fatores limitantes ao desenvolvimento das cidades. O desenvolvimento requer uma atividade contínua e não pode ficar sujeita as variações das distribuições de chuva, o que leva a necessidade de um manancial de água para suprir as demandas em períodos de estiagem. A construção de barragens gerando reservatórios deu uma solução para esse problema, captando água na época das chuvas e armazenando para a utilização na época das secas ou estiagens.

Porém, com o passar do tempo, se verificou que a solução para a falta de água não é apenas o armazenamento para suprir as demandas, mas que também é necessário providenciar o fornecimento de água de qualidade, requerendo assim uma proteção e controle permanente dos reservatórios para evitar a sua contaminação.

Na região Nordeste os reservatórios foram construídos com a finalidade de servir como oferta hídrica, pois se pensava apenas em suprir a quantidade, não havendo a preocupação com a qualidade da água. Essa procura somente por quantidade trouxe a falta de medidas de controle e proteção, permitindo ao longo do tempo a contaminação dos reservatórios, afetando as atividades como agricultura e a pesca, mas principalmente, afetando o fornecimento de água para o consumo humano.

Sem a devida proteção, a qualidade da água dos reservatórios é comprometida 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).

Para combater a contaminação desses reservatórios é necessário identificar as fontes de poluição, para em seguida definir as medidas de recuperação da qualidade da água, necessitando assim do estudo do uso e da ocupação dos solos das áreas próximas aos reservatórios. O estudo do uso e ocupação do solo consiste em buscar conhecimento de toda a sua utilização por parte do homem ou pela

caracterização dos tipos e categorias de vegetação natural que reveste o solo (FERREIRA *et al.*, 2005).

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 um manancial.

Santos & Sparovek (2011) mostraram também outra forma de combater a contaminação dos mananciais, que é preservação da mata ciliar, pois ela previne ou minimiza a movimentação de sedimentos e compostos gerados durante o processo erosivo, diminuindo a contaminação dos mananciais pela introdução dos mesmos.

As matas ciliares são uma das formações vegetais mais importantes para a preservação do equilíbrio da natureza, seja por sua capacidade de recarregar aquíferos, de manutenção da qualidade da água, de reduzir as taxas de erosão e assoreamento dos rios ou, principalmente, por sua importância para a manutenção da biodiversidade (RICHIE & MCARTY, 2003). Quanto maior o estado de deterioração de uma 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) .

A cidade de Currais Novos, localizada na região do Seridó do estado do Rio Grande do Norte, está sofrendo com a qualidade da água do seu principal manancial, o reservatório Dourado. Segundo Oliveira (2012), o reservatório Dourado, que é utilizado em parte como fonte de água para o sistema de abastecimento da cidade, vem apresentando problema com a qualidade da água.

O reservatório dourado recebe elevadas cargas de nutrientes advindo das margens ocupadas por atividade de agricultura e pecuária, sendo a criação de animais a potencial fonte difusa de fósforo para o reservatório (OLIVEIRA, 2012).

A má qualidade da água também preocupa os agricultores que necessitam de águas com padrão de qualidade para a irrigação. Assim, o reservatório Dourado vem necessitando de ações de diagnóstico das fontes de poluição para que sejam definidas medidas de controle e proteção.

Dessa forma, este trabalho tem como objetivo analisar o uso e ocupação do solo das margens do reservatório Dourado e avaliar a sua influência sobre a qualidade da água mediante a análise físico-química e biológica da água, visando identificar as áreas e as atividades que representam um maior perigo a contaminação do reservatório.

2 – MATERIAL E MÉTODOS

2.1 – Área de estudo.

O Trabalho foi realizado no reservatório Dourado, localizado no município de Currais Novos – RN, situado entre os paralelos 06° 13' e 06° 15' Sul e os meridianos 36°31' e 36°29' Oeste. Construído pelo Departamento Nacional de Obras Contra a Seca (DNOCS) no ano de 1982, o reservatório possui uma bacia hidrográfica com limites entre os paralelos 06°07' e 06° 13' Sul e os meridianos 36°32' e 36°16' Oeste, cobrindo uma área de 478,93 km² (figura 01).

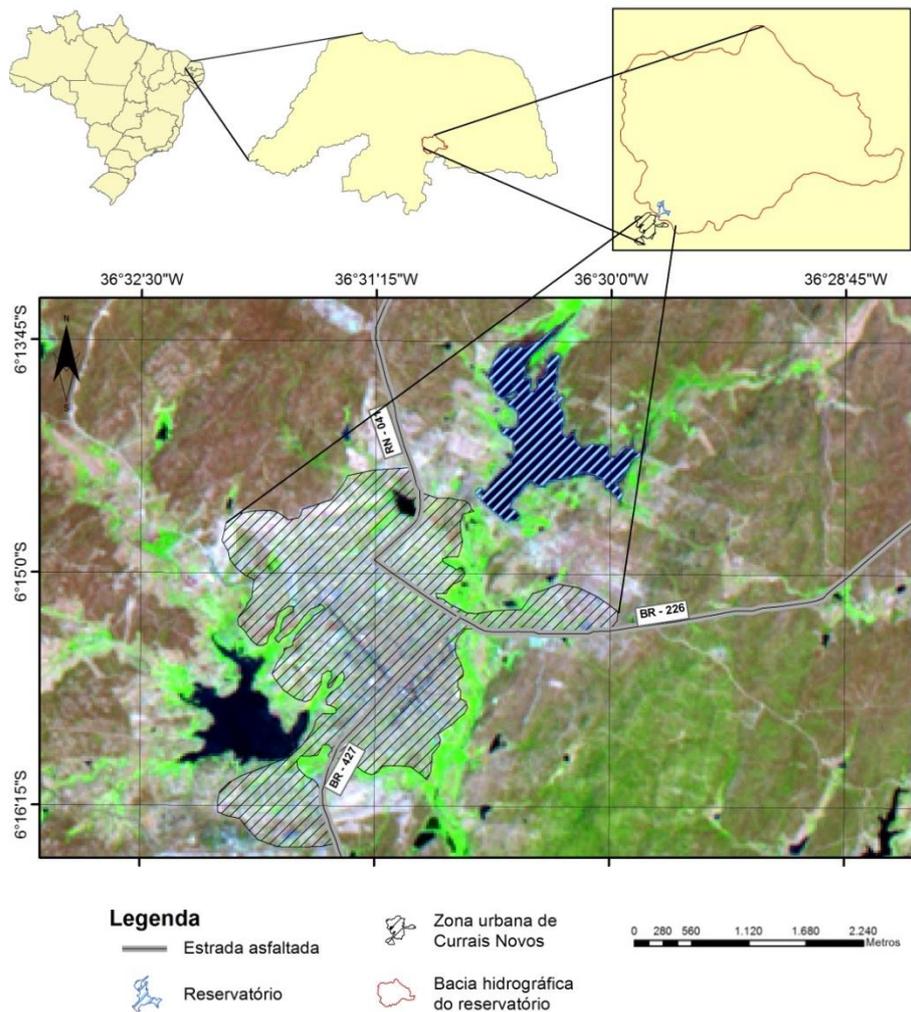


Figura 01: Mapa da localização da bacia hidrográfica do reservatório Dourado e do município de Currais Novos/RN. (Fonte: Projeto MEVEMUC).

O reservatório situa-se a uma altitude média de 335 m, tendo uma capacidade máxima de 10.321.600,00 m³ e uma profundidade máxima de 10 m. O reservatório possui uma barragem construída em terra com 524 m de extensão e

altura máxima de 14,50 m. A conclusão da construção do reservatório foi em 1982, a partir do barramento do rio São Bento (SEMARH, 2013).

A água do reservatório é usada pelas pequenas propriedades rurais situadas às margens do reservatório para a agricultura e dessedentação de animais, além de ser usado para pesca e recreação da comunidade local.

O sistema de abastecimento público de água da cidade de Currais Novos é de responsabilidade da Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN) e é feita através da captação da água do reservatório Dourado e do reservatório Eurico Gaspar Dutra, mas conhecido como Gargalheiras (Acarí – RN). O reservatório Dourado é apenas usado para o abastecimento público da cidade quando se encontra com cota elevada, geralmente em períodos chuvosos, do contrário, é usado apenas o reservatório Gargalheiras. No período de estudo, o reservatório Dourado estava sendo utilizado apenas, para o abastecimento de carros pipas e distribuída para a comunidade rural local, mas sem passar por qualquer tratamento.

A região possui clima muito quente (semiárido), descrito pela classificação de Köppen & Geiger (1928) como clima do tipo BSw'h' (Estepe), caracterizado por um regime de escassez e desigual distribuição de chuvas, com média pluviométrica de 470 mm/ano e período chuvoso predominante nos meses Fevereiro, Março, Abril e Maio. A vegetação local é composta pela caatinga hiperxerófila e pela caatinga subdesértica do Seridó. As principais espécies presentes nesse tipo de vegetação são: pereiro, faveleiro, facheiro, macambira, mandacaru, xique-xique e jurema-preta (IDEMA, 2013).

Os solos predominantes na região são os Neossolos Litólicos, com alta fertilidade natural, com classe textural variando de areia a franco-arenosa, de relevo plano, susceptíveis à erosão natural. Esses solos se apresentam bastante rasos e estão normalmente associados ao afloramento de rochas, com sequência de horizontes A-C-R, A-R, estando ausente o horizonte B (EMBRAPA, 2006). As características morfológicas se restringem praticamente às do horizonte A, o qual varia em média de 15 a 40 cm de espessura.

Os solos da região, em condições naturais, possuem baixa capacidade de adsorção por serem formados predominantemente por minerais primários (OLIVEIRA, 2012). Desta forma, os nutrientes são facilmente carregados para o reservatório através das chuvas ou da irrigação inadequada.

Os terrenos que compõem a bacia hidrográfica do reservatório Dourado são predominantemente de formação cristalina pré-cambriana, com pouca ou nenhuma formação de aquíferos. A área possui uma temperatura média anual de 27,5 °C, com máxima de 33,0 °C e mínima de 18,0 °C, tendo ainda uma umidade relativa média anual de 64%.

O reservatório Dourado está situado em uma região mais elevada que a zona urbana da cidade de Currais Novos, não recebendo assim nenhum tipo de resíduo gerado na zona urbana.

2.2 – Delimitação e classificação de áreas quanto ao uso e ocupação do solo.

