

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE AMBIENTAL DA SUB-BACIA DO RIO DAS BICAS,
ILHA DE SÃO LUÍS – MA**

*Assessment of the environmental quality of the river das Bicas sub-basin, São Luís Island –
MA*

Evaluación de la calidad ambiental de la subcuenca del río Bicas, Isla de São Luís – MA

Luana do Nascimento Dias¹
Alef Fontinele Teixeira²
Marcelo Henrique Lopes Silva³
Antonio Carlos Leal de Castro⁴

RESUMO

As condições socioeconômicas dos municípios devem ser consideradas como um conceito multidimensional. O presente trabalho objetivou avaliar a qualidade ambiental da sub-bacia do rio das Bicas, através da caracterização das formas de uso e ocupação do território, bem como pela utilização de indicadores físico-químicos e biológicos. Foram utilizadas quatro metodologias, sendo uma a caracterização das formas de uso e ocupação do território da sub-bacia; aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida (PAR) de habitats; avaliação da qualidade da água a partir da coleta de variáveis físico-químicas e através do método de Colilert. Os resultados indicaram a transformação da paisagem, que ocorreu com o crescimento da área urbanizada, impactando severamente o rio das Bicas. Constatou-se um decréscimo na área antes ocupada por manguezal e um processo de crescimento de áreas de vegetação densa e rasteira, juntamente com de áreas urbanizadas. Quanto à aplicação do PAR, todos os pontos foram qualificados como alterados. A análise da variáveis físico-químicas indicaram valores fora dos limites estabelecidos pela legislação vigente. Nas contagens de coliformes totais e *Escherichia coli*, verificou-se a presença dessas bactérias em todas os pontos de coletas, demonstrando que a qualidade da água se encontra fora dos padrões de potabilidade, e, conseqüentemente, imprópria para o consumo humano.

Palavras chave: Bacia hidrográfica. Uso e cobertura do solo. Qualidade da água.

ABSTRACT

The present work aimed to evaluate the environmental quality of the Bicas River sub-basin, through the characterization of the forms of use and occupation of the territory, as well as the use of physical-chemical and biological indicators. Four methodologies were used, one being the characterization of the forms of use and occupation of the sub-basin territory; application of the Habitas Rapid Assessment Protocol (PAR); assessment of water quality based on the collection of physical-chemical variables and using the Colilert method. The results indicated the transformation of the landscape, which occurred with the growth of the urbanized area, severely impacting the Bicas River. There was a decrease in the area previously occupied by mangroves and a process of growth in areas of dense and low vegetation, along with urbanized areas. Regarding the application of the PAR, all points were classified as changed. The analysis of physical-chemical variables indicated values outside the limits established by current legislation. In the counts of total coliforms and *Escherichia coli*, the presence of these bacteria was verified in all collection points, demonstrating that the quality of the water is outside potability standards, and, consequently, unsuitable for human consumption.

Keywords: Hydrographic basin. Soil use and coverage. Water quality.

¹Universidade Federal do Maranhão (UFMA); E-mail: dias.luana@discente.ufma.br

²Universidade Federal do Maranhão (UFMA); E-mail: alefoceano@gmail.com

³Universidade Federal do Maranhão (UFMA); E-mail: marcelo.silva@ufma.br

⁴Universidade Federal do Maranhão (UFMA); E-mail: alec@ufma.br

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la calidad ambiental de la subcuenca del río Bicas, a través de la caracterización de las formas de uso y ocupación del territorio, así como el uso de indicadores físico-químicos y biológicos. Se utilizaron cuatro metodologías, siendo una la caracterización de las formas de uso y ocupación territorio de la subcuenca; aplicación del Protocolo de Evaluación Rápida (PAR) para vivienda; Evaluación de la calidad del agua a partir de la recolección de variables físico-químicas y mediante el método Colilert. Los resultados indicaron la transformación del paisaje, ocurrida con el crecimiento del área urbanizada, impactando severamente el río Bicas. Hubo una disminución del área anteriormente ocupada por manglares y un proceso de crecimiento en áreas de vegetación densa y baja, junto con áreas urbanizadas. Respecto a la aplicación del PAR, todos los puntos fueron catalogados como modificados. El análisis de variables físico-químicas indicó valores fuera de los límites establecidos por la legislación vigente. En los conteos de coliformes totales y *Escherichia coli* se verificó la presencia de estas bacterias en todos los puntos de recolección, demostrando que la calidad del agua está fuera de los estándares de potabilidad, y, en consecuencia, no apta para el consumo humano.

Palabras clave: Cuenca hidrográfica. Uso y cobertura del suelo. Calidad del agua.

1. INTRODUÇÃO

A implantação progressiva de atividades econômicas e o adensamento populacional de forma desordenada em bacias hidrográficas urbanas têm ocasionado uma fragmentação nos ecossistemas terrestres e aquáticos, provocando mudanças e transformações socioambientais que conflitam com os fundamentos básicos que asseguram a sustentabilidade de uma região urbana, especialmente aquelas que se encontram próximo de zonas costeiras (COELHO; CASTRO, 2018).

As bacias hidrográficas de São Luís sofrem pressão direta das atividades antrópicas e isto é consequência da ausência de um planejamento populacional e da superexploração dos recursos naturais, gerando degradação e poluição do principal ecossistema presente na região, os manguezais (SOARES et al., 2021).

No eixo espacial que compreende a bacia hidrográfica do Bacanga, diversas atividades antropogênicas como lançamento de esgotos domésticos, hospitalares e industriais in natura nas águas dos rios e mangues, tencionaram os ecossistemas terrestres e aquáticos, além de causarem mudanças e transformações socioambientais que conflitam com os fundamentos básicos que asseguram a sustentabilidade de uma região. Esta expansão territorial ocorreu de forma não planejada, afetando sobremaneira, vastas áreas naturais, com a supressão de matas e florestas, poluição de cursos d'água, erosão de solos, que comprometeram a drenagem e a cobertura vegetal da região (MMT, 2007).

A bacia hidrográfica do Bacanga ocupa uma superfície de aproximadamente 110 km², formada pelo rio Bacanga e seus afluentes, com destaque para o rio das Bicas como

principal tributário (PEREIRA et al. 2018). Este corpo d'água vem sendo degradado de forma intensa, sofrendo enorme impacto de poluição, associada principalmente à ocupação desenfreada, ao desmatamento de manguezais e ao assoreamento de suas margens. As comunidades que moram em áreas baixas influenciam diretamente nas modificações da vegetação, estabilidade do solo, qualidade da água, no ciclo de precipitações e secas. Essas modificações alteram o escoamento superficial e infiltração, uma vez que geram instabilidade no solo com o desmatamento e construções urbanas (MMT, 2007).

