

Avaliação da qualidade da água superficial em bacias urbanas da Ilha do Maranhão

Evaluation of surface water quality in urban drainage basin of Maranhão island.

JESUS¹, V. C.; BARRETO², H. N.; BEZERRA³, A. R.; AMADOR⁴, R. B.
veruska_geo@yahoo.com.br

Resumo

O presente trabalho avalia a qualidade da água em duas microbacias urbanas (rios Urucutiua e Claro) situadas na Ilha do Maranhão, visando comparar os efeitos da urbanização e os impactos ambientais. Para isso, realizou-se análise laboratorial de parâmetros físico-químicos e microbiológicos de amostras de água superficial coletadas bimestralmente (2013-2014) em quatro pontos e; o mapeamento do uso e ocupação do solo das microbacias por meio do SIG *ArcGIS*, em recorte temporal (2007-2014) de imagens de satélite *Quickbird*. Os resultados indicaram, a contaminação em níveis elevados por microrganismos patogênicos em todas as amostras: *Escherichia coli*, na bacia do rio Urucutiua e; *Escherichia coli*, *Proteus mirabilis*, *Proteus penneri*, e *Chromobacterium violaceum*, na bacia do rio Claro. Os parâmetros físico-químicos mostraram acidez elevada em todas as amostras; Oxigênio Dissolvido abaixo do recomendado em 75% das amostras do rio Claro e 33% do rio Urucutiua; e Nitrogênio total acima do permitido em 91,7% das amostras. O uso do solo mostrou que a microbacia do rio Urucutiua sofreu as maiores alterações, com expressiva supressão da vegetação (71,6%, em 2007 e; 34,1% em 2014) e aumento das áreas de solo exposto, enquanto a bacia do rio Claro apresentou consolidação do processo de urbanização.

Palavras-chave: Qualidade da água, Uso do solo, rios Claro e Urucutiua (MA).

Abstract

The present work evaluates the quality of the water in two urban drainage basins (Urucutiua and Claro rivers) located in the Island of Maranhão, aiming to compare the effects of urbanization and the environmental impacts. For that, the laboratory analysis of physical-chemical and microbiological parameters of surface water samples collected bimonthly (2013-2014) in four points was carried out; the mapping of the land use and occupation of the watersheds by ArcGIS Geographic Information Systems, in temporal analysis (2007 and 2014) of Quickbird satellite images. The results indicated, contamination at high levels by pathogenic microorganisms in all samples: *Escherichia coli*, in the Urucutiua river; *Escherichia coli*, *Proteus mirabilis*, *Proteus penneri*, and *Chromobacterium violaceum*, in the Claro river. The physical-chemical parameters of water showed high acidity in all the samples; Dissolved Oxygen less than recommended in 75% of the samples of the Claro river and 33% of the Urucutiua river; and total Nitrogen above that allowed in 91.7% of the samples. The use of the soil showed that the Urucutiua drainage basin suffered the greatest changes, with significant suppression of vegetation (71.6% in 2007 and 34.1% in 2014) and increase of exposed soil areas, while the Claro drainage basin presented a consolidation of the urbanization process.

Keywords: Water Quality, Land use, Claro and Urucutiua rivers (MA).

¹Veruska Costa de Jesus, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís - MA, Brasil.

²Helen Nébias Barreto, Departamento de Geociências, Universidade Federal do Maranhão, São Luís - MA, Brasil.

³Amanda Ribeiro Bezerra, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís - MA, Brasil.

⁴Rafael Barra Amador, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís - MA, Brasil.

1. INTRODUÇÃO

A água faz parte do dia-a-dia de mais de 6 bilhões de seres humanos e de diversas outras formas de vida que habitam a Terra. Existe um consenso em torno da necessidade de manutenção dos recursos hídricos para garantir o seu aproveitamento. Essa necessidade se mostra cada vez mais importante, em razão da crescente urbanização e adensamento populacional das cidades (RIBEIRO, 2008).

O crescimento urbano não ocorre de maneira uniforme, com isso problemas de acesso à infraestrutura urbana e água de qualidade ficam mais evidentes. Os aglomerados populacionais exigem uma grande quantidade de água para a produção do espaço urbano. Diante disso, torna-se um desafio manter os corpos d'água das cidades em condições adequadas para o uso (RIBEIRO, 2008).

O Brasil possui destaque no cenário mundial no que diz respeito às suas reservas hídricas. Em razão de sua dimensão, ainda que possua uma grande reserva de hídrica, esta encontra-se mal distribuída no território nacional, tendo sua produção hídrica concentrada em três unidades hidrográficas, Amazonas, São Francisco e Paraná. Entretanto, os problemas de abastecimento de água decorrem fundamentalmente da combinação perversa entre crescimento exagerado e degradação na qualidade das águas (REBOUÇAS, 2006).

O Maranhão possui uma posição geográfica favorável integrando a Amazônia, o que lhe concede condições hidrológicas diferentes dos demais estados do Nordeste, sendo o que menos sofre com a escassez de água. O Maranhão reúne um grupo de rios caudalosos e perenes, que se destacam na região (FEITOSA, 2006). No entanto, ainda que o estado possua uma fartura em recursos hídricos alguns problemas já podem ser notados com relação à qualidade e quantidade de recursos hídricos. Atualmente, São Luís, capital do Estado, ocupa área de aproximadamente 843,78 km² e possui uma população em torno de 958.545 mil habitantes (IBGE, 2010).

A partir dos anos 70, São Luís tem experimentado um crescimento em dispersão. Ainda que exista uma legislação federal, estadual e municipal e diversas iniciativas e mecanismos que assegurem a integridade de áreas de relevante importância ambiental e paisagística, o processo de ocupação do espaço urbano de São Luís ocorreu sem o devido cuidado para preservar e/ou conservar tais áreas (BONTEMPO, 2012). A ocupação inadequada de APP's (Áreas de Preservação Permanente – Art. 2º Lei Federal nº 12.651 de 2012 – Código Florestal), nas áreas urbanas, é um problema recorrente em São Luís, que tem diversas áreas ocupadas em razão da escassez de espaço da ilha para expansão da cidade e do adensamento populacional.

A Ilha do Maranhão possui várias microbacias que deságuam nas principais praias urbanas dos municípios de São Luís e São José de Ribamar. Parte destas microbacias, situam-se na porção norte da ilha e correspondem à área de maior expansão urbana e interesse turístico. Contudo, o crescimento urbano desordenado da ilha tem provocado a poluição hídrica dos corpos d'água, levando a significativas alterações da qualidade ambiental e sanitária.