O primeiro passo do trabalho foi escolher os pontos de coleta de água, abrangendo de forma homogênea o reservatório, sendo definidos seis pontos de coleta. Para facilitar o estudo do uso e ocupação dos solos próximos ao reservatório, foram delimitadas diferentes áreas nas margens do mesmo. As áreas foram delimitadas de acordo com os seguintes critérios: 1 - abranger a Área de Preservação Permanente que, segundo a resolução CONAMA nº 302 de 2002, corresponde a uma área de largura mínima de 100m no entorno do reservatório, medida a partir do nível máximo, e; 2 - abranger as formas de uso e ocupação do solo mais próximas dos pontos de coleta de água.

Desta forma, foram delimitadas seis áreas, compreendendo áreas com largura média de 200 metros, com o auxílio dos softwares ArcGis e Google Earth. Essas áreas foram classificadas quanto ao uso e ocupação do solo através de interpretações de imagens de satélites (DigitalGlobe), entrevista com os moradores locais e por meio de visitas a campo com auxílio de um GPS modelo GARMIN etrex.

Quanto ao uso e ocupação do solo as áreas foram classificadas em:

- Mata degradada: refere-se ao estado do solo que sofreu ação antrópica, sendo composto por solos com pouca ou quase nenhuma cobertura vegetal, ou ainda por alguma construção (pequenos depósitos, casas de bombas e etc).
- Produção agrícola: refere-se ao estado do solo ocupado com alguma atividade agrícola, sendo identificada pela cultura cultivada. Ex.: milho, capim e etc.

- Pastagem: refere-se ao estado do solo usado para a criação de animais, caprinos, bovinos e suínos, servindo como local de alimentação e abrigo para os animais.
- Indústria: refere-se ao local com construções para fins industriais, sendo identificado pelo tipo de atividade industrial. Ex.: Fábrica de sabão.
- Mata nativa: refere-se ao estado do solo com cobertura vegetal nativa da região, com praticamente nenhuma intervenção do homem.

Para o estudo do uso e ocupação do solo as residências foram consideradas como mata degradada por abrangerem áreas muito pequenas, por não gerarem resíduos diretos ao reservatório e por algumas não possuírem habitantes permanentes.

2.3 – Levantamento da qualidade da água.

Durante o período de Agosto de 2012 a Fevereiro de 2013 foram realizadas coletas de amostras simples de água das margens do reservatório, com frequência mensal. Estas coletas foram realizadas em pontos fixos para todos os meses, totalizando seis pontos, a uma distância próxima de 30 metros da margem do reservatório, com o objetivo de identificar os níveis atuais dos parâmetros de qualidade da água.

O período de estudo corresponde aos meses que apresentam uma menor taxa pluviométrica para o município, sendo os meses setembro, outubro e novembro os mais secos (OLIVEIRA et al., 2012). Vale salientar que o ano de 2012, em geral, foi bastante seco, apresentando baixas taxas pluviométricas em todo o estado do Rio Grande do Norte (SEMARH, 2013).

Devido ao período de seca, o reservatório apresentou baixa profundidade, com cerca de 3,5 m de profundidade no ponto mais profundo (próximo a barragem). Todos os pontos de coletas tiveram uma profundidade média de 1 m, sendo assim, as amostras de água do reservatório foram coletadas a uma profundidade de 30 cm da superfície. Essas amostras foram coletadas 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 a análise com a finalidade de preservar ao máximo os parâmetros de qualidade da água.

Para a análise dos parâmetros de qualidade da água foram adotadas as técnicas de análise segundo o Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2005), juntamente com a utilização de uma Sonda Multiparâmetro de Qualidade de Água, fabricada pela Hydrolab/Hach.

Foram analisados os seguintes parâmetros: pH, Condutividade elétrica, Temperatura, Transparência, Oxigênio dissolvido, Fósforo total, Ortofosfato, Nitrato, Nitrogênio amoniacal, Turbidez, Coliformes Termotolerantes, Sólidos Totais, Fixos e Voláteis, e os metais pesados: Cd, Fe, Pb, Cu, Cr, Mn e Zn. Para os metais pesados, devido a ausência de variabilidade temporal, foi realizada apenas uma coleta durante o período.

O pH, a condutividade elétrica, a temperatura e o oxigênio dissolvido foram medidos através da Sonda de Multiparâmetro de Qualidade de Água. A sonda foi calibrada antes de cada medição, sendo inserida na mesma profundidade da coleta de água (30 cm da superfície).

A turbidez foi determinada por nefelometria com auxílio de um turbidímetro HACH 2100P (APHA, 2005) e a transparência com o auxílio do disco de Secchi. Para análise dos nutrientes dissolvidos inorgânicos as amostras inicialmente foram filtradas em filtros de fibra de vidro (\varnothing 47 mm e 1,5 μ m de porosidade). O Ortofosfato foi determinado pelo método de Murphy & Rilley (1962) através de espectrofotometria, enquanto que a análise de nitrato foi realizada com base no método proposto por Valderrama (1981), no qual as amostras são tratadas com salicilato de sódio e determinadas através de espectrofotometria. O nitrogênio amoniacal foi determinada através do método fotométrico da nesslerização direta, com leitura espectrofotométrica (APHA, 2005).

As concentrações de fósforo total foram determinadas pelo método colorimétrico proposto por Valderrama (1981). Os coliformes termotolerantes foram analisados pelo método da membrana filtrante (APHA, 2005), obtidos no meio m - FC depositados em placas de Petri. Foram escolhidas as placas que obtiveram contagem de colônias azuladas e os resultados finais foram registrados como unidade formadora de colônia (UFC) por 100 ml.

Os sólidos suspensos totais foram determinados através de secagem a 105° C, enquanto os sólidos suspensos fixos e voláteis através de Ignição em forno mufla a 550° C (APHA, 2005). Os metais pesados, Cd, Fe, Pb, Cu, Cr, Mn e Zn, foram determinados através de espectrofotometria de absorção atômica (APHA, 2005).

Todos os parâmetros analisados foram comparados com a resolução CONAMA 357/05 e com a portaria 2.914/11.

2.4 – A resolução CONAMA 357/05 e a portaria 2.914/11.

Como instrumento da Política Nacional dos Recursos Hídricos, o enquadramento dos corpos de água estabelece o nível de qualidade da água a ser alcançado ou mantido ao longo do tempo, sendo instituído pela Resolução CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005). A resolução classifica os corpos de água em 13 classes de qualidade:

- Águas Doces

Classe especial: águas destinadas:

- a) Ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção;
- b) A preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas;
- c) A preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.

Classe 1: águas que podem ser destinadas:

- a) Ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado;
- b) A proteção das comunidades aquáticas;
- c) A recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000;
- d) A irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película;
- e) A proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.

Classe 2: águas que podem ser destinadas:

- a) Ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
- b) A proteção das comunidades aquáticas;
- c) A recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000;
- d) A irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto;

e) A aquicultura e a atividade de pesca.

Classe 3: águas que podem ser destinadas:

- a) Ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado;
- b) A irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;
- c) A pesca amadora;
- d) A recreação de contato secundário;
- e) A dessedentação de animais.

Classe 4: águas que podem ser destinadas:

- a) A navegação;
- b) A harmonia paisagística.

- Águas Salinas

Classe especial: águas destinadas:

- a) A preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral;
- b) A preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.

Classe 1: águas que podem ser destinadas:

- a) A recreação de contato primário, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000;
- b) A proteção das comunidades aquáticas; e
- c) A aquicultura e a atividade de pesca.

Classe 2: águas que podem ser destinadas:

- a) A pesca amadora;
- b) A recreação de contato secundário.

Classe 3: águas que podem ser destinadas:

- a) A navegação;
- b) A harmonia paisagística.

- Águas Salobras

Classe especial: águas destinadas:

- a) A preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral;
- b) A preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.

Classe 1: águas que podem ser destinadas:

- a) A recreação de contato primário, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000;
- b) A proteção das comunidades aquáticas;
- c) A aquicultura e a atividade de pesca;
- d) Ao abastecimento para consumo humano após tratamento convencional ou avançado;
- e) A irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película, e a irrigação de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto.

Classe 2: águas que podem ser destinadas:

- a) A pesca amadora;
- b) A recreação de contato secundário.

Classe 3: águas que podem ser destinadas:

- a) A navegação;
- b) A harmonia paisagística.

Nos órgãos estaduais, não há nenhuma definição sobre o enquadramento do reservatório Dourado, dessa forma, o reservatório é enquadrado como água doce de classe 2, de acordo com o artigo 42 da resolução CONAMA 357 de 2005:

“Art. 42. Enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces serão consideradas classe 2, as salinas e salobras classe 1, exceto se as condições de qualidade atuais forem melhores, o que determinara a aplicação da classe mais rigorosa correspondente.”

Já a portaria 2.914/11 do ministério da saúde dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. A portaria revoga e substitui integralmente a Portaria nº 518, de 25-03-2004 e estabelece padrões de potabilidade da água, que envolve padrões estabelecidos para parâmetros físicos, químicos, microbiológicos, organolépticos, cianobactérias/cianotoxinas e radioatividade.

2.5 – Análises estatísticas.

Foram realizadas análises descritivas dos dados limnológicos com auxílio do programa Microsoft Excel 2007.

Foi realizada ainda uma Análise de Componentes Principais (ACP) com dados de temperatura, pH, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, turbidez, transparência, sólidos suspensos totais, fósforo total, ortofosfato, nitrogênio amoniacal, nitrato, coliformes termotolerantes e volume do reservatório, utilizando o programa PC-ORD® v.6 (MCCUNE & MEFFORD, 2011) para determinar as correlações das variáveis com as áreas e com o período de coleta.

3 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 - Identificação do uso e ocupação do solo das margens do reservatório

Com a análise de uso e ocupação do solo foi possível delimitar seis áreas entorno do reservatório e seis pontos de coleta de água (figura 02).