Soares (2010), aborda que com o rápido crescimento desordenado, associado com a variedade de atividades humanas que exploram e usufruem dos recursos naturais, resultam em diversas quantidades de resíduos, poluentes e interferências no ambiente natural. Segundo Oliveira e Botelho (2014), as modificações nos cursos de água, retirada da vegetação, ocupação indiscriminada das margens, a ineficácia na coleta dos resíduos e a destinação inadequada do esgoto sanitário, constituem práticas que podem contribuir para o aumento do assoreamento ao longo da calha dos rios, ocasionando diversos transtornos às populações inseridas nessa região.

Agregar (2019), assinala que quanto ao uso urbano, diversos são os conflitos que podem ser observados ao longo de toda a extensão da bacia hidrográfica do Bacanga. Em alguns trechos, a expansão urbana conflita com meio rural, acaba interferindo nos ecossistemas naturais que necessitam ser preservados. Em compensação, carece de infraestrutura mínima relacionada às políticas públicas, com atendimento precário à demanda de serviços básicos de educação, saúde e, principalmente, infraestrutura urbana, em especial o saneamento (abastecimento de água, esgotamento sanitário e o tratamento dos resíduos sólidos), além da inadequação e ineficácia econômica, geradora do desemprego e baixo nível de renda da região. De acordo com Soares (2021), o cenário da bacia hidrográfica do Bacanga reflete diretamente na qualidade de vida das pessoas, principalmente aquelas de baixo poder aquisitivo e que vivem de subsistência dos recursos naturais.

Os recursos hídricos possuem grande importância para o desenvolvimento regional, uma vez que a qualidade das águas dos rios vem sendo cada vez mais afetadas pela ocupação desenfreada da bacia hidrográfica. O crescimento demográfico e o desenvolvimento social e econômico aumentam a demanda por água e provocam alteração de ordem físico-química e biológica nos ecossistemas aquáticos (DE SOUZA et al., 2014). Dessa forma, é de grande importância identificar a qualidade da água e verificar a sua vulnerabilidade a diferentes usos,

levando em consideração a necessidade da conservação de recursos hídricos, auxiliando no que se refere ao seu gerenciamento sem perder a perspectiva da bacia hidrográfica como unidade de planejamento.

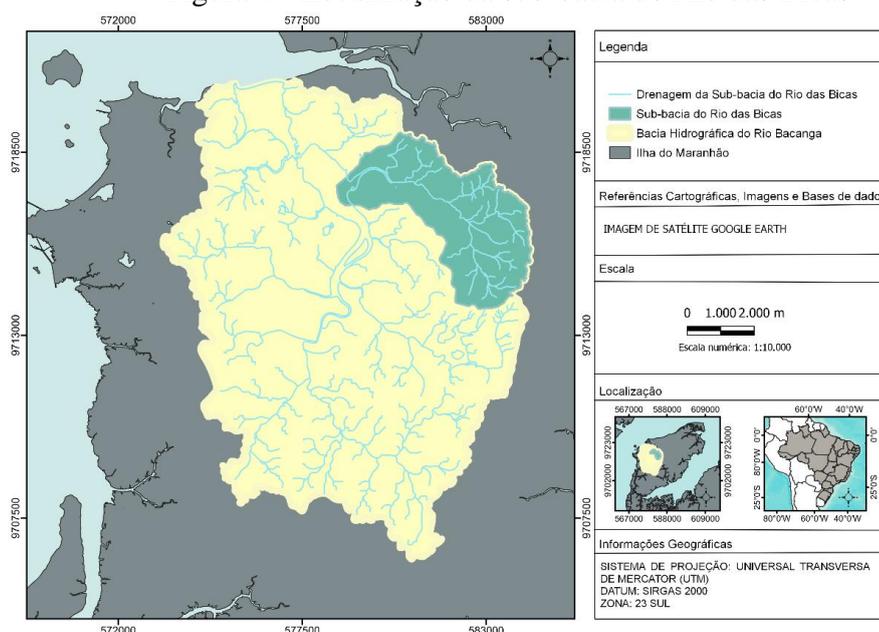
Assim, o presente estudo tem como objetivo avaliar a qualidade ambiental da sub-bacia do Rio das Bicas, através da caracterização das formas de uso e ocupação do território, bem como pela utilização de indicadores físico-químicos e biológicos, como descritores da qualidade e saúde dos diferentes compartimentos investigados, podendo dessa forma subsidiar na tomada de decisões quanto a implementação de ações de conservação, manejo do solo e dos recursos hídricos do território que se insere na sub-bacia investigada.

2. METODOLOGIA

2.1 Área de estudo

A sub-bacia do Rio das Bicas (Figura 1) encontra-se situada no centro oeste da ilha do Maranhão e ao norte do Parque Estadual do Bacanga. Alguns bairros tradicionais estão localizados nesta área, como o Bairro de Fátima, Filipinho, Coheb e o Sítio do Físico. Além disso, as margens do Rio das Bicas contornam a avenida dos Africanos, uma rodovia de grande fluxo da cidade de São Luís (MMT, 2007).

Figura 1 - Localização da sub-bacia do Rio das Bicas.



Fonte: Própria.

Anteriormente o rio das Bicas era chamado de “cai n’água” e sua nova nomenclatura se deu devido um afloramento do lençol freático, a margem direita que popularmente era chamado de bica (COELHO, 1995). Para não comprometer a Avenida dos Africanos (antiga Médici), esta fonte foi aterrada e cimentada, encontrando-se próxima ao Parque Amazonas, não sendo mais utilizada como fonte de abastecimento.

2.2 Uso e cobertura do solo

Através do uso de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto, foi elaborado mapa de uso e cobertura do solo, baseado nas imagens de satélite Google Earth Pro, para os anos de 2004 e 2021 que recobre toda a área de estudo. Em seguida, realizou-se a identificação dos grupos de pixels que representam a vegetação densa, vegetação rasteira, área de manguezal, solo exposto, área urbana, planície lamosa e corpos d’água (Quadro 1).

Para o mapa de uso e cobertura do solo no período de 2021, foi utilizado padrão semelhante de classificação para o ano de 2004. O software computacional utilizado para análise e digitalização das classes de uso do solo foi o QGIS, versão 3.22.6. Os resultados de área (km²) do mapeamento foram convertidos em porcentagem, com intenção de identificar os processos de mudanças da paisagem.

Quadro 1 - Classificação das unidades de paisagem utilizadas no mapa de uso e cobertura do solo.