Nesse sentido, destacam-se, à nordeste da ilha, duas microbacias que se caracterizam por processo acelerado de intervenção antrópica: a do rio Claro e do rio Urucutiua. Tratam-se de bacias com processo de urbanização diferenciada, uma vez que a bacia do rio Claro se encontra com urbanização consolidada enquanto, a bacia do rio Urucutiua, apresenta ainda uma grande oferta de terrenos e áreas desocupadas, porém, encontra-se em processo de ocupação residencial, sendo considerada um vetor de expansão da região metropolitana de São Luís. Tendo em vista este cenário, o presente estudo tem por objetivo analisar a qualidade das águas superficiais das bacias dos rios Claro e Urucutiua, por meio da mensuração de parâmetros físico-químicos e bacteriológicos e, caracterizar o uso e ocupação das bacias a fim de avaliar os impactos ambientais do processo de urbanização.

2. MATERIAL E MÉTODO

2.1 Caracterização da área de estudo

As microbacias dos rios Urucutiua e Claro localizam-se na porção norte da Ilha do Maranhão, nos municípios de São Luís e São José de Ribamar. Situam-se próximas geograficamente (Figura 01), a cerca de 2,8km de distância e possuem área aproximada. A bacia do rio Urucutiua possui área de 2,7 km² e a bacia do rio Claro tem 2,4 km² e juntas deságuam na baía de São Marcos.

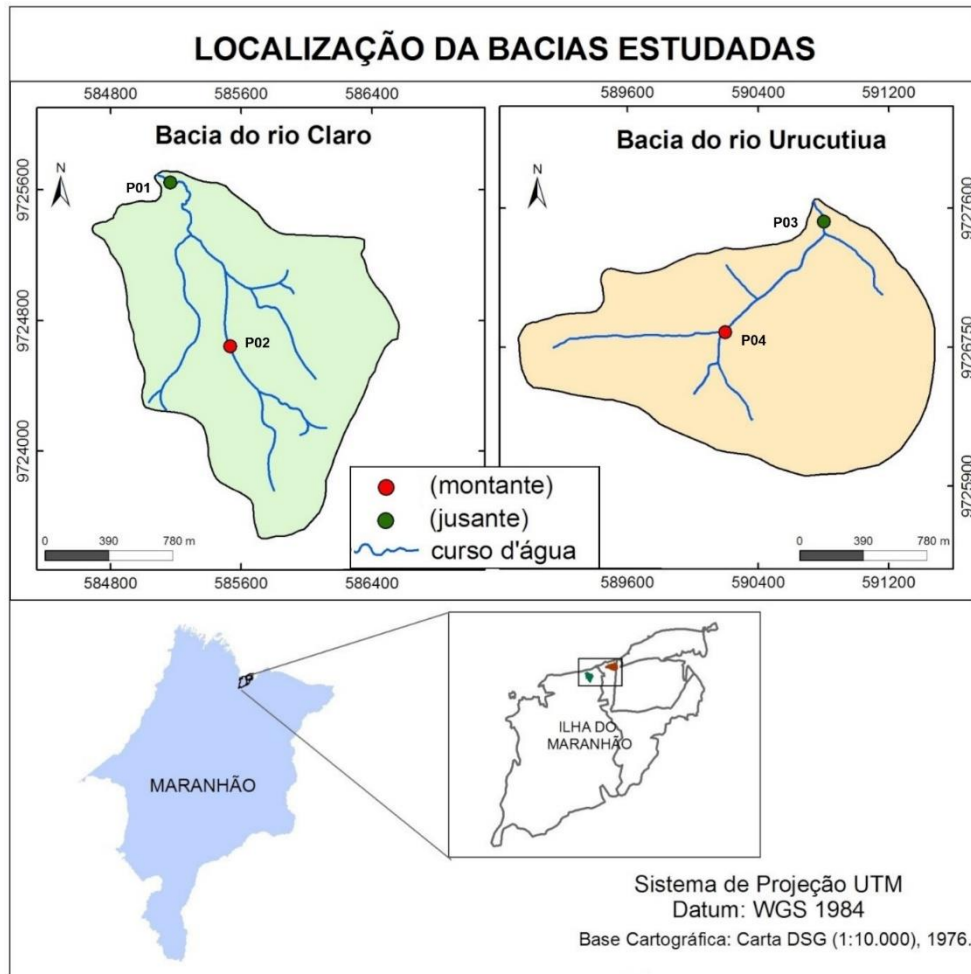


Figura 1: Mapa de localização das áreas de estudo. **Fonte:** Autores (2018).

O clima da ilha é do tipo *Aw*, Tropical Chuvoso, com elevadas taxas de pluviosidade nos meses de janeiro a abril. As temperaturas médias são em torno dos 28°C (ARAÚJO *et al.*, 2005). Os remanescentes de vegetação encontrados na área das duas microbacias correspondem à Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas (IBGE, 2012), porém grande parte da vegetação compreende gramínea e arbustos de pequeno porte que ocorrem em áreas que já foram desmatadas e a vegetação encontra-se em processo de recuperação.

Como substrato geológico, a área de estudo constitui-se predominantemente de rochas e sedimentos da Formação Itapecuru e da Formação Barreiras (Neógeno), e estão cobertas por uma superfície de crosta ferruginosa que acompanha o relevo em toda Ilha do Maranhão e; da Formação Açuí (Holoceno), que são sedimentos arenosos inconsolidados e argilosos relacionados a diversos tipos de depósitos superficiais (SILVA, 2012).

Geomorfologicamente, a ilha está situada no centro da Planície Flúvio-Marinha do Golfão Maranhense, com formas de relevo que variam conforme os níveis altimétricos: nas faixas de baixas altitudes (0 - 5 m), predominam as planícies costeiras, formadas por extensivos mangues; nos níveis de 20 a 30 metros, tem-se suaves colinas dissecadas; e nas altitudes

maiores, 40 a 60 metros, destaca-se a presença dos tabuleiros. A maior altitude encontrada na ilha atinge 60 metros (PEREIRA, 2006). Os solos, em geral latossolos, são caracterizados pela boa permeabilidade e drenagem (SILVA, 2012; FARIAS FILHO, 2010).