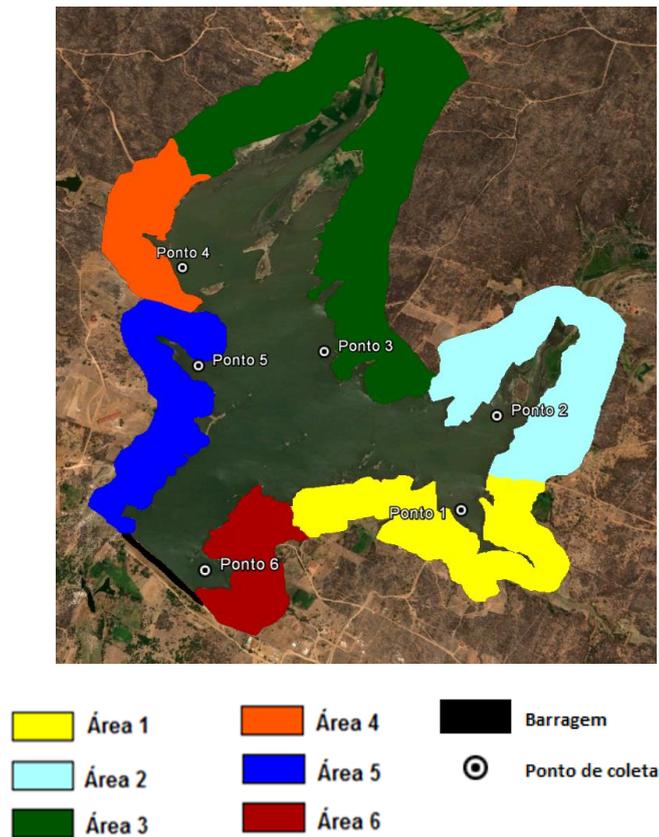


Figura 02: Áreas delimitadas pelo uso e ocupação do solo nas margens do reservatório Dourado, Currais Novos – RN, e os pontos de coleta de água.

As áreas delimitadas são detalhadas a seguir:

- Área 1

Com aproximadamente 25,4 hectares, a área 1 se localiza na parte sul do reservatório, envolvendo 3 fazendas de pequeno porte: Fazenda A, fazenda B e fazenda C (figura 03). Estas fazendas produzem capim elefante, sendo este utilizado para a nutrição de animais, mais especificamente, para o alimento do gado da região.

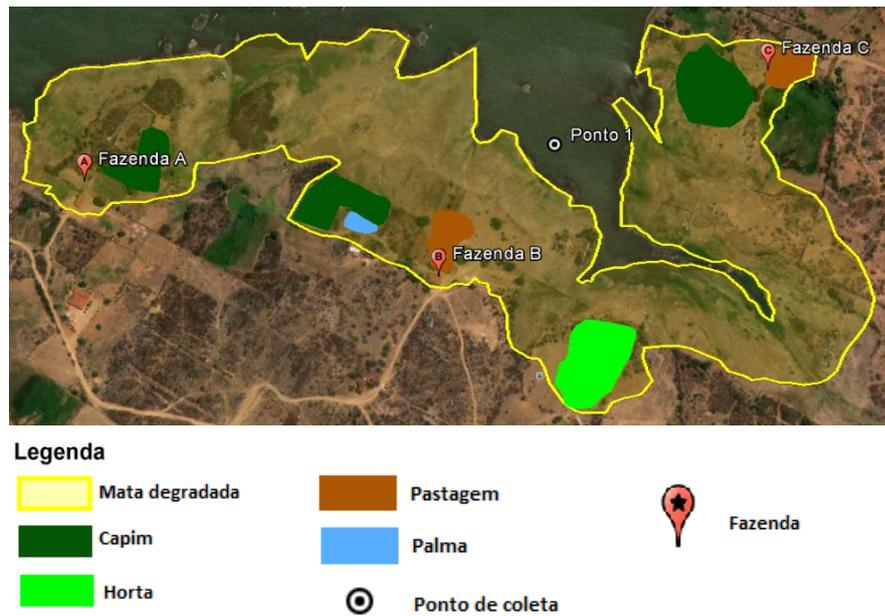


Figura 03: Classificação do uso e ocupação do solo da área 1 nas margens do reservatório Dourado, Currais Novos - RN.

A fazenda B, além da produção de capim elefante, produz palma forrageira, também utilizada para alimentar o gado da região, e hortaliças, utilizadas no consumo da própria fazenda ou vendidas no comércio local. As três fazendas utilizam água do reservatório para irrigar as culturas e para a higienização da casa. Os tipos de irrigação utilizados pelas fazendas são aspersão e de superfície (sulcos e inundação).

Para a produção agrícola, todas as fazendas utilizam adubos orgânicos (esterco bovino) e adubos químicos (diversos), mas sem se preocuparem com a conservação do solo, aplicando os adubos sem nenhum conhecimento técnico, ou melhor, sem consultar profissionais qualificados.

Além da agricultura, a área 1 também é usada para a criação de animais, caprinos e bovinos (predominância de bovinos). As fazendas B e C possuem pequenos currais para confinar os animais, servindo também de local para alimentá-los.

Esta área ainda possui um local utilizado para a ancoragem de barcos de pescadores, próximo a fazenda B. A área 1 é a que sofreu maior ação do homem, sendo encontrado apenas poucos vestígios de mata nativa.

- Área 2

A área 2, com 33,5 hectares, está situada na parte leste do reservatório, compreendendo duas fazendas: fazenda D e a fazenda E (figura 04). A fazenda E produz capim elefante, e é a única que produz milho, enquanto a fazenda D é a única de todo o reservatório que produz acerola, utilizada para a venda no comércio local.

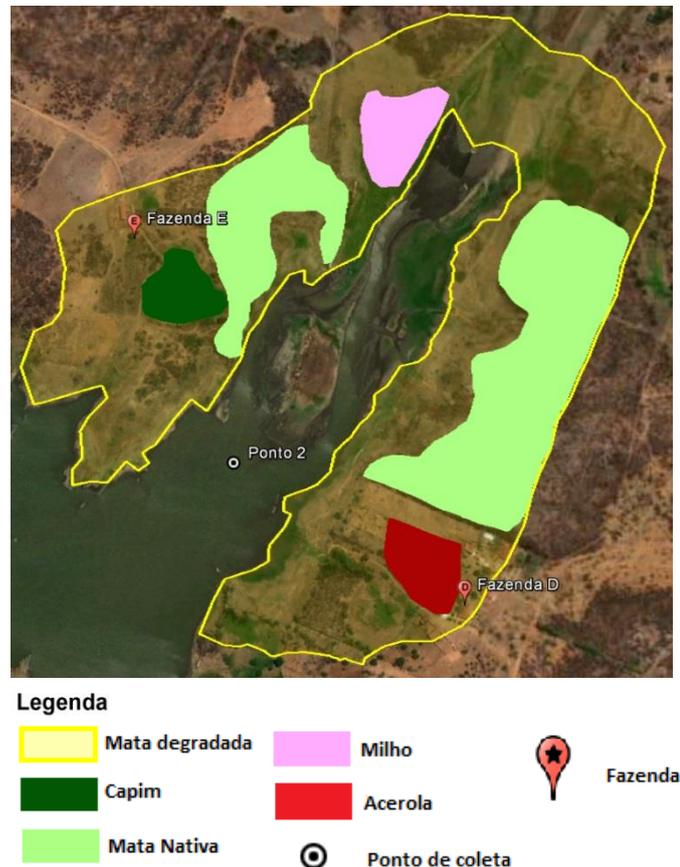


Figura 04: Classificação do uso e ocupação do solo da área 2 nas margens do reservatório Dourado, Currais Novos - RN.

Para a produção agrícola, a fazenda D utiliza adubos orgânicos (esterco bovino) e a fazenda E utiliza adubos químicos (diversos), mas, assim como os fazendeiros da área 1, sem nenhum tipo de estudo do solo. Os tipos de irrigação utilizados pelas fazendas são aspersão, localizada e de superfície (sulcos e inundação).

- Área 3

A área 3 é a maior de todas as áreas, com 78,6 hectares, composta apenas por mata nativa e mata degradada, situando-se ao norte do reservatório (figura 5). Nesta área não há nenhum tipo de atividade ou exploração do solo, possuindo

apenas pequenas trilhas/estradas feitas pelos moradores locais e uma pequena residência.

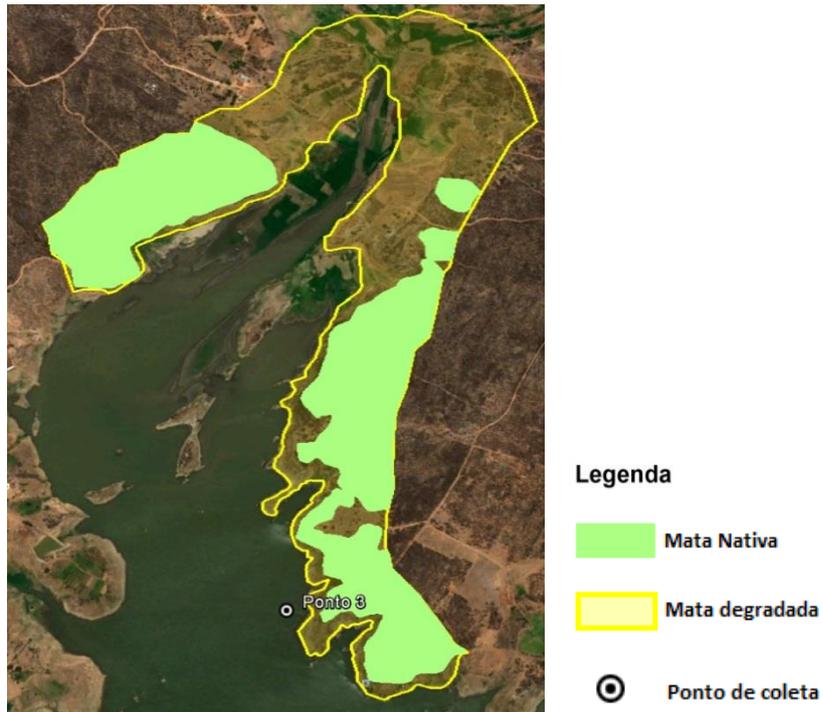


Figura 5: Classificação do uso e ocupação do solo da área 3 nas margens do reservatório Dourado, Currais Novos - RN.

A mata nativa é caracterizada por plantas de baixo porte e espalhada, tendo como principais espécies presentes o Pereiro, Facheiro, Mandacaru e Jurema-preta.

- **Área 4**

A área 4 é situada ao oeste do reservatório e possui uma área de 18,2 hectares. Nesta área há duas fazendas: fazenda F e fazenda G (figura 6).