CLASSES	DESCRIÇÃO
Área Urbanizada	Áreas de grande adensamento urbano, zona residencial.
Vegetação Densa	Área com alta densidade de vegetação arbórea, bosques, onde a interceptação da precipitação é alta.
Vegetação Rasteira	Áreas alteradas que estão em processo de recuperação natural.
Manguezal	Regiões ocupadas por vegetação de mangue.
Planície Lamosa	Área de acumulação lamosa e arenosa exposta durante a maré baixa.
Solo Exposto	Áreas com visível exposição do solo.
Corpo d’água	Toda superfície coberta por rios, lagos, lagoas.

Fonte: Própria.

2.3 Aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida (PAR)

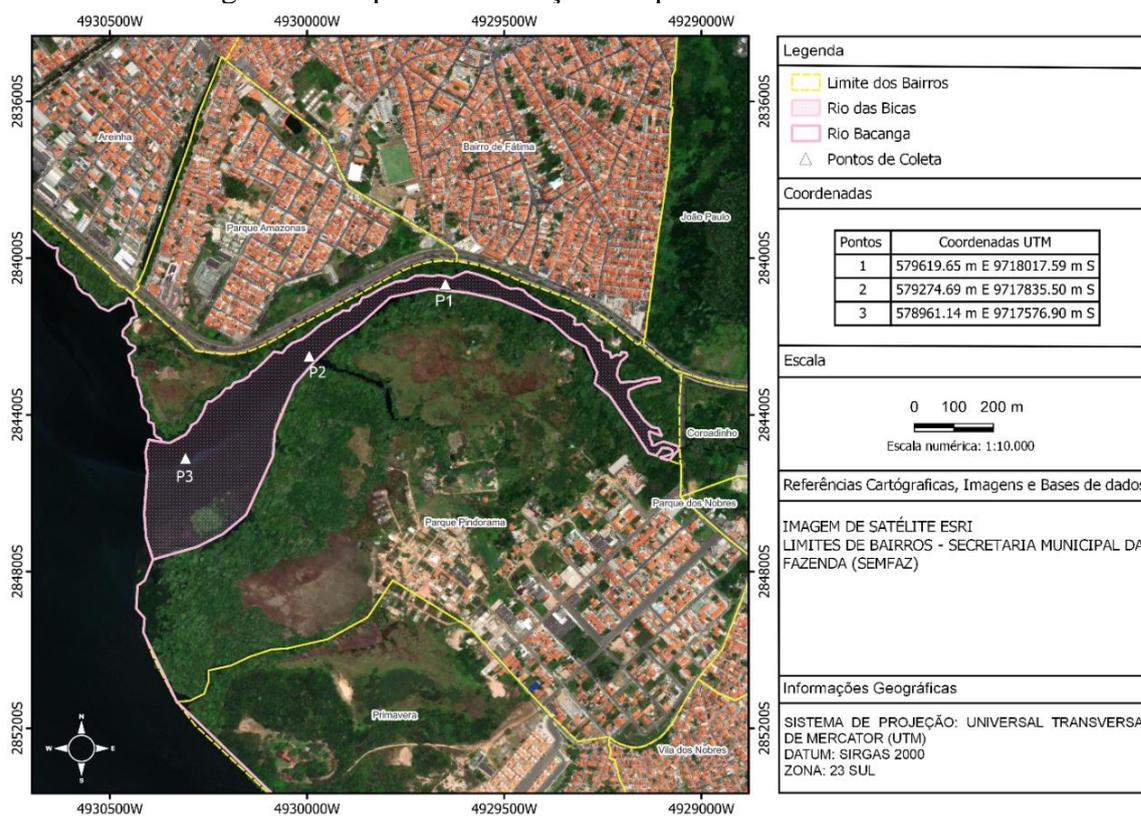
O diagnóstico da área de estudo foi feito com base no que foi proposto por Callisto et al. (2002) no Protocolo de Avaliação Rápida da Diversidade de Habitats. O autor adaptou os protocolos elaborados pela Agência de Proteção Ambiental de Ohio, Estados Unidos (EPA, 1987), que analisa o nível de degradação nas bacias de acordo com os impactos antrópicos (Anexo 1); e Hannaford et al. (1997), que avalia o estado e nível de conservação das condições naturais do ambiente estudado.

O primeiro indicador foi pontuado de 0 a 4. Delimitou-se 3 pontos (Figura 2) que foram escolhidos para análise dos parâmetros físico-químicos e da qualidade da água, com objetivo de conhecer a condição ambiental do Rio, sendo localizados entre a região estuarina e o trecho limnético. Para aplicação do Protocolo de Avaliação da Diversidade de Habitats, pontuou-se de 0 a 5, onde cada valor foi atribuído de acordo com as condições visualizadas nos ambientes.

O resultado é encontrado através do somatório de cada parâmetro, com a finalidade de identificar as condições ecológicas visualizadas. Os pontos que se apresentam com valores entre 0 e 40 são caracterizados como impactados, com valores entre 40 e 60 como alterado, e os pontos com valores acima de 61 como ambientes naturais.

A seleção dos pontos para a aplicação do PAR foi realizada através de visitas a área e a partir de visualizações aéreas utilizando o Google Earth Pro. As visitas a região para a aplicação do diagnóstico ocorreram na última coleta do trabalho, em 15 de maio de 2023. Os critérios de determinação dos pontos para aplicação da PAR foi o mesmo para coleta da água.

Figura 2 - Mapa da localização dos pontos de coleta do Rio das Bicas.



Fonte: própria.

2.4 Variáveis físico-químicas

Para identificação da qualidade ambiental da água superficial do rio das Bicas, foram realizadas coletas bimestrais em três pontos de amostragens (Figura 2), no período chuvoso e estiagem, mensurando algumas variáveis físico-químicas (Quadro 2), utilizando-se um Kit multiparâmetro e o Disco de Secchi.

Quadro 2 - Parâmetros físico-químicos amostrados no Rio das Bicas.

PARÂMETRO	MÉTODO ANALÍTICO
Temperatura	Sonda Hanna 9697
pH	Sonda Hanna 9697
Salinidade	Sonda Hanna 9697
Condutividade	Sonda Hanna 9697
Oxigênio Dissolvido	Sonda Hanna 9697
Transparência	Disco de Secchi

Fonte: Os autores.

2.5 Coliformes fecais

As amostras de água foram coletadas manualmente, utilizando-se frascos de plásticos de 500 ml com as tampas cobertas. Em seguida os frascos foram armazenados em caixa isotérmica refrigerada para transporte e encaminhadas ao Laboratório de Microbiologia de Alimentos e Água da Universidade Federal do Maranhão, Campus Bacanga, onde foi realizada a análise bacteriológica da água fazendo uso do método de Colilert.

Em laboratório, realizou-se primeiramente a higienização das mãos com sabão e água e em seguida da bancada com álcool e algodão. Após higienizados com álcool e algodão, os frascos foram agitados para transferências das amostras para os frascos de vidro. Os frascos de vidros foram devidamente etiquetados e preenchidos com 100 ml de cada amostra com uma ampola de substrato de Colilert. Após agitadas, foram incubadas a 37° por 24 horas e por fim, expostas à luz ultravioleta (UV).