2.2 Pesquisa de gabinete e tratamento da informação espacial

Para melhor compreensão e reconhecimento da área de estudo foram consultadas publicações referentes a estudos realizados na Ilha do Maranhão. A pesquisa de gabinete consistiu também no levantamento de dados históricos e fisiográficos da área que reuniu informações sobre a geologia e estruturas associadas, geomorfologia e vegetação bem como a aquisição de base de dados espaciais.

A partir das cartas topográficas (escala 1:10.000) do Departamento do Serviço Geográfico de 1976, foi feita a vetorização da rede hidrográfica e a delimitação das bacias hidrográficas no Sistema de Informação Geográfica *ArcGIS* 10.2, resultando na confecção do mapa de localização e dos pontos de coleta da área de estudo. Para a elaboração dos mapas de uso e ocupação do solo, foram utilizadas imagens de alta resolução, em composição colorida com as bandas 1, 2 e 3 nos canais RGB respectivamente, obtidas no Google Earth Pro – cenas dos sensores *Quickbird*, *Worldview 1* e *2*, *Aerial Imagery* – capturadas para os anos de 2007 e 2014. O processamento das imagens se deu por meio de etapas de classificação supervisionada, utilizando-se o método máxima verossimilhança.

2.3 Trabalho de campo

As atividades de campo fase de campo envolveram duas etapas. Na primeira etapa realizou-se o reconhecimento e caracterização das microbacias dos rios Claro e Urucutua. A partir disso, foram definidos os pontos de amostragem (Figura 1) de cada microbacia: dois pontos de coleta para cada microbacia, localizados na cabeceira e próximo à foz, totalizando quatro pontos de coleta. Para fins de caracterização e localização dos pontos de amostragem, foram anotadas as coordenadas geográficas e a altitude dos pontos de coleta, com auxílio do equipamento *GPS* modelo *76CSx GARMIN*.

Após a definição dos pontos de amostragem, foram realizados os trabalhos de campo na área de estudo para a coleta de amostras. A amostragem foi realizada em seis campanhas e transcorreram bimestralmente, entre dezembro de 2013 e dezembro de 2014, totalizando 6 campanhas, contemplando um ano hidrológico. Ao todo, foram coletadas vinte e quatro amostras de água superficial das duas microbacias.

As coletas de amostras (Figura 2) de águas superficiais (até 30 cm de profundidade) foram efetuadas seguindo recomendações técnicas, utilizando dois frascos de plástico autoclaváveis, não tóxico, com capacidade de 250 ml. Os frascos foram homogeneizados *in loco* com a água do curso d'água, em trecho de água corrente no leito do rio, evitando-se os locais próximos às margens. Após a coleta, cada amostra foi etiquetada de acordo com os códigos adotados para o estudo e mantida em refrigeração à 4°C, com ajuda de gelo e isopor, até a entrada em laboratório. Este procedimento foi repetido durante as seis campanhas. O parâmetro pH foi medido *in loco* com o aparelho multiparâmetro (Figura 3).



Figura 2: Coleta de amostra de água no ponto P04 do rio Urucutiua. **Fonte:** Autores, 2014.



Figura 3: Mensuração de parâmetros no ponto P01 do rio Claro. **Fonte:** Autores, 2014.

Além da coleta de amostras de água, foi mensurada a vazão do curso d'água para caracterização da velocidade do escoamento dos rios. Na maioria dos estudos que envolvem

cursos fluviais, um importante parâmetro a ser medido é a vazão do rio, que consiste no volume de água em m³/s que passam em um determinado ponto num período de tempo (TUCCI, 2002). O conhecimento deste parâmetro é eficaz para mensuração da competência do rio em transportar ou depositar material erodido. Neste estudo, a medição da vazão foi aferida com a utilização do método flutuador, que consiste na utilização de um objeto flutuador (laranja, garrafas de água, entre outros) para determinação da velocidade superficial do escoamento de um canal, em um determinado trecho do rio (CUNHA, 2010).

Além disso, foram medidos a largura do rio (trena de 50m; Figura 4) e a profundidade ao longo desta mesma seção, com auxílio de uma régua em PVC. Logo após as aferições, foi definida uma seção na margem do rio, em trecho retilíneo de cinco metros, para o cálculo do tempo de descolamento do objeto flutuador (laranja). A cronometragem do deslocamento da laranja foi replicada três vezes para melhor precisão dos resultados. A partir dos resultados, foi calculada vazão segundo a respectiva equação (CUNHA, 2010):

$$Q = L \times P \times V$$

Onde, Q é a vazão do curso d'água (m³/s); L é a largura do rio, em metros; P é a profundidade média da seção do rio, em metros e; V é a velocidade média do canal numa determinada seção do rio (m/s).



Figura 4: Medição da largura do rio Urucutuiua (ponto P03) para determinação da vazão. **Fonte:** Autores, 2014.

2.4 Análises laboratoriais de parâmetros físico-químicos e bacteriológicos

As análises laboratoriais transcorreram logo após as coletas e foram processadas no Laboratório de Oceanografia Química da Universidade Federal do Maranhão. Os parâmetros físico-químicos da água analisados foram: oxigênio dissolvido, pH, sólidos totais dissolvidos, nitrogênio total, fósforo total e ferro. Para medir o pH, utilizou-se o método eletrométrico efetuado com pH de laboratório, usando o aparelho oakton modelo 300, utilizando padrões NBR. Já para aferir os sólidos totais dissolvidos (STD) usou-se o medidor de campo WTW modelo 3210.

Para a coleta de oxigênio dissolvido (OD; Figura 2D), foram utilizados dois (2) frascos de vidro com capacidade de 250 mL. A amostra para o OD foi coletada e fixada em campo, com dois reagentes (R1 e R2) e titulada imediatamente ao entrar no laboratório. Usou-se 50 mL de amostra de tiossato de sódio em concentração 0,01 N e 1 mL de ácido sulfúrico, na concentração 50%, para dissolver os reagentes fixados em campo e, finalmente 1 mL de amido, na concentração 1 %, para a leitura do resultado.

Para nitrogênio total (Nt), usou-se 100 mL de amostra para refluxar por determinado tempo com 10 mL de solução de persulfato de potássio (K₂S₂O₈). Após refluxar a amostra, filtrou-se 50 mL e colocou-se 1 mL de cloreto de potássio e passou-se a amostra na coluna redutora. Após esse processo leu-se a amostra no espectrofotômetro. Para o parâmetro fósforo (P), após refluxada a amostra, colocou-se 5mL de mistura oxidante, após esse processo leu-se a amostra no espectrofotômetro. Para determinar o Nitrogênio amoniacal usou-se 50 mL da amostra filtrada e colocou-se 1,5 mL de R1 e R2, deixando-se em lugar escuro por 24 horas. Após esse procedimento, leu-se a amostra no espectrofotômetro.