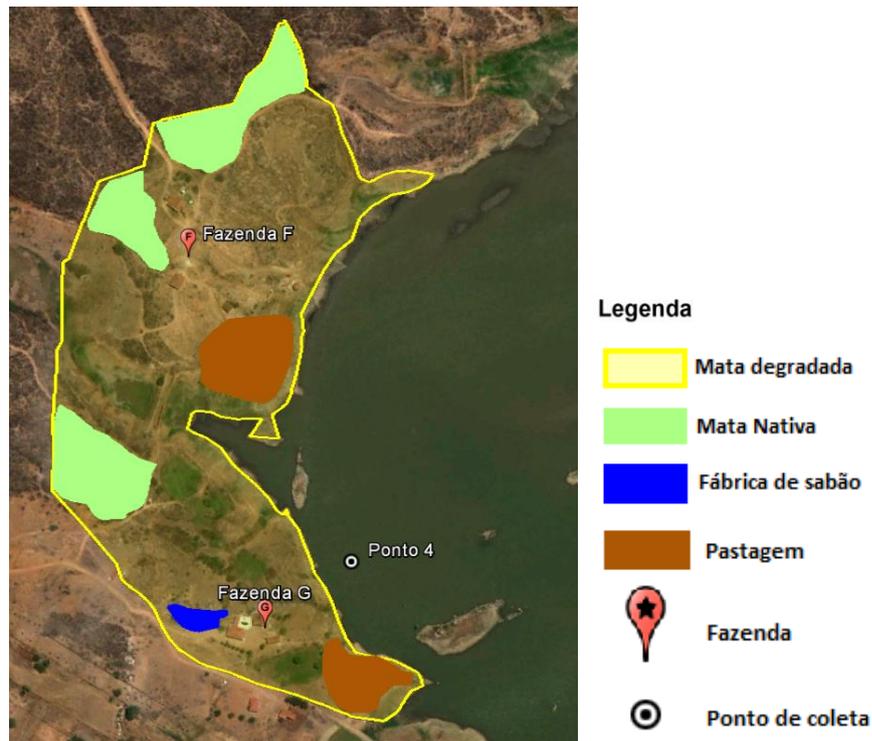


Figura 6: Classificação do uso e ocupação do solo da área 4 nas margens do reservatório Dourado, Currais Novos - RN.

As duas fazendas utilizam o solo para a pastagem de animais, porém, ambas as fazendas só criaram animais durante o primeiro mês do período estudado, ou melhor, durante o mês de agosto. A fazenda G também possui uma fábrica de sabão de pequeno porte, possuindo apenas dois galpões ao lado da residência da fazenda.

Apesar dessas formas de ocupação do solo, uma parte da área ainda é composta por mata nativa.

- **Área 5**

Situada também na parte oeste do reservatório, a área 5 tem 22,7 hectares, sendo usada apenas para a atividade agrícola, possuindo 4 fazendas: fazenda H, fazenda I, fazenda J e fazenda K (figura 7). Estas fazendas produzem hortaliças, coco e capim elefante, respectivamente.

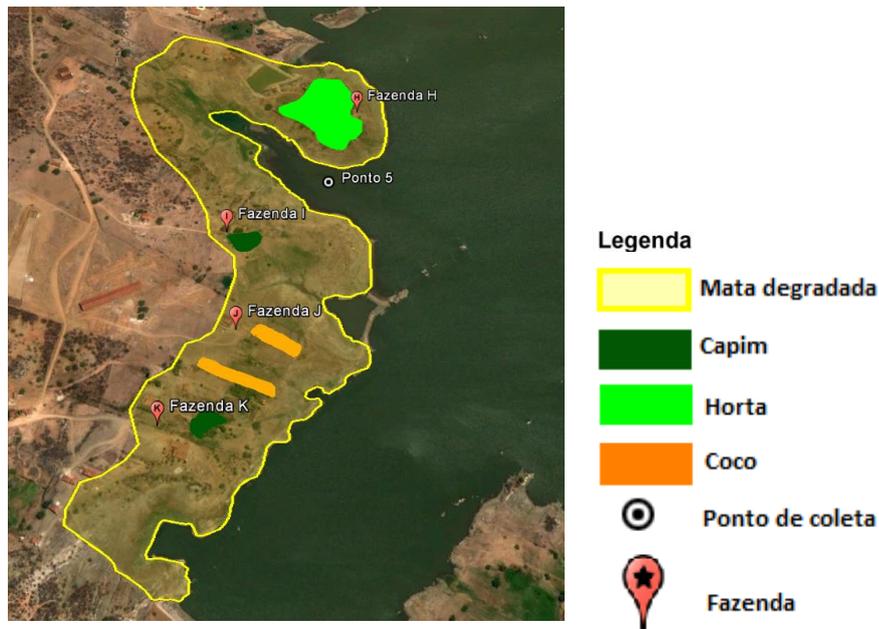


Figura 7: Classificação do uso e ocupação do solo da área 5 nas margens do reservatório Dourado, Currais Novos - RN.

Para a produção agrícola, as fazendas utilizam apenas adubos orgânicos (esterco bovino), sem a consulta de profissionais qualificados. Os tipos de irrigação utilizados pelas fazendas são aspersão, localizada e de superfície (sulcos e inundação).

Apesar de possuir 4 fazendas, a área 5 é quase totalmente ocupada por matas degradadas, ou melhor, possuindo quase nenhuma cobertura vegetal do solo. Assim como na área 1, esta área possui um local para a ancoragem de barcos de pescadores, situado entre a fazenda H e fazenda I.

- Área 6

A área 6 está situada ao sul do reservatório, entre a barragem e a área 1 (figura 8). Esta é a menor das áreas classificadas, com apenas 12,6 hectares. Esta área possui apenas uma fazenda, fazenda L, que utiliza o solo para a produção de capim elefante.

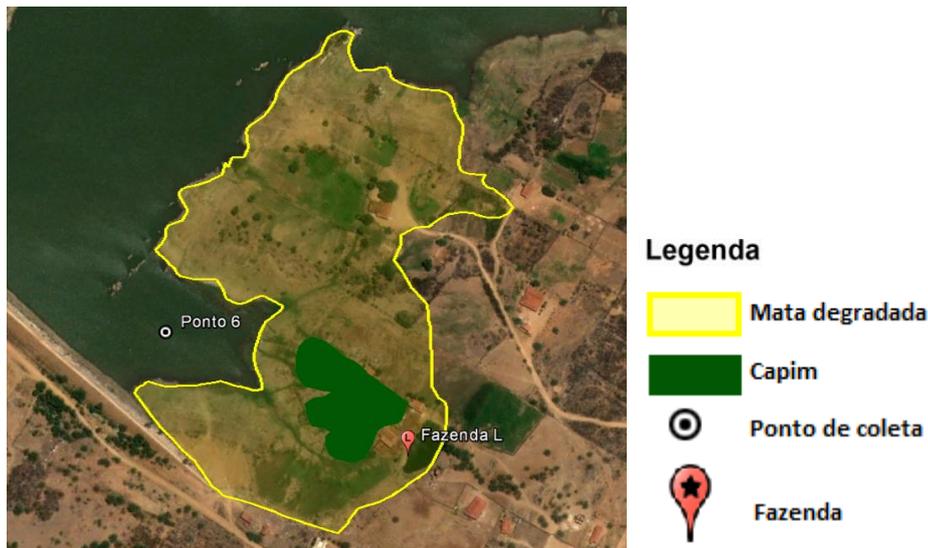


Figura 8: Classificação do uso e ocupação do solo da área 6 nas margens do reservatório Dourado, Currais Novos - RN.

A fazenda L utiliza apenas adubos orgânicos (esterco bovino), mas como as outras fazendas, sem a consulta de profissionais qualificados. Esta fazenda utiliza o sistema de irrigação por aspersão.

Apesar de ser um reservatório pequeno, as margens do reservatório Dourado não foram completamente ocupadas por atividades. A tabela 01 apresenta as proporções de cada uso e ocupação do solo para cada área avaliada e para a área estudada total.

Tabela 01: Uso e ocupação dos solos para as áreas avaliadas

Uso e ocupação	Área (%)						Área total
	1	2	3	4	5	6	
Mata degradada	89,17	69,49	56,17	78,96	92,38	92,62	71,77
Capim elefante	5,83	2,03	0,00	0,00	1,06	7,38	1,74
Palma	0,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05
Horta	2,76	0,00	0,00	0,00	4,98	0,00	0,96
Acerola	0,00	2,36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,41
Milho	0,00	2,78	0,00	0,00	0,00	0,00	0,49
Coco	0,00	0,00	0,00	0,00	1,59	0,00	0,19
Pastagem	1,85	0,00	0,00	7,42	0,00	0,00	0,95
Fabrica de sabão	0,00	0,00	0,00	0,66	0,00	0,00	0,06
Mata nativa	0,00	23,34	43,83	12,97	0,00	0,00	23,37

Em todas as áreas, como em toda a margem do reservatório, a maior porcentagem de ocupação do solo é de matas degradadas, ocupando 71,77% da área total. Esses solos sem cobertura vegetal estão mais propícios à erosão, facilitando o transporte de sedimentos e compostos para o reservatório (SILVA *et al.*,

2005; PORTO *et al.*, 1992). Produtos agrícolas, como adubos e agrotóxicos, e compostos orgânicos oriundos da decomposição da matéria orgânica do solo são facilmente arrastados pelas águas das chuvas para dentro do reservatório (COLLINS *et al.*, 2007).

Quase toda a APP do reservatório está degradada, com pouquíssima área composta por mata ciliar. Muitas atividades se concentram a menos 100 m da margem do reservatório, principalmente a produção de hortaliças da fazenda H, onde toda a produção está dentro da área de preservação. As atividades de pastagem (com exceção da fazenda C) e também outras atividades agrícolas também estão inseridas dentro das áreas de preservação.

De toda a margem do reservatório Dourado, apenas 4,86% está ocupada com algum tipo de atividade. Dessas atividades, a agricultura familiar é a que tem maior representação, principalmente a produção de capim elefante, com 1,74% da área total estudada, devido ao grande interesse da comunidade rural de produção de alimentos para animais de regiões vizinhas, sendo esta uma atividade comum da população rural da região.