O método de Colilert é aprovado internacionalmente quanto ao cumprimento dos requisitos para testes, pois detecta coliformes totais e *Escherichia coli*, em 24 horas ou menos, sem a necessidade de confirmação. Os resultados estão associados à coloração do material analisado, sendo incolor quando indica ausência de bactérias do grupo coliforme e de *E. coli* nas amostras, amarelo, quando há presença de bactérias do grupo coliformes e ausência para *E. coli*, e amarelo com fluorescência sob luz UV, indicando presença de bactérias do grupo coliforme e *E. coli* nas amostras.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Uso e cobertura do solo

A análise da imagem de 2004 (Figura 3) revelou para a classe de área construída um percentual de 36,48% de ocupação e 12,21% de solo exposto, enquanto para áreas de vegetação densa apresentou 7,69%, áreas de manguezal 4,05% e 9,16% de vegetação rasteira (Tabela 1). O corpo hídrico apresentou a porcentagem de 2,81%, e, área de planície lamosa apresentou 0,42%. O cenário do uso/cobertura da terra para o ano de 2004 mostrou a predominância de áreas urbanas na sub-bacia, evidenciando a expansão desordenada em torno do rio das Bicas. O valor para solo exposto confirma a transformação da paisagem, que ocorre

via desmatamento, queimadas e retirada de material sedimentar. De acordo com Oliveira (2008) o acelerado e desordenado crescimento do município de São Luís vem provocando elevadas alterações na vegetação natural. Durante muito tempo, a bacia hidrográfica do Bacanga vem sofrendo com constantes mudanças. A expansão demográfica ocasiona a ocupação das margens, que em sua maioria, produz apropriações em suas áreas baixas, como manguezais e matas secundárias.

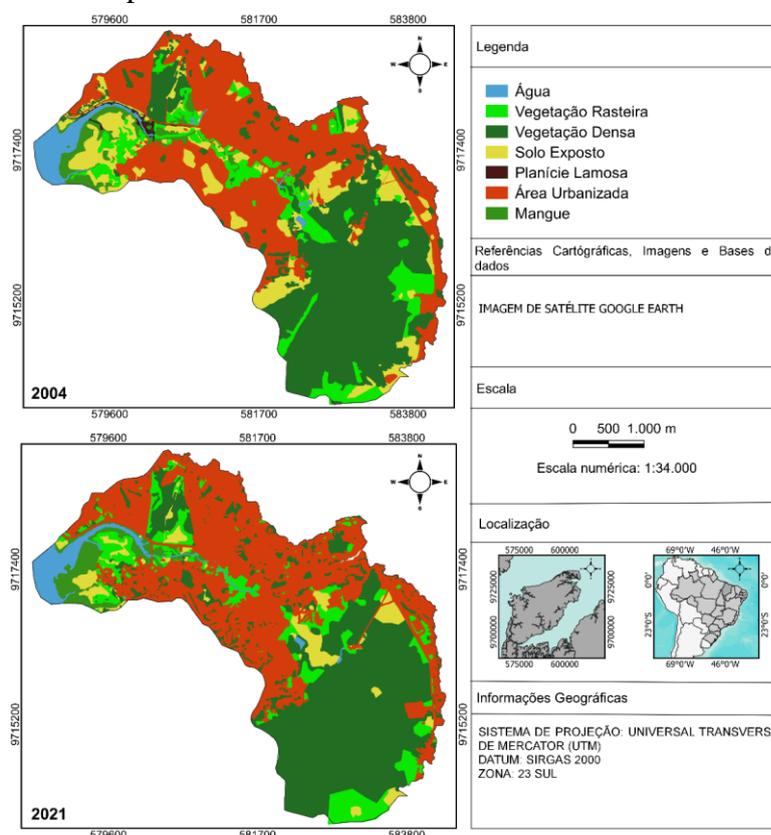
O diagnóstico da imagem de 2021 apontou que para áreas urbanas somavam 39,77% da área e 5,52% de solo exposto, enquanto para áreas de vegetação densa apresentou 20,0%; área de manguezal com 3,92% e vegetação rasteira 10,76%. Os 2,85% das áreas restantes correspondiam aos corpos hídricos.

Tabela 1 - Áreas das Unidades de Paisagem da sub-bacia do Rio das Bicas (%).

Ano	Área urbanizada	Vegetação densa	Vegetação rasteira	Mangue	Planície lamosa	Solo exposto	Corpo d'água
2004	36,48%	7,69%	9,16%	4,05%	0,42%	12,21%	2,81%
2021	45,66%	27,90%	10,78%	3,92%	0,00%	5,52%	2,85%

Fonte: Própria.

Figura 3 - Mapa de Uso e Cobertura da Terra da Sub-bacia do Rio das Bicas.



Fonte: Própria.

Correlacionando o cenário de uso e cobertura da terra nos anos de 2004 e 2021 notou-se que as áreas urbanas aumentaram, com consequente diminuição o solo exposto. Já a vegetação rasteira e densa, obtiveram um aumento significativo, enquanto a área de manguezal registrou uma sensível redução.

Por outro lado, observou-se uma transformação da paisagem, potencializada pelo crescimento da área urbanizada, impactando o principal afluente da bacia hidrográfica do Bacanga, que atualmente perdeu sua principal característica hídrica, devido ao assoreamento e inundações em períodos chuvosos, constituindo um possível transmissor de doenças para a populações ribeirinhas, por ser o receptáculo final do lançamento de esgoto no seu corpo hídrico.

O ecossistema manguezal presente nas margens do Rio das Bicas sofre um processo de degradação, devido ao crescimento desordenado da urbanização, aliada a concentração de resíduos sólidos e orgânicos em toda sua região. A expansão ocorrida sem planejamento, comprometeu o funcionamento dos mais expressivos corpos d'água da região urbana de São Luís, às bacias do rio Anil e do rio Bacanga. (TEXEIRA & TEXEIRA, 2005). Na bacia hidrográfica do Bacanga, ocorre um acelerado processo de ocupação por sítios urbanos e industriais que comprometem suas condições sanitárias e paisagísticas, o que reflete na qualidade de vida da população (TEXEIRA & TEXEIRA, 2005).

3.2 Aplicação do protocolo de avaliação rápida (PAR)

Os resultados da aplicação do PAR nos três pontos de coleta do rio das Bicas, mostrou pouca variabilidade, com os sítios de amostragens enquadrados apenas na classe alterado. Tais resultados podem ser observados na Tabela 2.

Quadro 3 - Resultado da análise dos protocolos aplicados nos trechos do Rio das Bicas.