As análises bacteriológicas da água foram realizadas no Laboratório de Microbiologia de Alimentos e Água da Universidade Federal do Maranhão. Foi investigada a presença de microrganismos patogênicos como a *Escherichia Coli* do grupo Coliformes Termotolerantes. Para esta análise, empregou-se a técnica dos Tubos Múltiplos (NMP/100 mL), seguindo os parâmetros do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1992). Foram realizados testes presuntivos, capazes de estimar o número de microrganismos, em tubos inoculados, utilizando caldo Lactosado (CL), sendo incubados a uma temperatura de 35°C durante 48h. Após o período as culturas foram transferidas para tubos com Caldo Verde Brilhante (CVBB) com auxílio de uma alça de platina, e incubadas à 35°C durante 48h. Num segundo momento, o material foi transferido para tubos contendo Caldo E.C., incubados durante 24h a 44,5 ± 0,2°C em banho-maria. Posteriormente, as culturas foram replicadas para Agar BEM, com auxílio de alça de platina e incubadas a 35°C por 24h. Ao final dos

procedimentos, foi verificada a identificação de bactérias *E. coli* com colônias de 2 a 3 mm de diâmetro com brilho metálico esverdeado.

Esta análise indica se há risco de disseminação de patógenos e identifica quais patógenos, caso seja verificada uma contaminação. Os resultados das análises foram comparados com os padrões definidos pela legislação brasileira específica, a resolução CONAMA nº 357/2005 que dispõe sobre a classificação de corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das vinte e quatro análises físico-químicas e bacteriológicas são apresentados nas Tabelas 1 e 2. As análises indicaram a presença de várias bactérias do grupo Coliformes Termotolerantes nas duas microbacias, dentro as quais estão as bactérias – *Escherichia coli* que é a única espécie do grupo dos coliformes termotolerantes cujo *habitat* exclusivo é o intestino humano e de animais homeotérmicos e, outras como *Proteus mirabilis*, *Proteus penneri*, e a *Chromobacterium violaceum* que são também exemplos de microrganismos indicadores de poluição por efluentes domésticos (Tabela 1).

As análises físico-químicas indicaram ambiente com acentuada acidez uma vez que os valores de pH foram baixos (5,1 em média no rio Claro e; 4,7 no rio Urucutiua); os valores de oxigênio dissolvido (OD) encontram-se abaixo (3,54 mg/L em média no rio Claro e; 5,30 mg/L em média no rio Urucutiua) do recomendado pela CONAMA nº 357/05 (acima de 5 mg/L) (Tabela 02).

3.1 Resultados bacteriológicos

Nas amostras de água foram identificadas a presença de vários microrganismos altamente patológicos de origem animal e/ou humana, geralmente encontradas nas excretas de pessoas doentes ou portadores assintomáticos, que podem provocar, entre outras, infecções intestinais ao óbito (RODRIGUES *et al.*, 2009). Na Tabela 1, nota-se até 4.600 NMP/mL de coliformes termotolerantes, número considerado elevado para a qualidade da água, segundo a resolução nº 357/05 do CONAMA que estabelece que o limite de até 1000 NMP/mL.

As bactérias patológicas, prejudiciais à saúde humana, tais quais a *Escherichia coli*, *Proteus penneri* e *Proteus mirabilis*, são bioindicadoras da qualidade da água e nos mostram quando há contaminação no ambiente fluvial por dejetos provenientes de processos industriais e/ou domésticos (MOUCHREK & NASCIMENTO, 2005). Observa-se na Tabela 01 que a

microbacia do rio Claro apresentou maior variedade de microrganismos, enquanto que na microbacia do rio Urucutiua houve a incidência de apenas de *E. coli*, porém todos em níveis acima do recomendado pela Resolução CONAMA 357/05.

Tabela 1: Resultados das análises bacteriológicas. **Fonte:** Autores, 2018.

RIO CLARO			
DATA	Ponto de Coleta	NMP/mL de Coliformes Termotolerantes (45°C)	Identificação de bactérias
09/12/2013	P02	4600	<i>Proteus mirabilis</i>
09/12/2013	P01	1100	<i>Proteus penneri</i>
02/04/2014	P02	2400	<i>Proteus mirabilis</i>
02/04/2014	P01	2400	<i>Proteus penneri</i>
24/06/2014	P02	2400	<i>Escherichia coli</i>
24/06/2014	P01	2400	<i>Escherichia coli</i>
05/08/2014	P02	1100	<i>Escherichia coli</i>
05/08/2014	P01	1100	<i>Chromobacterium violaceum</i> ; <i>Escherichia coli</i>
14/10/2014	P02	1100	<i>Escherichia coli</i>
14/10/2014	P01	2400	<i>Escherichia coli</i>
21/12/2014	P02	2400	<i>Escherichia coli</i>
21/12/2014	P01	2400	<i>Escherichia coli</i>
RIO URUCUTIUA			
DATA	Ponto de Coleta	NMP/mL de Coliformes Termotolerantes (45°C)	Identificação de bactérias
09/12/2013	P04	4600	<i>Escherichia coli</i>
09/12/2013	P03	1100	<i>Escherichia coli</i>
02/04/2014	P04	1100	<i>Escherichia coli</i>
02/04/2014	P03	1100	<i>Escherichia coli</i>
24/06/2014	P04	2400	<i>Escherichia coli</i>
24/06/2014	P03	2400	<i>Escherichia coli</i>
05/08/2014	P04	2400	<i>Escherichia coli</i>
05/08/2014	P03	2400	<i>Escherichia coli</i>
14/10/2014	P04	1100	<i>Escherichia coli</i>
14/10/2014	P03	1100	<i>Escherichia coli</i>
21/12/2014	P04	1100	<i>Escherichia coli</i>
21/12/2014	P03	2400	<i>Escherichia coli</i>

De acordo com Mouchrek & Nascimento (2005), o indicador patogênico de origem fecal mais importante é a *Escherichia coli*, pois já que é o único do grupo coliforme desprovida de vida livre no ambiente e, quando presente nas águas, indica que o meio está contaminado por fezes. Já as entobactérias do gênero *Proteus* são de fácil disseminação no ambiente, pois é um microrganismo de vida livre e quando em contato com o homem é responsável por vários tipos de infecções urinárias. O *Chromobacterium violaceum* também é um microrganismo de vida livre do solo e da água e a infecção em humanos por esse microrganismo já levou a casos de óbito (DIAS et al, 2005).