As áreas 1 e 2 são as que apresentam maiores riscos de contaminação, pois além de possuírem boa parte da produção agrícola da área estudada, possuem produtores que utilizam adubos químicos sem nenhuma forma de controle de aplicação ou manejo do solo, facilitando o acúmulo de nutrientes no solo, principalmente nitrogênio e fósforo. Devido à falta da mata ciliar, o reservatório corre sérios riscos de contaminação originada pelo acúmulo desses nutrientes, pois com a ação da chuva, esses nutrientes são carregados facilmente para o reservatório, causando a eutrofização do manancial, facilitada em ambientes áridos pela alta taxa de evaporação (THORNTON & RAST, 1993; BARBOSA *et al.*, 2006; FREITAS *et al.*, 2011).

A área 1 ainda é, praticamente, a única área que contém a atividade de criação de animais, outra grande fonte geradora de nutrientes para o manancial. Segundo Rodrigues *et al.* (2008), nas áreas de pastagem, a criação de animais aumenta os teores de fósforo no solo, podendo haver um retorno de 10,08 g de fósforo consumido diariamente por animal confinado.

3.2 – Estado da qualidade da água do reservatório

Durante o período de estudo, compreendido entre os meses de agosto de 2012 a fevereiro de 2013, observou-se uma baixa precipitação na região, caracterizando um período de seca. A precipitação ocorrida na região no período de estudo foi abaixo da média histórica (figura 9), influenciando na diminuição da recarga do reservatório, contribuindo para a pequena quantidade de volume armazenado.



Figura 9: Precipitações mensais no período de agosto/2012 a fevereiro/2013 e precipitações médias mensais no período compreendido entre 1964 e 2011 para a região. (Fonte: EMPARN).

As variações dos volumes no período de estudo, agosto/2012 a fevereiro/2013, juntamente com as variações do mesmo período do ano anterior, agosto/2011 a fevereiro/2012 (figura 10), mostram que o reservatório perdeu bastante água se comparado com o mesmo período do ano anterior. O ano de 2012 foi caracterizado como ano de seca devido às baixas precipitações, não sendo suficiente para elevar, de forma considerável, o volume do reservatório.

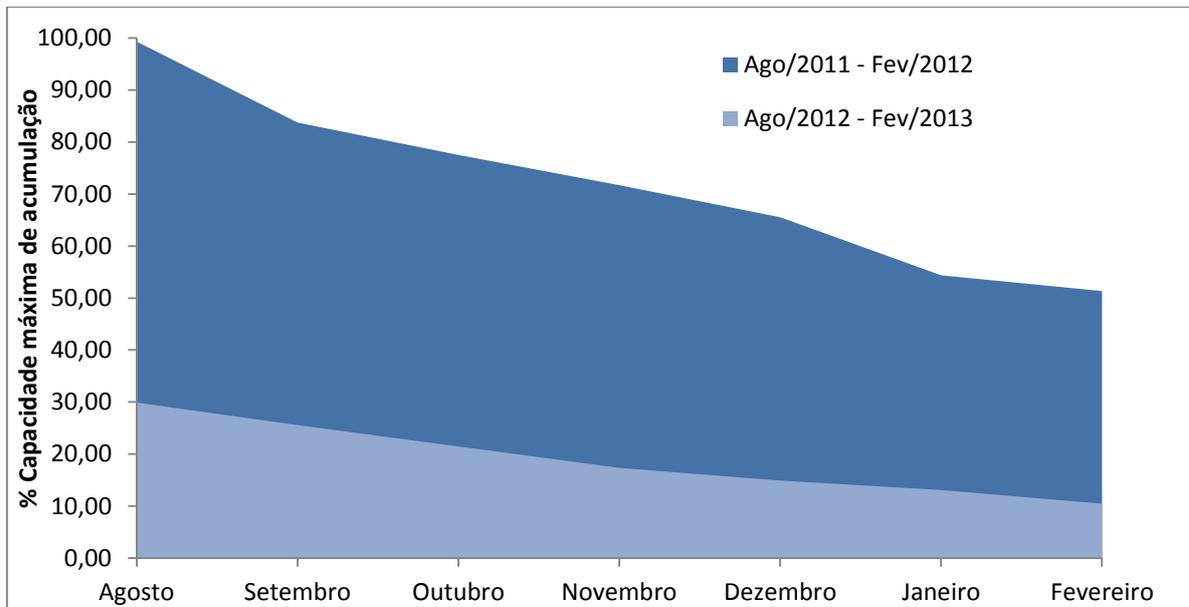


Figura 10: Comparação entre o volume armazenado pelo reservatório no período de estudo (Ago/2012 a Fev/2013) com o mesmo período do ano anterior (Ago/2011 a Fev/2012). (Fonte: DNOCS).

Os resultados das estatísticas descritivas para os parâmetros de qualidade da água do período de estudo estão apresentados nas tabelas 2 e 3. Como a maioria das variáveis estão espacialmente distribuída de forma homogênea no reservatório, as médias dos seis pontos de coleta foram utilizadas para descrever os parâmetros de qualidade da água para cada mês.

Tabela 02: Resultado das análises dos parâmetros de qualidade da água do reservatório para cada ponto de coleta.

Parâmetro	Resultado	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6
Temperatura (°C)	Média	25,66	25,66	26,95	26,78	27,25	26,77
	Min - Máx	23,72 - 28,14	23,75 - 27,65	25,24 - 28,62	25,37 - 31,23	25,88 - 30,00	25,41 - 27,61
pH	Média	8,64	8,63	8,78	8,88	8,88	8,74
	Min - Máx	8,29 - 8,89	8,28 - 8,89	8,38 - 9,06	8,42 - 9,15	8,50 - 9,08	8,31 - 8,94
Condutividade (µS/cm)	Média	1796	1797	1795	1807	1799	1792
	Min - Máx	1316 - 2494	1318 - 2498	1316 - 2499	1327 - 2489	1319 - 2509	1309 - 2498
OD	Média	8,30	8,40	9,72	9,36	9,97	8,17
	Min - Máx	5,44 - 11,28	6,98 - 10,99	6,82 - 12,67	6,74 - 15,12	6,80 - 12,21	5,70 - 10,43
Turbidez (NTU)	Média	32,86	35,14	34,29	35,53	36,14	32,00
	Min - Máx	30,00 - 39,00	28,00 - 46,00	25,00 - 54,00	19,70 - 42,00	28,00 - 44,00	22,00 - 51,00
Transparência (cm)	Média	21,57	20,57	20,86	21,43	19,57	22,00
	Min - Máx	15,00 - 24,00	15,00 - 25,00	10,00 - 25,00	15,00 - 26,00	16,00 - 23,00	15,00 - 26,00
Nitrogênio amoniacal (mg/L)	Média	1,24	1,21	1,28	1,44	1,14	1,35
	Min - Máx	0,21 - 2,10	0,65 - 2,23	0,67 - 2,03	0,92 - 2,02	0,31 - 2,21	0,57 - 2,02
Fosforo Total (µg/L)	Média	143,27	144,72	117,13	117,22	97,37	96,77
	Min - Máx	60,00 - 208,40	62,00 - 201,20	60,00 - 172,00	62,00 - 174,20	64,00 - 162,20	56,00 - 163,00
Ortofosfato (µg/L)	Média	5,64	5,95	4,08	4,57	4,98	5,00
	Min - Máx	1,29 - 11,43	2,00 - 9,29	0,57 - 7,91	0,57 - 9,34	1,29 - 9,34	0,57 - 10,71
Nitrato (µg/L)	Média	259,36	244,36	226,14	196,14	197,93	191,86
	Min - Máx	129,00 - 539,00	99,00 - 496,50	74,00 - 424,00	59,00 - 359,00	109,00 - 284,00	71,50 - 331,50
Sólidos Totais (mg/L)	Média	35,23	34,36	32,19	34,44	33,36	30,39
	Min - Máx	27,50 - 44,00	26,50 - 43,00	24,50 - 36,8	25,00 - 47,80	28,00 - 39,24	20,50 - 36,67
Sólidos Fíxos (mg/L)	Média	9,01	8,68	7,17	7,17	8,77	6,59
	Min - Máx	2,00 - 18,50	1,00 - 14,00	2,00 - 13,33	1,00 - 11,8	1,00 - 16,50	1,50 - 12,00
Sólidos Voláteis (mg/L)	Média	26,21	25,68	25,02	27,28	24,60	23,80
	Min - Máx	15,00 - 34,00	19,00 - 30,00	19,50 - 29,50	8,00 - 102,50	15,50 - 32,00	13,50 - 32,67
Coliformes Termotolerantes (UFC/100 ml)	Média	45,52	0,00	0,00	5,71	0,00	0,00
	Min - Máx	0,00 - 116,67	0,00	0,00	0,00 - 40,00	0,00	0,00

Tabela 03: Médias das análises dos parâmetros de qualidade da água do reservatório para cada mês.

Parâmetro	Mês						
	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro
Temperatura (°C)	24,90	25,40	26,53	26,56	28,85	27,04	26,33
pH	8,66	8,73	8,97	8,36	8,92	8,77	8,90
Condutividade (µS/cm)	1317,5	1465,33	1634,17	1663,17	1843,33	2162,17	2497,83
OD	9,09	8,39	10,63	7,14	11,90	9,09	6,67
Turbidez (NTU)	27,28	29,00	35,50	30,00	34,00	38,50	46,00
Transparência (cm)	24,67	22,33	23,33	21,50	20,83	20,00	14,33
Nitrogênio amoniacal (mg/L)	1,10	2,10	1,25	1,43	1,07	1,33	0,67
Fosforo Total (µg/L)	176,20	147,83	79,53	108,50	63,17	129,60	131,07
Ortofosfato (µg/L)	4,11	8,39	3,50	1,05	7,60	8,45	2,17
Nitrato (µg/L)	146,50	90,25	295,25	160,25	178,17	381,50	283,17
Sólidos Totais (mg/L)	33,92	27,42	31,42	31,42	39,84	34,39	34,91
Sólidos Fíxos (mg/L)	10,42	4,50	5,75	7,75	9,31	9,47	8,09
Sólidos Voláteis (mg/L)	23,50	22,92	25,67	23,67	30,53	24,92	26,82
Coliformes Termotolerantes (UFC/100 ml)	26,11	15,00	10,33	8,33	0,00	0,00	0,00

A temperatura do reservatório apresentou elevados valores durante todo o período de estudo, apresentando o maior valor no mês de dezembro. Quanto ao Oxigênio Dissolvido (OD), foram encontrados valores acima de 5 mg/L, estando o reservatório em conformidade com o seu enquadramento para este parâmetro.