PONTOS	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3
COORDENADAS	02°33.134' 044°16.851'	02°33.071' 044°17.088'	02°33.288' 044°17.415'
1	0	4	4
2	0	0	2
3	2	2	2
4	2	2	2
5	2	2	2
6	4	4	4
7	2	2	2
8	2	2	2

PONTOS	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3
COORDENADAS	02°33.134' 044°16.851'	02°33.071' 044°17.088'	02°33.288' 044°17.415'
9	4	4	4
10	2	2	2
11	3	3	3
12	0	0	0
13	0	0	0
14	0	0	0
15	0	0	0
16	3	2	2
17	5	5	5
18	5	5	5
19	2	3	3
20	2	3	3
21	2	2	3
22	0	0	3
PONTUAÇÃO	42	47	50
AVALIAÇÃO	Alterado	Alterado	Alterado

Fonte: Os autores.

O sítio de amostragem 1 encontra-se próximo a ocupações residenciais (Figura 4), apresentando características de alterações de origem doméstica com presença de lixo visível (Figura 5), que influenciam diretamente no odor desagradável da água, sedimentos do fundo e na transparência da água.

Figura 4 - Presença humana nas margens do rio das Bicas no sítio de amostragem 1.



Fonte: Própria.

Figura 5 - Lixo encontrado em trecho próximo ao sítio de amostragem 1.



Fonte: Própria.

O solo coletado no trecho do Ponto 1 tem característica lamoso (Figura 6), por estar localizada em uma região de contato com o ambiente marinho, ocorrendo a presença da vegetação de manguezal, uma vez que é típica de ambiente estuarino e sedimento lamoso, sendo essa ocorrência maior na área da bacia que compreende o médio e baixo curso (Pereira et al 2018).

Figura 6 - Sedimento de fundo coletado no sítio de amostragem 1.



Fonte: Própria.

Além da ocupação residencial nas margens do rio das Bicas, foi construído ao longo de seu contorno, uma avenida de grande fluxo que recebe uma demanda crescente de tráfego e acesso de veículos de transportes coletivos e particulares, além da grande incidência de estabelecimentos comerciais e habitação que resultaram na impermeabilização da drenagem e no desmatamento da vegetação presente nas margens (Lopes, 2017). O lançamento de esgotos doméstico in natura e a ausência de sistemas de esgotamento sanitário, contribuem para a ocorrência de poluição por veiculação hídrica na sub bacia.

Em parte da área analisada, observou-se ainda a presença de mata ciliar apresentando entre 50 e 70% de vegetação riparia nativa, bem como trechos com solo exposto e supressão de vegetação, evidenciando uma intensa influência antrópica nos remanescentes de mata ciliar nessa área (Figura 7). Destaca-se, por necessário, características de instabilidade nas margens, modificadas pelas construções residenciais, com risco elevado de erosão durante as enchentes. De acordo com Pereira et al (2018) as comunidades que moram em áreas baixas influenciam diretamente nas modificações da vegetação, estabilidade do solo, qualidade da água e no ciclo de precipitações e secas.

Figura 7 - Avenida dos Africanos visualizada próximo ao sítio de amostragem 1.



Fonte: Autoria própria.

No sítio de amostragem 2, não há presença de residências na ocupação das margens, a feição predominante nesta área é composta por manguezal, vegetação natural do ambiente (Figura 8).

Figura 8 - Sítio de amostragem 2 localizado na sub bacia do rio das Bicas.



Fonte: Própria.

Outra característica desse ponto de análise é a deposição moderada de lama nas margens, com semelhança no tipo de fundo do primeiro ponto analisado. Verificou-se também a presença de lixo e o lançamento de esgotos na região alterando a qualidade da água e do sedimento de fundo.

A vegetação original mostrou-se bastante modificada, afetando também o desenvolvimento do mangue (Figura 9), enquanto as margens nesse ponto, apresentam-se moderadamente instáveis.

Figura 9 - Desflorestamento no trecho localizado às margens do sítio de amostragem 2.



Fonte: Própria.

No sítio de amostragem 3, localizado próximo ao estuário (Figura 10), observou-se a presença de vegetação natural e um processo erosivo moderado nas margens do rio, semelhantemente aos outros sítios investigados.

Figura 10 - Visão área do terceiro ponto



Fonte: Própria.

A qualidade da água e do sedimento de fundo, assim como a presença de lixo, evidenciam as modificações efetuadas na área. A influência antrópica é perceptível nos três pontos de coleta investigados.

3.3 Variáveis físico-químicas

Na tabela 2 são apresentados os resultados das variáveis físico-químicas coletados nos três pontos durante as quatro campanhas. Os valores foram comparados com os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05, para o enquadramento de Águas Salobras – Classe I.

Tabela 2 - Valores das variáveis físico-químicas medidas no trecho do rio das Bicas.

Parâmetros	Out/22			Dez/22			Fev/23			Mai/23		
	PI	P2	P3	PI	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3
Temperatura	30,24	31,15	28,72	29,35	29,64	29,42	29,37	30,15	30,17	29,51	30,49	30,99
Ph	7,64	7,25	7,44	6,9	6,8	6,88	5,63	5,7	6,21	4,16	4,34	4,29
Salinidade	2,53	23,42	11,21	6,24	25,22	28,32	0,3	5,52	14,65	0,38	6,22	5,47
Od (mg/l)	4,76	4,06	7,85	14	13,94	13,82	1,03	1,34	2,29	3,76	3,06	6,85

Transparência (cm)	44	45	36	37,7	35,5	47,8	38	40	60	60	57	44
--------------------	----	----	----	------	------	------	----	----	----	----	----	----

Fonte: Os autores.

Com relação a temperatura da água, os valores não apresentaram grande variação nas quatro campanhas, apresentando amplitude de $2,27^{\circ}\text{C}$ ($28,72 - 30,99^{\circ}\text{C}$). Este comportamento pode estar relacionado com o horário de realização das coletas, próximo ao maior período de insolação solar, entre 12 e 14 horas. Grandes variações são pouco observadas em regiões de clima tropical. As informações climáticas disponíveis permitem considerar o clima de São Luís como de transição entre o equatorial e o tropical: quente e úmido, predominando uma grande variabilidade de precipitação, temperatura e umidade, não definindo estações ao longo do ano (NUGEO, 2016). A temperatura média está em torno de $27,5^{\circ}\text{C}$, sendo o período chuvoso os meses de janeiro a junho, enquanto a estiagem se inicia em julho até dezembro. O trimestre mais chuvoso correspondente ao período fevereiro - abril e o mais seco de julho a setembro (SILVA et al., 2009). O comportamento da temperatura é de grande importância, porque influencia diretamente processos fisiológicos dos organismos que habitam as massas de água, além da relação que mantêm com outras propriedades físicas e químicas da água, pH, teor de oxigênio dissolvido, densidade (LABOHIDRO, 1983).