3.2 Resultados físico-químicos

Os resultados das análises físico-químicas variaram bastante ao longo do ano, onde a maioria das amostras não se encontra em conformidade com os padrões de qualidade estabelecidos pela resolução CONAMA nº 357/05, como detalhado na Tabela 02.

O parâmetro de oxigênio dissolvido é um fator limitante para a manutenção da vida aquática, porém, há uma variação na tolerância a depender da espécie. Contudo, valores menores que 2,0 mg/L representam uma condição perigosa (PINTO *et al*, 2010). O valor mínimo estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/05 é de 5,0 mg/L. Nas análises verificou-se que o rio Urucutiua se encontra em melhores condições de OD que o rio Claro, mostrando apenas quatro amostras fora do padrão da legislação. Dentre as amostras, três apresentam valores baixos e referem-se ao ponto P04, situado na cabeceira da bacia do rio Urucutiua, onde há construção de casas na Área de Preservação Permanente, assoreamento e deposição de lixo (Figura 5). Já na bacia do rio Claro, os três únicos pontos que o OD se encontra dentro dos padrões são na foz do rio onde a sazonalidade da alta maré ajuda a depurar a poluição que atinge o rio.



Figura 5: Construção de casas na APP e deposição de lixo no Urucutiua. **Fonte:** Autores, 2018.

As fontes de nitrogênio nas águas naturais são diversas. Os esgotos sanitários constituem, em geral, a principal fonte (APHA, 1992). Quanto aos resultados de nitrogênio total (Nt), nota-se que há variação do parâmetro durante o ano, com maiores índices durante o período chuvoso em virtude do carreamento de sedimentos e lixo transportados por meio da

água da chuva. Os resultados de Nt nas duas microbacias mostraram valores parecidos devido à principal fonte de contaminação na região que é o efluente doméstico. Estas implicações também são percebidas nos valores de fósforo total, havendo estabilidade na estação seca, e maior atividade e variação de resultados na estação chuvosa.

Tabela 2: Resultados dos parâmetros físico-químicos. **Fonte:** Autores, 2018.

RIO CLARO								
DATA	Ponto de Coleta	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	Nitrogênio Total (mg/L)	Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	Fósforo Total (mg/L)	Ferro Dissolvido (mg/L)	Sólidos Totais Dissolvidos (mg/L)	pH
09/12/2013	P02	2,60	1,72	0,04	0,09	0,25	35,77	4,1
09/12/2013	P01	5,00	1,90	0,06	0,25	1,64	99,26	6,1
02/04/2014	P02	2,40	397,20	1,17	13,80	0,07	132,51	5,1
02/04/2014	P01	5,30	419,77	2,25	8,40	0,56	3857,0	6,1
24/06/2014	P02	3,40	4,90	0,87	0,21	0,05	162,0	4,4
24/06/2014	P01	5,19	5,15	2,01	0,90	0,71	1187,2	5,1
05/08/2014	P02	3,06	10,52	1,03	0,12	0,08	142,1	4,3
05/08/2014	P01	4,03	12,76	3,21	0,31	0,04	1314,6	5,2
14/10/2014	P02	2,41	6,05	0,35	0,05	0,40	197,0	4,6
14/10/2014	P01	3,57	6,27	0,53	0,04	0,50	7,65	5,6
21/12/2014	P02	1,94	95,60	1,06	0,10	0,05	207,0	5,3
21/12/2014	P01	3,57	115,00	0,51	0,08	1,50	255,0	5,6
RIO URUCUTIUA								
DATA	Ponto de Coleta	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	Nitrogênio Total (mg/L)	Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	Fósforo Total (mg/L)	Ferro Dissolvido (mg/L)	Sólidos Totais Dissolvidos (mg/L)	pH
09/12/2013	P04	3,70	2,97	0,10	0,10	3,12	43	5,1
09/12/2013	P03	8,40	2,48	0,08	0,06	0,37	88,8	4,6
02/04/2014	P04	5,84	238,00	0,45	6,30	0,08	81,1	5,5
02/04/2014	P03	4,70	318,60	0,18	7,80	0,44	100,3	4,5
24/06/2014	P04	5,67	3,50	0,68	0,43	0,05	105,4	4,9
24/06/2014	P03	5,85	3,72	0,26	0,55	0,10	61,8	4,6
05/08/2014	P04	4,19	10,27	0,85	0,18	0,02	66,8	4,6
05/08/2014	P03	5,16	8,93	0,57	0,37	0,18	55,8	5,2
14/10/2014	P04	3,06	5,53	0,21	0,01	0,01	73	4,5
14/10/2014	P03	5, 2	7,05	0,28	0,01	0,70	2,79	4,7
21/12/2014	P04	5,50	103,00	0,07	0,01	0,68	72	4,4
21/12/2014	P03	6,15	108,00	0,06	0,01	1,80	67	4,5

As análises de nitrogênio amoniacal revelam fontes diversas, tais quais, esgotos sanitários, efluentes industriais e atmosfera. É um composto altamente tóxico restritivo à vida dos peixes (ESTEVEZ, 2011), provocando o consumo de O.D. da água. Nos resultados obtidos, o parâmetro está relacionado aos valores de nitrogênio total e à ação decompositora das bactérias. Os maiores índices foram encontrados no rio Claro cuja bacia possui maior grau de urbanização (28,3% de área urbana; Figura 6).

O fósforo presente em águas naturais é oriundo da decomposição de materiais orgânicos, que no caso de alguns rios, é proveniente de esgotos derramados *in natura* diretamente no leito sem nenhum tipo de tratamento. O fósforo assim como o nitrogênio em quantidades adequadas, favorecem o crescimento de seres vivos, como as algas. No entanto, se esses elementos estiverem em grande quantidade no ambiente, causam poluição, prejudicando a utilização do recurso.

O ferro dissolvido encontrado em praticamente todas as águas, porém, quando encontrado em teores superiores a 0,5 ppm, a água tem sua cor, odor e sabor alterados pois, tendem a reduzir a aceitação da água pela população, pelo fato de causarem manchas difíceis de serem removidas. Os resultados mostraram que oito amostras do rio Claro e do rio Urucutua apresentaram valores acima de 0,5ppm e coincidem com o período chuvoso.