O pH apresentou-se alcalino durante todo o período para todos os pontos, apresentando valores médios acima de 8,5 e menor que 9,0, valores permitidos para águas de classe II. Os maiores valores de pH foram encontrados nos pontos 3, 4 e 5, com valores de 9,06, 9,15 e 9,08, respectivamente. Os altos valores de pH podem ser explicados devido ao aumento da biomassa algal e à consequente elevação das

concentrações de oxigênio dissolvido (OLIVEIRA, 2012), já que não há despejos industriais ou domésticos no reservatório.

A condutividade elétrica da água do reservatório apresentou valores elevados, aumentando bastante durante o período de estudo (figura 11). No início do período, foi encontrado o valor mínimo de 1309 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (mês de agosto para o ponto 6) e no último mês o valor máximo de 2509 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (mês de fevereiro para o ponto 5).

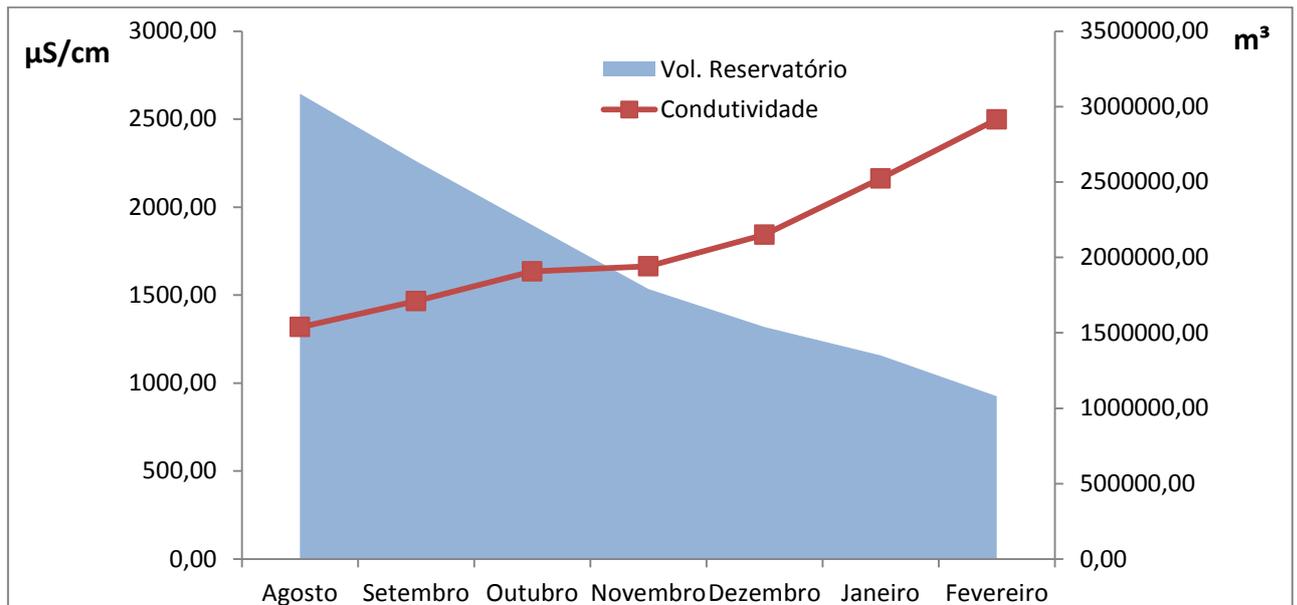


Figura 11: Variação dos valores médios mensais da condutividade elétrica com o volume do reservatório para o período de estudo.

A medida que o volume do reservatório diminuiu, a condutividade elétrica da água aumentou. Com as perdas da água por evaporação, a concentração de sais na coluna de água aumenta, sendo esse acúmulo também intensificado pela falta de renovação da água do reservatório, ou melhor, pela falta de chuva.

Como a água do reservatório é usada para a irrigação, ela apresenta alto risco de salinização do solo. A água do reservatório se enquadra na classe de salinidade C3 para o período de agosto a janeiro, com valores de condutividade de 700 a 2250 $\mu\text{S}/\text{cm}$, e na classe C4 para o mês de fevereiro, com valores de condutividade acima de 2250 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (RICHARDS, 1954). Desta forma, a água do reservatório não pode ser usada em solos com drenagem deficiente, como os solos da região (IDEMA, 2013).

Assim como a condutividade elétrica, a turbidez apresentou valores crescentes ao longo do período de estudo, mas ainda possuindo valores permitidos

pelo seu enquadramento (< 100 NTU). O maior valor encontrado foi de 54 NTU, no mês de fevereiro para o ponto P3, quando o reservatório se encontrava mais seco.

Os sólidos suspensos seguiram o padrão de reservatórios de regiões semiáridas nos períodos de seca (ROLAND *et al.*, 2005), apresentando valores mais baixos nos meses mais secos (OLIVEIRA *et al.*, 2012), mostrando o efeito da chuva em arrastar partículas minerais das margens para o reservatório (figura 12).

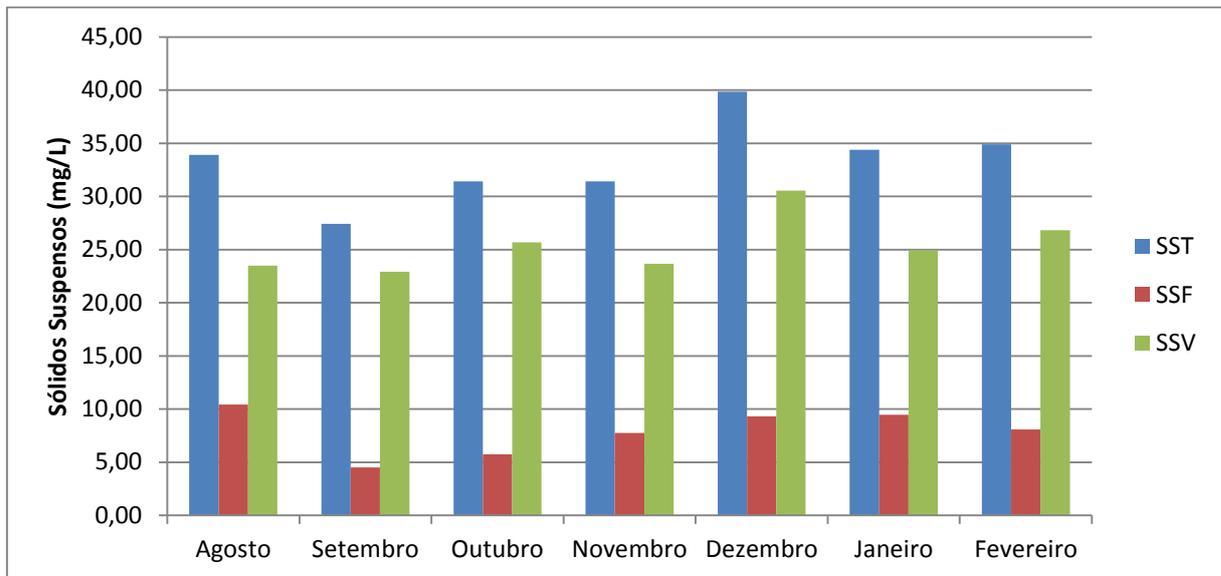


Figura 12: Valores médios de sólidos suspensos totais (SST), sólidos suspensos fixos (SSF) e sólidos suspensos voláteis (SSV) nos meses analisados.

Os solos encontrados na região sem cobertura vegetal, juntamente com a falta da mata ciliar, facilitam o carreamento de partículas minerais para o reservatório pelo escoamento superficial das águas das chuvas e pela irrigação inadequada.

A quantidade de sólidos suspensos voláteis foi bem superior aos sólidos suspensos fixos, indicando que a maior parte da turbidez é de origem orgânica (VON SPERLING, 2005).

Os pontos 1, 3 e 4 apresentaram valores médios de sólidos suspensos totais acima de 50 mg/L que, segundo Nakayama & Bucks (1986), podem gerar danos apenas aos sistemas de irrigação localizada, não trazendo prejuízos aos sistemas de irrigação por aspersão.

A maior transparência média mensal da água (profundidade do disco de Secchi) foi observada no mês de agosto (24,67) e mínima no mês de fevereiro (14,33), sendo os maiores valores encontrados no ponto 6 e os menores valores encontrados no ponto 5.

As concentrações de fósforo total variaram durante os meses de estudo, apresentando valores superiores a 100 µg/L em alguns meses, mostrando elevados níveis de eutrofização no reservatório (BARBOSA *et al*, 2012). Os valores encontrados foram acima do valor máximo permitido para águas de classe 2.

O Ortofosfato não apresentou muita variação durante o período de estudo, apresentando valores abaixo dos 10 µg/L. A diminuição das concentrações de fósforo total e o baixo valor do ortofosfato durante o período de estudo pode ser atribuída ao consumo desses nutrientes pela biomassa algal (OLIVEIRA, 2012).

O nitrato apresentou valores crescentes durante o período de estudo, mas valores abaixo do máximo permitido para águas de classe 2 (figura 13). As altas concentrações de nitrato podem estar relacionadas ao enriquecimento do reservatório com compostos nitrogenados advindos das atividades agrícolas que utilizam fertilizantes de forma não sustentável.