Os valores de pH apresentaram amplitude de 3,48, variando entre 4,16 (P1 – mai/23) e 7,64 (P1 – out/22). Quanto ao enquadramento na Resolução CONAMA 357/05, no período de estiagem os valores se enquadraram na faixa estipulada, enquanto no período chuvoso os valores se encontraram fora da faixa indicada. Martins (2008) encontrou no mesmo local valores variando entre 7 e 8, sendo o pH considerado alcalino.

Observou-se redução dos valores de pH no período chuvoso. De acordo com Esteves (1998), durante este período são inseridos nos corpos d'água, grandes proporções de matéria orgânica e substâncias húmicas, mantendo-se altas concentrações de ácidos nítrico, acético, sulfúrico, além de ácido carbônico que são formados, sobretudo, pela atividade metabólica dos microrganismos aquáticos e, dessa forma, reduzem os valores de pH.

Com relação a salinidade, os valores variaram de $0,3\text{‰}$ (P1 – Fev/23) e $28,32\text{‰}$ (P3 – Dez/22). Devido a pluviosidade mais acentuada, que reduz a concentração de sais dissolvidos, os valores foram mais baixos no período chuvoso. Comparando os valores registrados com a Resolução CONAMA 357/05, durante período de estiagem todos os sítios foram qualificados como águas salobras, enquanto que no chuvoso, o P1 é qualificado como

água doce por possuir salinidade inferior a 0,5‰, e o P2 e P3 como águas salobras por possuírem salinidade entre 0,5‰ e 30‰. Martins (2008) encontrou comportamento semelhante na região, com valores mais baixos para salinidade no período chuvoso.

Quanto à variação espacial, os mais próximos do estuário, P2 e P3, apresentaram valores mais elevados. Segundo LaboHidro (1998), na área do Bacanga, a salinidade está relacionada com o aporte fluvial, precipitação pluviométrica, evaporação e contribuição marinha vinda da baía de São Marcos. O P1 em todos os períodos apresentou os menores valores para salinidade, provavelmente pela influência das ocupações residenciais que circundam este ponto, resultando na produção de matéria orgânica lançada na água através de esgoto, influenciando indiretamente na salinidade da água.

Oxigênio dissolvido variou entre 1,03 mg/L (P1 – Fev/23) e 14 mg/L (P1 – Dez/22). Apenas a campanha de dezembro de 2022 apresentou valores dentro dos padrões da CONAMA 357/05. Os valores das campanhas de outubro de 2022 (P1 e P2) e fevereiro e maio (apenas P1 e P2) de 2023 estiveram fora dos limites estabelecidos. LaboHidro (1998) e Martins (2008) encontraram valores igualmente baixos na região. Estes valores baixos se devem ao fato da região ser um grande depositário de esgoto da Ilha de São Luís (MMT 2007). Os pontos P1 e P2 apresentaram valores inferiores ao valor estabelecido, devido estarem localizados próximos das áreas urbanizadas e pela forte poluição de matéria orgânica.

O O₂ dissolvido é um importante variável orientadora nos processos biológicos e químicos, sendo também utilizado para avaliação da qualidade da água, por constituir um indicador de condições de poluição por matéria orgânica (BAIRD, 2002). Valores baixos podem indicar que houve intensa atividade bacteriana, decompondo a matéria orgânica lançada no corpo d'água (BARBOSA, 2000; MOTA, 1995).

A transparência da água apresentou variação entre 36 cm (P3 – Out/22) e 60 cm (P3 – Fev/23 e P1 – Mai/23), não havendo um padrão específico para essa variável. A transparência é um fator fundamental para os processos de produção de matéria orgânica e para o equilíbrio do balanço de gases nos ambientes aquáticos, os quais configuram a base de sustentação da atividade das comunidades (LABOHIDRO, 1983). Essa variável é essencial para a penetração de luz na coluna d'água, sendo dessa forma influência no processo fotossintético.

Em pesquisa feita por Soares et al. (2014) na bacia hidrográfica do rio Bacanga, um dos pontos de coletas era no rio das Bicas no período de abril/2012 a fevereiro/2013, valores

encontrados para temperatura atingiu a mínima de 27,8 e máxima de 30,2 correlacionando com os valores atuais deste ambiente a faixa encontrada se assemelha, em contrapartida, os valores para salinidade foram diferentes, sendo 13,3 a 32,0, os valores encontrados no presente estudo para salinidade houve variação sendo a mínima 0,3 (P1 – Fev/23) e máxima 28,32 (P3 – 28,32). Os valores encontrados para oxigênio dissolvido houve diferença no valor mínimo, no presente estudo foi de 1,03 enquanto Soares et al. (2014) encontrou 2,4. O pH para ambos estudos encontrado foi alcalino. Para a transparência houve uma pequena variação nos valores, no presente estudo o valor mínimo encontrado foi 35,5 (P2 – dez 22), Soares et.al (2014) encontrou valor mínimo 47,0.

Estudos recentes feito no rio Anil, mostraram que a temperatura variou pouco durante as campanhas comportamento similar ao do rio das Bicas, isto mostra a estabilidade térmica para a região, que não possui grandes variações de temperatura da água, devido à proximidade com a linha do Equador (Machado et al., 2022).

3.4 Análise bacteriológica

Registrou-se na região presença de coliformes fecais e de *Escherichia coli* em todos os períodos de coletas (Tabela 3).

Tabela 3 - Resultado das análises bacteriológicas feita no trecho do rio das Bicas.

	Out/22			Dez/22			Fev/23			Mai/23		
	PI	P2	P3	PI	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3
Coliformes fecais	21.182	21.182	21.1182	24.196	24.196	24.196	25.172	25.172	25.172	26.180	26.180	26.180
<i>Escherichiacoli</i>	5.767	10.192	7.164	6.867	10.531	8.164	2.400	9.200	9.200	9.468	12.864	12.879

Fonte: Os autores.

Observou-se um aumento de coliformes no período chuvoso. Esse comportamento é comprovado em outros estudos, indicando que existe relação direta do período de chuva com o aumento de coliformes fecais decorrente do carreamento de esgotos domésticos e do deflúvio superficial urbano. Padovan et al. (2010) e Kolm et al. (2016) comprovam que existe uma ligação direta do período chuvoso com o aumento no número de bactérias do grupo coliforme, provavelmente durante as chuvas pode ocorrer o transporte de matéria orgânica, ocasionados pelo lançamento de esgoto e lixo presentes na superfície do solo para o leito dos

córregos adjacente. Para E. coli constatou-se um aumento no mês de maio/23, possivelmente devido ao período chuvoso. LABOHIDRO (1998) evidenciou que a sub-bacia do Rio das Bicas está exposto a grande degradação ambiental e é considerado um dos ambientes mais poluído da bacia hidrográfica do Bacanga. Registrou-se a ocorrência de várias fontes que descartam lixos no rio das Bicas, evidenciando a alta poluição do corpo aquático (Figura 11).