Os valores máximos permitidos de sólidos totais dissolvidos para águas para consumo humano segundo a classe 1 (Resolução CONAMA 357/2005) são de 500 mg/L. No rio Claro foram observadas três amostras que ultrapassam esse valor, sendo duas no período chuvoso e uma amostra no período seco. Os dados de pH indicam acidez elevada em todas as amostras. A vazão média do rio Claro foi de 0,1 m³/s, enquanto que o rio Urucutua apresentou valores muito baixos (média de 0,02 m³/s) e, em algumas medições, até mesmo valores nulos, em virtude das alterações que aconteceram na bacia durante o período de 2013 e 2014. Estas alterações correspondem ao assoreamento do curso d'água e diminuição da lâmina d'água de montante para jusante.

3.3 Uso e ocupação do solo

Os resultados da análise de usos e ocupação do solo por meio de classificação de imagens de satélite são apresentados nas Figuras 6 e 7. As bacias dos rios Urucutua e Claro partilham de uma estrutura urbana bem parecida – prédios comerciais e residenciais –, bares, restaurantes, borracharias, oficinas mecânicas, entre outros. Ambas as bacias são cortadas pela MA-203, uma grande via onde o fluxo de pessoas e veículos têm se tornado mais intenso nas últimas décadas. Contudo, observou-se diferenças no processo de uso e ocupação na área das duas bacias.

O rio Claro está situado no município de São Luís, com aproximadamente 2,37 km de extensão, com nascente localizada no bairro Turu e sua foz na praia do Olho d'Água. A análise da ocupação do solo em recorte temporal revelou que a ocupação da área da bacia não é recente. Visto que, além dos instrumentos urbanos estarem bem discriminados, a alteração ao longo de sete anos foi menor em relação à bacia do rio Urucutua. Contudo, observa-se o aumento da

área urbana (25,6% em 2007; 28,2% em 2014), o que reflete uma diminuição do solo exposto (38,6% em 2007 e; 29,1%, em 2014). As alterações mostram que a ocupação por prédios e residências urbanas já estão bem enraizados, e os problemas ambientais na área da bacia deste rio já está em nível crônico, onde as fontes de contaminação da água são diversas.

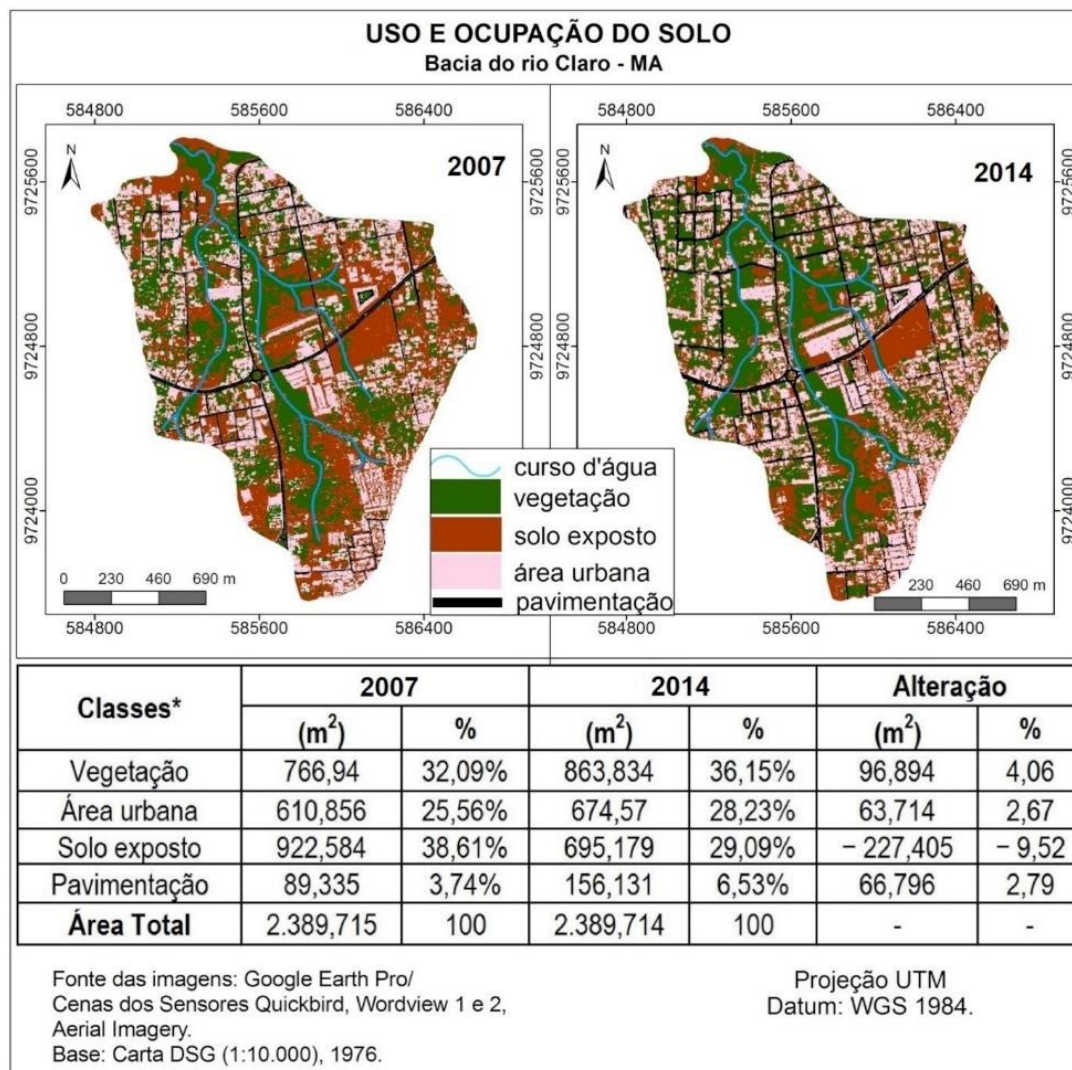


Figura 6: Mapa de uso e ocupação do solo da bacia do rio Claro – 2007/2014. **Fonte:** Autores, 2018.