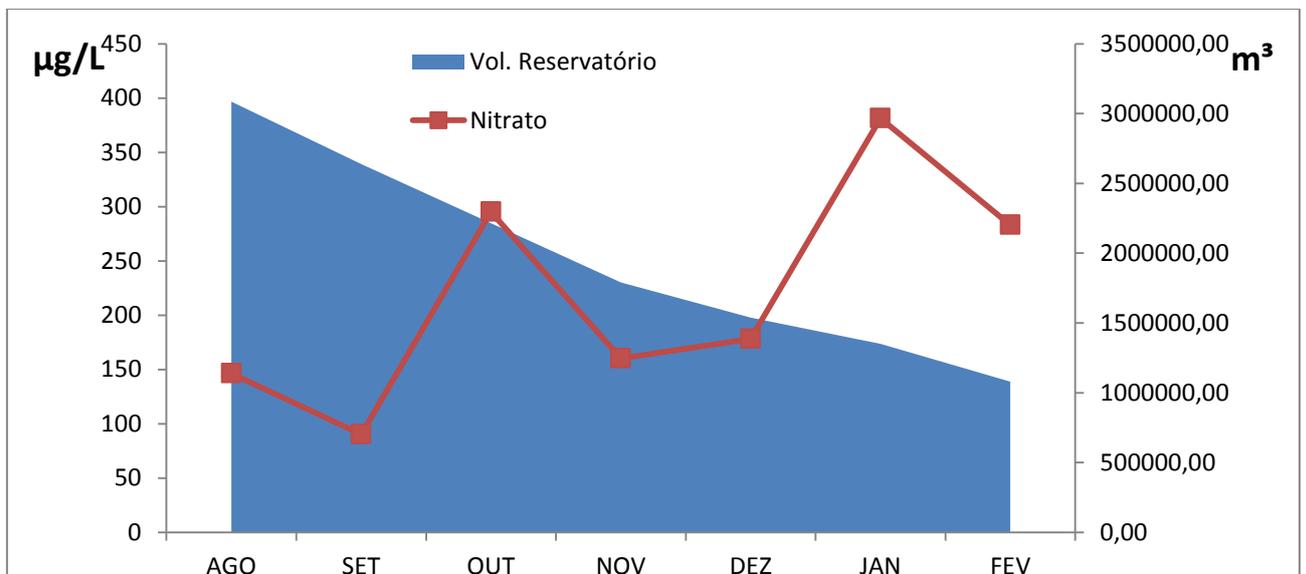


Figura 13: Variação temporal dos valores médios de nitrato e do volume do reservatório durante o período de estudo.

Percebe-se que mesmo com a falta de chuva houve um aumento na concentração do nitrato. Esse aumento deve-se ao escoamento superficial gerado pela irrigação em excesso nas fazendas, pois os solos da região apresentam baixa capacidade de retenção de nutrientes (OLIVEIRA, 2012), sendo facilmente lavados pela irrigação inadequada.

Os nutrientes, fósforo total, ortofosfato e nitrato, apresentaram maiores valores nos pontos 1 e 2, o que torna as áreas 1 e 2 possíveis fontes geradoras desses nutrientes. A área 1 ainda apresenta um maior risco de geração de

nutrientes, pois nela se encontra a atividade de pecuária, grande responsável pela geração de nutrientes no solo, principalmente de fósforo (HIERNAUX *et al.*, 1999; RODRIGUES *et al.*, 2008).

O nitrogênio amoniacal apresentou modificação pouco acentuada nas concentrações em relação aos meses estudados, apresentando valores abaixo do máximo permitido pela portaria 2.914/11 (1,5 mg/L). Em relação ao enquadramento do reservatório, os valores foram superiores ao máximo permitido, apresentando valores acima de 0,5 mg/L (valor máximo permitido para a classe 2).

Em relação aos coliformes termotolerantes, apenas foram encontradas concentrações nos pontos P1 e P4. Esses dois pontos são semelhantes por estarem situados nas margens das duas únicas áreas que possuem atividades de pastagem. O ponto P1 apresentou valores decrescentes no decorrer do período, o que pode ser explicado pela falta de chuva na região, impossibilitando a descarga de compostos orgânicos vindos das áreas de pastagens. Já o ponto P4 apresentou concentrações apenas no mês de agosto, coincidindo com o período da atividade de pastagem, que foi desativada da área 4 no mês de setembro.

Com a análise dos metais pesados, verificou-se que o reservatório apresentou apenas concentrações de Cd, Fe e Mn (Tabela 4). Estes elementos apresentaram concentrações acima dos valores máximos permitidos para classe 2 (CONAMA 357) e para consumo humano (portaria 2.914/11). Os altos valores de Fe e Mn podem ser explicados pela geologia local, pois são incorporados a alguns minerais, como a biotita que é encontrada na região (LIMA *et. al.*, 2006). Já os valores de Cd podem ser explicados pelo uso de fertilizantes fosfatados pelos fazendeiros locais (Bizarro *et. al.*, 2008).

Tabela 04: Resultado das análises de metais pesados da água do reservatório.

Pontos	Cádmio (mg/L)	Ferro (mg/L)	Manganês (mg/L)
P1	0,003**	0,530*	0,272*
P2	0,007*	0,631*	0,286*
P3	0,006*	0,350*	0,201*
P4	0,007*	0,390*	0,158*
P5	0,005*	0,430*	0,155*
P6	0,006*	0,210	0,132*

*Acima dos valores máximos permitidos pela portaria 2.914/11 e pelo CONAMA 357/05;

**Acima dos valores máximos permitidos pelo CONAMA 357/05.

3.3 – Análise de Componentes Principais

A análise de componentes principais (ACP) usando 13 variáveis explicaram 60,01 % da variabilidade dos dados nos primeiros dois eixos (eixo 1 = 41,48 %; eixo 2 = 18,53 %). As variáveis mais importantes na ordenação do eixo 1 foram: condutividade elétrica (0,95), volume armazenado (-0,94), turbidez (0,83), transparência (-0,76), nitrato (-0,68), nitrogênio amoniacal (-0,58), sólidos totais (0,49) e coliformes termotolerantes (-0,40). Em relação ao eixo 2, as variáveis mais importantes em sua ordenação foram: Oxigênio dissolvido (0,94), temperatura (0,61), pH (0,59), fósforo total (-0,57) e ortofosfato (0,50). Os resultados da ACP indicaram que a primeira componente principal refletiu a sazonalidade regida pelo regime de chuvas (figura 14), mostrando que as variáveis condutividade, turbidez, transparência, nitrato e nitrogênio amoniacal estão relacionadas com o volume do reservatório.

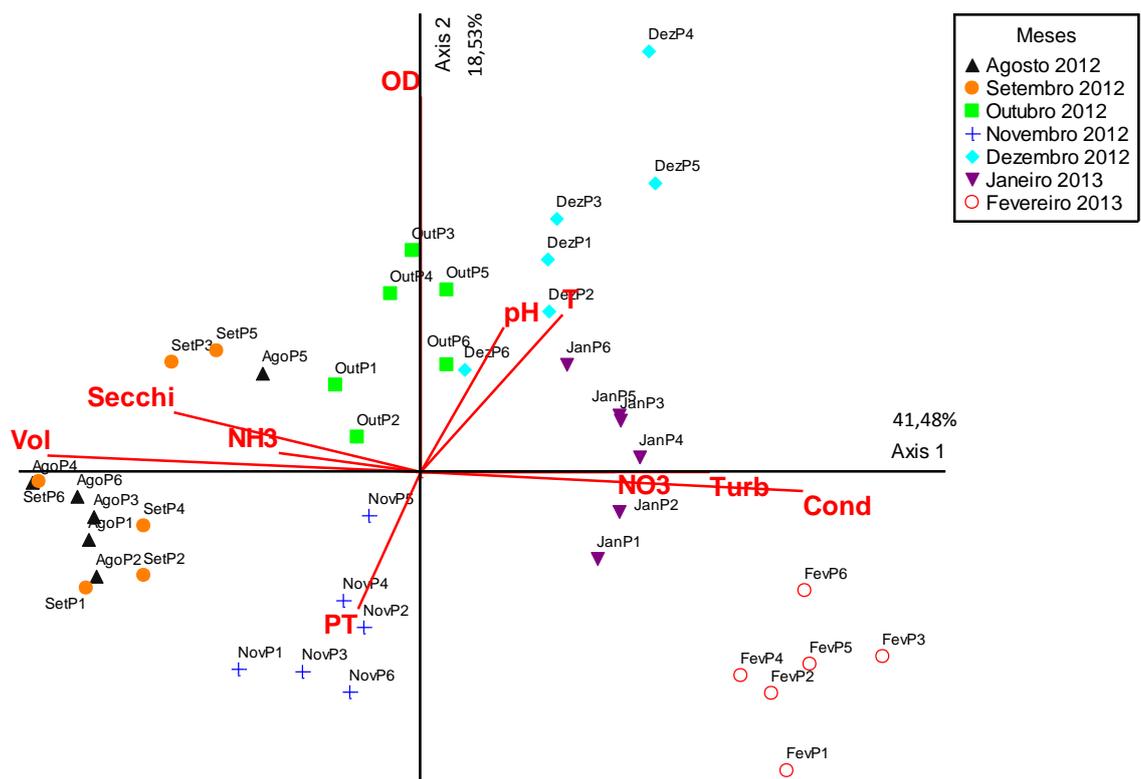


Figura 14: Análise de Componentes Principais (ACP) de variáveis limnológicas no reservatório Dourado, durante o período de estudo. Unidades amostrais: local de coleta (P1, P2, P3, P4, P5 e P6); meses amostrados (Ago = Agosto; Set = Setembro; Out = Outubro; Nov = Novembro; Dez = Dezembro; Jan = Janeiro; Fev = Fevereiro); T = temperatura da água; Cond = Condutividade elétrica da água; OD = oxigênio dissolvido; pH = pH da água; Turb = Turbidez; PT = fósforo total; NO3 = Nitrato; NH3 = nitrogênio amoniacal; Secchi = transparência; Vol = Volume.

A ACP revelou que não houve uma diferença espacial entre os pontos amostrais, mas apenas uma diferença temporal, mostrando um agrupamento das variáveis por meses de estudo. Como as variáveis não estão agrupadas por pontos, não é possível identificar a relação de uma variável com um determinado ponto de coleta, ou melhor, de uma variável com uma área delimitada. Desta forma, se verifica que qualquer tipo de composto que chega às margens acaba influenciando na qualidade da água de todo o reservatório, sendo este resultado explicado pelo tamanho do reservatório, pois o mesmo é muito pequeno e pouco profundo.

3.4 – Recomendações

Para minimizar o efeito do acúmulo de nutrientes do reservatório pela ação das chuvas, é necessário boas práticas de cultivo e, principalmente, preservação da mata ciliar. A preservação da APP e a recuperação da mata ciliar são os primeiros passos para diminuir a chegada de compostos carregados pelas águas das chuvas.