Figura 11 - Lixos visíveis em trecho do rio das Bicas.



Fonte: Própria.

Todas as coletas, mesmo no período de estiagem, apresentaram variáveis bacteriológicas com valores superiores aos estabelecidos pela Resolução CONAMA N° 274/2000, ou seja, 2500 coliformes fecais termotolerantes e 2000 *Escherichia coli*, indicando a água do rio das Bicas imprópria para banho e consumo. Essas bactérias, quando em contato com o corpo humano, se instalam no intestino grosso, causando infecções intestinais, originando sintomas como diarreia e com potencial de infeccionar outra região do corpo humano, como o trato urinário, podendo causar meningite e pneumonia (BUSH et al., 2018).

Isto ocorre devido ao rio estar exposto a lançamento de esgoto e deposição de lixo, bem como pelo uso inadequado do solo que acelera o processo erosivo de suas margens (Figura 12). A ausência de sistemas de esgotamento sanitário favorece o lançamento de esgotos domésticos e industriais no leito do rio, além da construção da Avenida dos Africanos que também influenciou na aceleração do processo erosivo nas margens do rio das Bicas (MMT, 2007).

Figura 12 - Processo erosivo na margem esquerda do rio das Bicas.



Fonte: Própria.

Em estudo recente em um ambiente com características semelhantes a área desta pesquisa, que possui falta de esgotamento sanitário devida as moradias próximas ao ponto de amostragem apresentaram valores altos, porém dentro dos valores permitidos em condições aceitáveis de acordo com a resolução CONAMA 357 na água do rio estava em Marechal Deodoro – Alagoas (Bastos, Adelmo Lima et al. 2021).

Segundo Brasil (2021), o Maranhão possui uma rede de esgoto que atende 49,65% da população, visto que a coleta e o tratamento de esgoto abrangem aproximadamente 22,23%, sendo que em relação a população favorecida pela coleta de esgoto, esse percentual reduz para 47,43% e 52,57% nas zonas rural e urbana, respectivamente.

O reflexo dessas ações de poluição diretamente no rio por esgoto e lixos domésticos, ocupação desenfreada e ações de degradação refletiram na impropriedade da qualidade da água, que são confirmadas pelos resultados das análises bacteriológicas. Em pesquisa feita recente por Collares (2021), no rio Pardo (RS), mostra que o alto índice na concentração de coliformes fecais no rio Pardo é explicado pelo rio está inserido no perímetro urbano devido ao lançamento de esgotos domésticos sem tratamentos prévios.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise das classes de uso e cobertura do solo na sub-bacia do rio das Bicas, foi

possível verificar que o processo de ocupação urbana vem intensificando-se ao longo dos anos. Os mapas temáticos gerados possibilitaram a constatação de um decréscimo na área antes ocupada por manguezal, e um processo de crescimento de áreas de vegetação densa e rasteira e de áreas urbanas.

Os parâmetros observados e aplicados na análise do protocolo foram fundamentais para melhor compreensão da área de estudo, possibilitando a interação com análise de uso e cobertura. Os três sítios de amostragens foram classificados como alterados devido a ocupações residenciais, presença de avenida de grande fluxo, lançamentos de esgotos in natura e ausência de sistemas de esgotamento sanitário, sendo visível o processo erosivo nas margens do rio e as modificações antrópicas efetuadas na área.

Os parâmetros físico-químicos, nos três pontos investigados encontram-se fora dos padrões de potabilidade, assim como nas análises biológicas apresentaram resultados fora dos limites estabelecidos pela legislação vigente, conseqüentemente, a água do rio das Bicas se encontra imprópria para consumo humano.

Como receptáculo da descarga de grande parte dos esgotos da cidade, bem como a ocupação desordenada, ocasionando transformações paisagísticas, a sub-bacia do Rio das Bicas é uma área exposta à grande degradação ambiental e apresenta níveis elevados de poluição. Neste estudo foi observado ocorrência de desmatamento, erosão e acúmulo de lixo nas margens dos rios. Há necessidade de políticas públicas voltadas para a sensibilização da comunidade local para voltar usufruir dos recursos naturais do rio.

REFERÊNCIAS

AGREGAR. **Plano de manejo da Bacia Hidrográfica do Rio Bacanga, São Luís - MA.** 2019.

BAIRD, C. **Química Ambiental.** Porto Alegre: Bookman, 2002; p. 622.

BARBOSA, L. P. Avaliação dos procedimentos de extração sequencial de fósforo em sedimento do Rio Bacanga (São Luís – MA). **Dissertação** (Mestrado em Química) – Universidade Federal do Maranhão. São Luís, 2000.

BASTOS, A. L.; GAMA, J. A. S.; RODRIGUES, T.; MADALENA, J. A. S.; SILVA, D. L. N. Análises físico-químicas e bacteriológicas do rio estiva, Marechal Deodoro-Alagoas. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 4, p. 35188-35198, 2021.

BRASIL, Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Ranking do Saneamento Instituto**

Trata Brasil 2021. Brasília: SNS/MDR, 2021. 131 p.

BUSH, L.M., SCHMIDT, C.E. **Infecções por *Escherichia coli*.** Manual MDS, versão saúde para a família, 2020. Disponível em:

<https://www.msmanuals.com/ptbr/casa/infec%C3%A7%C3%B5es/infec%C3%A7%C3%B5es-bacterianas-bact%C3%A9rias-gram-negativas/infec%C3%A7%C3%B5es-por-escherichia-coli?redirectid=1264?ruleredirectid=30> . Acesso em: 12 mai. 2023.

CALLISTO, M; FERREIRA, W, R.; MORENO, P.; GOULART, M.; PETRUCIO, M. Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividade de ensino e pesquisa (MG-RJ). **Acta Limnologia Brasiliensia**, n. 14, v. 1, 2002.

CASTRO, T. C. S. **Identificação de áreas potenciais para a recarga de aquífero na bacia hidrográfica do rio Bacanga.** São Luís. 56p. Monografia (Curso Ciências Aquáticas). Departamento de Oceanografia e Limnologia, Universidade Federal do Maranhão. 2008.

COELHO, K. K. F., CASTRO, A. C. L. 2019. Mudanças Socioeconômicas e Ambientais da População Ribeirinha na Bacia Hidrográfica do Rio Anil, São Luís. **Políticas Públicas**, v. 22, n. 2, p. 1091-1120.