Quanto à vegetação, observa-se que houve aumento de cerca de 4,1% entre 2007 e 2014. A área vegetada compõe-se de remanescentes de vegetação nativa (Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas) e de gramíneas e arbustos de pequeno porte que ocorrem em áreas que foram desmatadas cuja vegetação encontra-se em processo de recuperação, ou em canteiros de áreas residenciais e comerciais com espécies paisagísticas. Cerca de 63,9% da área total da microbacia já sofreu intervenções antrópicas, caracterizando-a como densamente urbanizada.

O rio Urucutiua está situado no bairro do Araçagy no município de São José de Ribamar, com aproximadamente 2,1 km de extensão, desaguando na praia de mesmo nome. Quanto ao uso e ocupação do solo desta bacia, houve uma considerável modificação da paisagem conforme a Figura 6. Observa-se que os instrumentos urbanos começam a se destacar, com a demarcação de novos loteamentos e aumento de 3,04% da área construída e diminuição significativa de 37,53% da cobertura vegetal em 2014. Conseqüentemente, tem-se o aumento significativo (33,8%) das áreas com solo exposto. Ao contrário da bacia do rio Claro, a bacia do rio Urucutiua mostra menor área construída (10,7%) e com vias que ainda se encontram sem pavimentação, com exceção da rodovia MA-203.

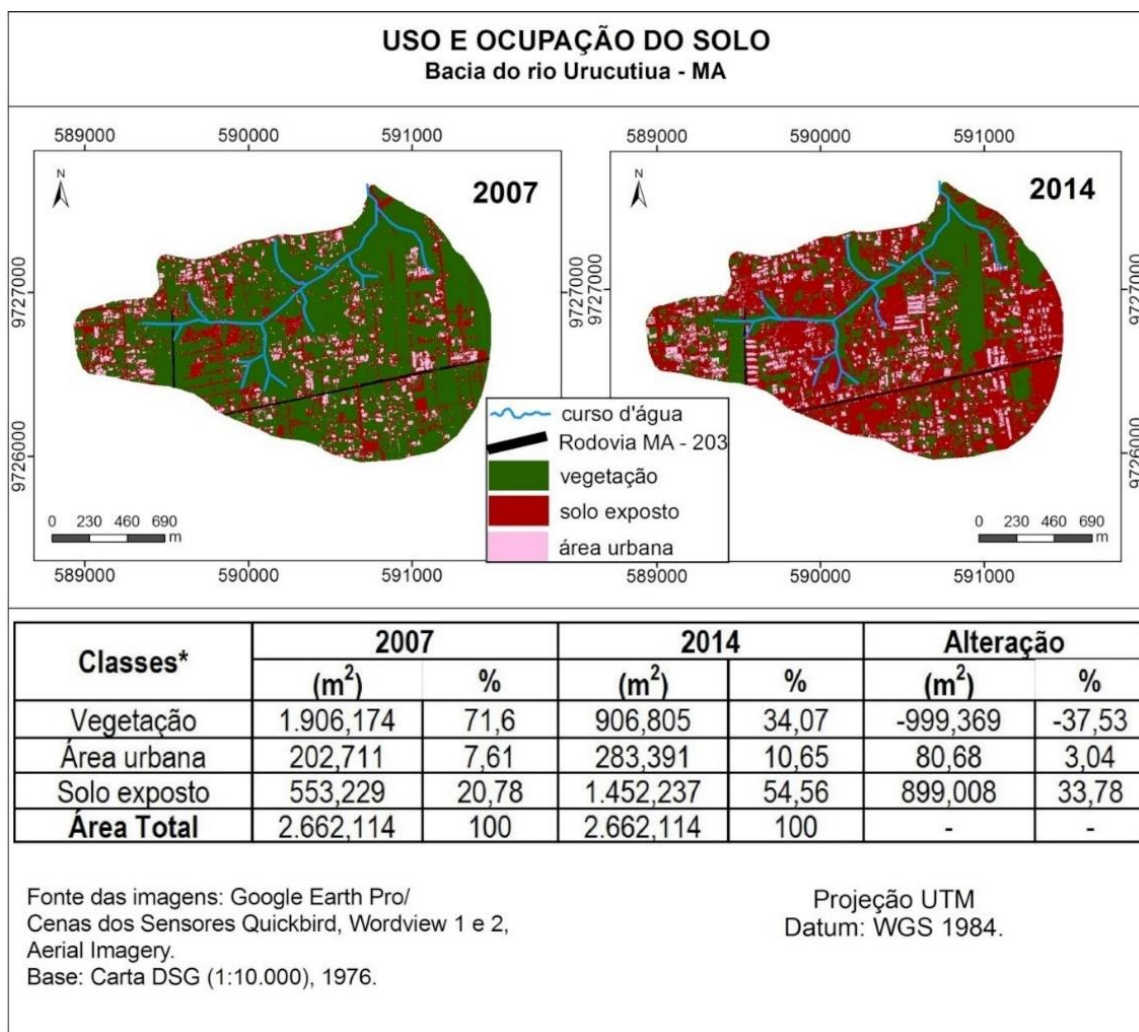


Figura 7: Mapa de uso e ocupação do solo da bacia do rio Urucutiua – 2007/2014. **Fonte:** Autores, 2018.

Embora os instrumentos urbanos não sejam numerosos, o grande aumento de áreas de solo exposto e a quantidade de lotes demarcados, indicam que o processo de urbanização da bacia encontra-se ativo e acelerado entre 2007 e 2014. Como consequência, grande parte dos

afluentes do rio Urucutiua já se encontram assoreados, pois, o carreamento de sedimentos para dentro da calha do rio foi favorecido pela supressão da vegetação e exposição do solo. Outro impacto negativo dessa supressão é que grande quantidade de lixo (Figura 8) também está sendo carregada pela água da chuva para dentro da calha do rio. Como demonstrado, as bacias estudadas se configuram em níveis diferentes de urbanização, enquanto que a bacia do rio Claro possui mancha urbana bem consolidada, a bacia do rio Urucutiua está em processo de urbanização. E os impactos observados nas duas bacias, evidenciam-se com a decorrente mudança no uso do solo por meio da perda de solo, assoreamento (Figura 9), poluição e contaminação dos seus cursos d'água.



Figura 8: Lixo de construção civil na bacia do rio Urucutiua. **Fonte:** Autores, 2014.



Figura 9: Assoreamento do rio Urucutiua. **Fonte:** Autores, 2014.