Em relação às boas práticas de cultivo, os fazendeiros da região podem criar barreiras físicas para impedir a descida da água, como o plantio em curvas de nível e a criação de terraços. Com o plantio em curvas de nível, as próprias plantas servirão de barreiras para o escoamento superficial, sendo ainda parte dos nutrientes absorvidos pelas plantas. Com a criação de terraços, a água das chuvas será barrada, ficando mais susceptível a evaporação e a infiltração, podendo ainda ser escoada por canais para locais mais susceptíveis ao acúmulo dessas águas (FIORIN et al, 2009; WADT, 2003). Os terraços devem ser construídos fora das áreas de preservação, mas posicionados entre a APP e as fazendas, principalmente nas áreas 1 e 2.

4 – CONCLUSÕES

- A Área de Preservação Permanente (APP) do reservatório esta degradada, com pouquíssima área composta por mata ciliar, tornando o reservatório susceptível a entrada de grande cargas de nutrientes e de contaminantes;
- Devido ao elevado valor da condutividade elétrica da água e da baixa drenagem do solo, a água do reservatório é inadequada para o uso na irrigação, podendo causar a salinização do solo, tornando-o improdutivo;

- A redução no nível da água do reservatório contribuiu para o crescimento acentuado da condutividade elétrica da água, da turbidez e do Nitrato, favorecendo o aumento do processo de eutrofização e a inviabilização do uso do reservatório para diversos usos consuntivos;
- As áreas 1 e 2 são as áreas que apresentam um maior risco de degradação do reservatório, pois são as possíveis maiores fontes de nutrientes (fosforo total, ortofosfato e nitrato);
- Só foram encontrados coliformes termotolerantes em pontos próximos as áreas com atividades de pastagem, indicando que a criação de animais é a causadora de coliformes no reservatório;
- Devido aos valores de fósforo total, nitrogênio amoniacal total, Cd, Fe e Mn acima dos valores permitidos pelo CONAMA 357, o reservatório não pode ser enquadrado como classe 2 e deve passar por um processo de tratamento adequado para ser usado como abastecimento público de água;
- Devido ao pequeno tamanho do reservatório, qualquer tipo de composto que chegue a qualquer margem do reservatório acaba influenciando na qualidade da água de todo o reservatório.

REFERÊNCIAS

APHA - American Public Health Association. Standard methods for the examination of water and wastewater. 21^aed. Washington, APHA/WEF/AWWA, 2005.

BARBOSA, J. E. DE 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, v. 24, p. 103-118, 2012.

BARBOSA, J. E. L.; ANDRADE, R. S.; LINS, R. P.; DINIZ, C. R. Diagnóstico do estado trófico e aspectos limnológicos de sistemas aquáticos da bacia hidrográfica do rio taperoá, trópico semiárido brasileiro. Revista de biologia e ciências da terra, v. Suplem, 80-89. 2006.

BIZARRO, V.G.; MEURER, E. J.; TATSCH, F. R. P. Teor de cádmio em fertilizantes fosfatados comercializados no brasil. *Ciência rural*, v. 38, p. 247-250, 2008.

Brasil. Resolução CONAMA nº 302 de 20 de março de 2002. Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de áreas de preservação permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno. 2002.

Brasil. Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamentos de efluentes. 2005.

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.

COLLINS, R.; MCLEOD, M.; HEDLEY, M.; DONNISON, A.; CLOSE, M.; HANLY, J.; HORNE, D.; ROSS, C.; DAVIES-COLLEY, R.; BAGSHAW, C; MATTHEWS, L. 2007. Best management practices to mitigate faecal contamination by livestock of new zealand waters. *Nz. J. Agric. Res.* 50, 267–278. 2007.

DNOCS – Departamento Nacional de Obras Contra as Secas. Disponível em: <http://www.dnocs.gov.br/>. Acesso em 10 de março de 2013.

EMBRAPA - empresa brasileira de pesquisa agropecuária. Centro nacional de pesquisa de solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2º ed. Brasília. 2006.

FERREIRA, A. B.; SANTOS, C. R.; BRITTO, J. L. S.; ROSA, R. Análise comparativa do uso e ocupação do solo na área de influência usina hidrelétrica capim branco I a partir de técnicas de geoprocessamento. In: *XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Goiânia. 2005.

FIORIN, T. T.; SPOHR, R. B.; CARLESSO, R.; MICHELON, C. J.; SANTA, C. D.; DAVID, G. Produção de silagem de milho sobre camalhões em solos de várzea. *Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia*, v. 2, p. 147-153, 2009.

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.

FREITAS, F.R.S., RIGHETTO A. M., ATTAYDE J.L. Cargas de fósforo total e material em suspensão em um reservatório do semiárido brasileiro. *Oecologia australis*. 15(3), 655-665. 2011.

HIERNAUX P.; BIELDERS, C.L.; VALENTIN C.; BATIONO, A. AND FERNÁNDEZ-RIVERA, S. Effects of livestock grazing on physical and chemical properties of sandy soils in Sahelian rangelands. *Journal of Arid Environments*, 41, 231–245. 1999.

IDEMA – Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte. Perfil do seu município. Disponível em: <http://www.idema.rn.gov.br//>. Acesso em 21 de fevereiro de 2013.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. *Klimate der erde*. Gotha: verlag justus perthes. 1928.

LIMA, E. A. R.; SIQUEIRA, G. W.; LIMA, W. N. Utilização dos critérios de avaliação ambiental de metais pesados nos sedimentos de fundo da plataforma continental do amazonas. *Bol. Mus. Para. Emilio goeldi cienc. Nat.*, belém, v. 1, n. 1, abr. 2006.

MCCUNE, B. E M. J. MEFFORD. *Pc-ord. Multivariate analysis of ecological data*, version 6. Mjm software design, oregon. 2011.

Ministério da Saúde. Portaria 2.914, de 12 de dezembro de 2011, que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília; 2011.

MURPHY, J. RILLEY, J. P. A modified single-solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Analyt. Chim. Acta* 27, 31-36. 1962.

NAKAYAMA, F. S; BUCKS, D. A. *Tickle irrigation for crop production*. St. Joseph: ASAE, 1986. 383 p.

OLIVEIRA, H. A.; ARAUJO, J. M. S.; BEZERRA, H. N.; FEITOSA, A. P.; OLIVEIRA, J. N. P. Análise do comportamento das chuvas através do uso do Índice de Anomalia de Chuva (IAC) no semiárido nordestino. XI Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. João Pessoa –pb. 2012.

OLIVEIRA, C. A.; KLIEMANN, H. J.; CORRECHEL, V. SANTOS, F. C. V. Avaliação da retenção de sedimentos pela vegetação ripária pela caracterização morfológica e físico-química do solo. Rev. bras. eng. agríc. ambient. Vol.14, n.12. 2010.

OLIVEIRA, J. N. P. A influência da poluição difusa e do regime hidrológico peculiar do semiárido na qualidade da água de um reservatório tropical. Dissertação de mestrado, UFRN. 114 p. Natal/RN. 2012.

PORTO, M.; BRANCO, S.; LUCA, S. Caracterização da qualidade da água. In: Hidrologia Ambiental. Porto alegre: ABRH, 1992.

RICHARDS, L. A. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Washington: U.S, Department of Agriculture, 160p. 1954.

Ritchie, J. C.; McCarty, G. W. 137Cs and soil in a small agricultural watershed. Soil & Tillage Research, v.69, n.1, p.45-51, 2003.

RODRIGUES, A. M.; CECATO, U.; FUKUMOTO, N. M.; GALBEIRO, S.; SANTOS, G. T. E BARBERO, L. M. Concentrações e quantidades de macronutrientes na excreção de animais em pastagem de capim-mombaça fertilizada com fontes de fósforo. Revista brasileira de zootecnia, 37, 990-997. 2008.

ROLAND, F.; MENDONÇA, R. F. ; MARINHO, M. M. Dinâmica dos sólidos suspensos em reservatórios: entrada e processamento do material alóctone. In: X Congresso Brasileiro de Limnologia, 2005, Ilhéus. X Congresso Brasileiro de Limnologia, 2005.

SANTOS, D. S.; SPAROVEK, G. Retenção de sedimentos removidos de área de lavoura pela mata ciliar, em Goiatuba (GO). Rev. Bras. Ciênc. Solo, Viçosa , v. 35, n. 5, oct. 2011.

SEMARH – Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos. Disponível em: <http://www.semarh.rn.gov.br//>. Acesso em 12 de março de 2013.

SILVA, D. D.; PRUSKI, F. F.; SCHAEFER, C. E. G. R.; AMORIM, R. S. S.; PAIVA, K. W. N. Efeito da cobertura nas perdas de solo em um argissolo vermelho-amarelo utilizando simulador de chuva. Engenharia Agrícola, v.25, n.2, 2005.

THORNTON, J. A. RAST, W. A test of hypothesis relating to the comparative limnology and assessment of eutrophication in semi-arid man-made lakes. In: straskraba, m.; tundisi, j.g. And duncan, a. (eds.). Comparative reservoir limnology and water quality management 1-24. Kluwer academic publishers. 1993.

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

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais. 2005.

WADT, P. G. S. Construção de terraços para controle da erosão pluvial no estado do. Acre. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 44 p. 2003.

ANEXO FOTOGRÁFICO



Foto 01: Produção de capim elefante da fazenda A nas margens do reservatório Dourado, Currais Novos – RN.



Foto 02: Produção de capim elefante e de palma forrageira na fazenda B nas margens do reservatório Dourado, Currais Novos – RN.



Foto 3: Produção de hortaliças na fazenda B nas margens do reservatório Dourado, Currais Novos – RN.



Foto 04: Curral para o confinamento do gado da fazenda C nas margens do reservatório Dourado, Currais Novos – RN.



Foto 05: Produção de milho da fazenda E nas margens do reservatório Dourado, Currais Novos – RN.



Foto 06: Limite da fazenda E (plantação de capim) e início de mata nativa nas margens do reservatório Dourado, Currais Novos – RN.



Foto 07: Mata nativa nas margens do reservatório Dourado, Currais Novos – RN.



Foto 08: Gado confinado da fazenda G nas margens do reservatório Dourado, Currais Novos – RN.



Foto 09: Parte da produção de coco da fazenda J nas margens do reservatório Dourado, Currais Novos – RN.



Foto 10: Produção de capim elefante da fazenda L nas margens do reservatório Dourado, Currais Novos – RN.



Foto 11: Área de mata degradada na margem do reservatório Dourado, Currais Novos – RN.