Entre 2007 e 2014, observou-se que a Ilha do Maranhão apresentou exacerbado crescimento da mancha urbana, que teve lugar com a construção de algumas vias de ligação que melhoraram o acesso intermunicipal. Conseqüentemente, o processo de ocupação do espaço urbano da ilha ocorreu de forma desordenada e, a área litorânea pelo seu potencial turístico, é o maior alvo da especulação imobiliária por empreendimentos residenciais e comerciais como, bares, restaurantes e casas de veraneio. Outra consequência desse processo foi a impacto ambiental na qualidade das águas dos córregos urbanos, não só devido ao lançamento de esgoto, mas também pela disposição de resíduos sólidos em locais indevidos e no leito dos rios.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise das bacias dos rios Urucutiua e Claro evidencia que ambas passam por estágios distintos da degradação de origem antrópica. O processo iniciado pela ocupação, falta de saneamento, falta de proteção adequada das áreas de APPs e, principalmente falta de planejamento urbano, resultam em supressão da vegetação, assoreamento, depósitos de resíduos sólidos de várias origens, lançamento esgotos domésticos *in natura*. Estes impactos comprovam a perda do equilíbrio ambiental e degradação local.

O rio Urucutiua se encontra no início desse processo, os impactos mais preocupantes neste rio é o assoreamento dos canais e o grande contingente de resíduos sólidos na calha do rio, embora a mancha urbana nesta bacia ainda seja menor, microrganismos de origem fecal confirmam a contaminação do rio. A bacia do rio Claro, que possui mancha urbana consolidada, não sofre muito com processos erosivos, porém o nível de contaminação é preocupante, evidenciado não só pela presença da *E. Coli*, como também outros microrganismos patogênicos. Por serem duas bacias litorâneas que deságuam em praias muito frequentadas da Ilha estes impactos ambientais podem causar danos à vida aquática e, conseqüentemente, a saúde humana.

Tendo em vista o exposto, considera-se de suma importância a intervenção do poder público por meio dos instrumentos de regulação urbana, na fiscalização, monitoramento e mitigação dos impactos ambientais das duas bacias. Este estudo torna-se crucial, pois constata as conseqüências do processo de uso e ocupação na qualidade físico-química e bacteriológica das águas superficiais e na degradação ambiental de bacias urbanas. Diante de todas as informações obtidas, fica evidente que as atividades antrópicas contribuem significativamente para mudanças no ambiente e constitui um fator de risco à qualidade de vida da população local.

5. REFERÊNCIAS

APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 18. ed. Washington/D.C.: APHA/AWWA/WEF, 1992.

ARAÚJO, E.P.; PARENTE JUNIOR, J.W.C.; ESPIG, S.A. Estudo das Unidades de Paisagem da Ilha do Maranhão: delimitação e dinâmica. In: **Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Goiânia, Brasil, 16-21, abril, 2005, INPE. p. 2607-2609.

BONTEMPO, K. P. A Micro-Bacia do Jaracaty. In. PFLUEGER, Grete Soares; SALGADO NETO, José Bello (Orgs). **Aspectos Urbanos de São Luís: uma abordagem multidisciplinar**. São Luís: EdUEMA, 2012.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005**. Brasília: D.O.U., 2005.

CUNHA, D. G. F.; CALIJURI, M. C. Análise probabilística de ocorrência de incompatibilidade da qualidade da água com o enquadramento legal de sistemas aquáticos: estudo de caso do rio Pariquera-Açu (SP). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 15, n. 4, p. 337-346, 2010.

DIAS, J.P; SILVANY, C; SARAIVA, M. M; RUF, H. R; GUZMÁN, J. D; CARMO, E. H. **Cromobacteriose em Ilhéus, Bahia: investigação epidemiológica clínica e laboratorial**. In: Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical, v. 38, n. 6, p. 503-506, Nov.-Dez., 2005.

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

FARIAS FILHO, M.S. Caracterização geoambiental da área de proteção ambiental da região do Maracanã, São Luís – MA. In: FORTES, R. (org.). **Área de proteção ambiental do Maracanã: subsídios ao manejo e à educação ambiental**. São Luís: FAPEMA, 2010.

FEITOSA, A. C., et al. **Atlas Escolar do Maranhão: Espaço Geo-Histórico e Cultural**. João Pessoa: Editora Grafset, 2006.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Demográfico, 2010.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. MANUAIS TÉCNICOS EM GEOCIÊNCIAS. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. 2ª.ed – Rio de Janeiro: IBGE, 2012. ISSN 0103-9598; n.1. 271p.

MOUCHREK, V.E.F.; NASCIMENTO, A.R. **Análises físico-químicas e bacteriológicas da água**. São Luís: Universidade Federal do Maranhão, 2005.

PEREIRA, E. D. **Avaliação da vulnerabilidade natural à contaminação do solo e do aquífero do Reservatório Batata, São Luís – MA**. Tese (doutorado em geografia). Universidade Estadual Paulista: Rio Claro, 2006.

PINTO, A. L.; OLIVEIRA, G. H.; PEREIRA, G. A. Avaliação da eficiência da utilização do oxigênio dissolvido como principal indicador da qualidade das águas superficiais da bacia do córrego Bom Jardim, Brasilândia/MS. **Revista de Geografia, Meio Ambiente e Ensino**, v. 1, n. 1, p. 69-82, 2010.

REBOUÇAS, Aldo da Cunha. Água Doce no Brasil e no Mundo. In. REBOUÇAS, Aldo da Cunha; BRAGA, Benedito; TUNDISI, José Galizia (Orgs). **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. Ed.3, Escritura Editoras. São Paulo, 2006.

RIBEIRO, Wagner Costa. **Geografia Política da Água**. Anablume. São Paulo, 2008.

RODRIGUES, J. R. D; JORGE, A. O. C; UENO, M. **Avaliação da qualidade das águas de duas áreas utilizadas para recreação do Rio Piracuama-SP**. In: Revista Biociências, Unital, v.15, n.2, 2009.

SILVA, Q. D. **Mapeamento geomorfológico da Ilha do Maranhão**. Tese (doutorado em geografia). Universidade Estadual Paulista: Presidente Prudente, 2012.

TUCCI, C.E.M. **Hidrologia aplicada: ciência e aplicação**. Porto Alegre: Editora UFRGS. 2002.

6. AGRADECIMENTOS

À FAPEMA pelo auxílio financeiro no projeto de pesquisa e aos professores Dr. Odilon Teixeira de Melo e Dra. Adenilde Ribeiro Nascimento pelas análises laboratoriais.

Recebido em: 09/08/2019

Aceito para publicação em: 18/10/2019