COELHO, N. de J. S. **Degradação Ambiental do Rio das Bicas: a morte de um rio.** Monografia. Universidade Federal do Maranhão. 64 f. São Luís, 1995.

COLLARES, M. F. A.; SILVA, L. F.; BARBOSA, R. B. G.; DOURADO, A. C. C.; REZENDE, B. N.; NASCIMENTO, J. A. C. Avaliação da qualidade de água do rio Pardo (MG) com base em parâmetros físicos, químicos e microbiológicos. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 5, 2021.

DE SOUZA, J. R.; MORAES, M.E. B.; SONODA, S. L.; SANTOS, H. C. R.G. A importância da qualidade da água e os seus múltiplos usos: caso Rio Almada, sul da Bahia, Brasil. **REDE-Revista Eletrônica do ProdeMA**, v. 8, n. 1, 2014. Disponível em:

<http://www.revistarede.ufc.br/rede/article/view/217>. Acesso em: 12 maio de 2023.

Environmental Protection Agency (EPA). **Biological criteria for the protection of aquatic life. Columbus: Division of Water Quality Monitoring and Assessment.** Ohio. 1897.

ESTEVEZ, F.A. **Fundamentos de Limnologia.** 2ª edição. Rio de Janeiro: Interciência, 1998. 601 p.

HANNAFORD, M. J.; BARBOUR, M. T.; RESH, V. H. Training reduces observer variability in visual-based assessments of stream habitat. **Journal of the North American Benthological Society**, v. 16, n. 4, p. 853-860, 1997.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Censo Demográfico.** 2010.

Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/default.shtm>. Acesso em: 08/10/ 2022.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Cidades e estados do Brasil.** Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>, acesso em 08/10/2022.

KOLM, H.E.; SIQUEIRA, A.; MACHADO, E.C. Influência da pluviosidade na qualidade da água de dois sangradouros do litoral do Paraná, Brasil. **J. Aquat. Sci. Technol.** v. 20, n. 2, p.1-11, 2016.

LABOHIDRO – Laboratório de Hidrologia da Universidade Federal do Maranhão do Maranhão. **Relatório Final**. Estudo da poluição química e biológica da Ilha de São Luís – MA. São Luís, 1983.

LABOHIDRO – Laboratório de Hidrologia da Universidade Federal do Maranhão do Maranhão. **Relatório Técnico**: Diagnostico Ambiental do estuário do Rio Bacanga, Ilha de São Luís – MA. São Luís, 1998.

LIAO, P. D. L.; BEZERRA, J. M.; BASTOS, O. C.; BARRETO, G. M. C. Análise dos indicadores bacterianos de poluição dos rios Anil e Bacanga, na Ilha de São Luís, Estado do Maranhão, Brasil. **Revista de saúde pública**, v. 18, p. 278-287, 1984.

LOPES, J.A.V. Gestão e Planejamento de Bacia Hidrográfica: requalificação urbana e ambiental da bacia do Rio Bacanga. **Revista Científica do Centro de Estudos em Desenvolvimento Sustentável (CEDS)**. n.7. 28p. 2017. Disponível em: <http://www.undb.edu.br/ceds/revistadoceds>.

MACHADO, A. M. B.; ESCHRIQUE, S. A.; LIMA, L. G.; PARISE, C. K.; SOARES, L. S.; AZEVEDO, J. W. J.; SILVA, M. H. L.; CASTRO, A. C. L. Distribuição das variáveis físicas e químicas na coluna d'água e caracterização do sedimento de fundo em um estuário de macromarê da costa amazônica do estado do Maranhão, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, v. 17, 2022.

MARTINS, A. L. P. **Avaliação da qualidade ambiental da bacia hidrográfica do Bacanga (São Luís-MA) com base em variáveis físico-químicas, biológicas e populacionais: subsídios para um manejo sustentável**. Dissertação (Mestrado em Sustentabilidade de Ecossistemas) – São Luís. UFMA. 2008.

MMT. Planejamento e Consultoria. Relatório de consultoria ambiental. **Programa de recuperação e melhoria da qualidade de vida do Bacanga**. São Luís, 2007. 83 p.

MOTA, S. **Preservação e conservação de recursos hídricos**. 2 ed. Rio de Janeiro: ABES, 1995. 200 p.

OLIVEIRA, B.R.G, BOTELHO, R.G.M. Alterações antrópicas em cursos de água em ambiente urbano e o potencial de ocorrência de enchentes: O caso da bacia do canal do mangue (Rio de Janeiro - RJ). **Geografia**, Rio Claro, v. 39, n. 1, p. 125-14. 2014.

OLIVEIRA, C. C. C. de. **Ocupação urbana na bacia hidrográfica e sua influência nas formações ciliares do Rio Bacanga**. Monografia. Universidade Federal do Maranhão. Curso de Ciências Aquáticas. 40 f. São Luís, 2008.

PARRON, L. M.; MUNIZ, H. de F.; PEREIRA, C. M. **Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água**. 2011.

PEREIRA, S. V.; BEZERRA, D. S.; MELO, K. C.; GONZAGA, L. F.; Análise espacial das

formas de ocupação da bacia hidrográfica do rio Bacanga. **Revista Ceuma Perspectivas**, vol. 31, 2018.

SILVA, G. C.; CAETANO, A. N. G.; SERRA, L. A.; SOPCHAKI, C. H.; RABELO, F. D. B. (Orgs). **Geotecnologias e cartografia social aplicadas ao planejamento e gestão territorial**. São Luís, Editora: EDUFMA, 2022. cap 46. p. 438-446. ISBN: 978-65-5363-0352

SILVA, F. S.; OLIVEIRA, J. O.; OLIVEIRA, I. C. S. C.; RODRIGUES, M. T. F.; ARAÚJO, R. R.; **Comportamento térmico no centro histórico e comercial de São Luís-MA**, 2009.

SOARES, L. S. **Avaliação da Aplicação do “Índice de Sustentabilidade de Bacias Hidrográficas” como Subsídios para Formulação de Políticas Públicas de Conservação das Sub-bacias Hidrográficas dos Rios Batatã e Maracanã, Ilha de São Luís-MA**. 2010. Tese de Doutorado. São Luís, UFMA.

SOARES, L. S.; BANDEIRA, A. M.; SILVA, M. H. L.; CASTRO, A. C. L.; Análise integrada e problemas socioambientais da Bacia Hidrográfica do Bacanga, São Luís – MA. **Rede – Revista Eletrônica do PRODEMA**, Fortaleza, Brasil, v. 15, n 1, p. 138 – 150. 2021. Disponível em: <http://www.revistarede.ufc.br/rede/article/view/674>. Acesso em: 13 maio de 2023.

SOARES, L. S.; LOPES, W. G. R.; CASTRO, A. C. L.; ARAUJO, G. M. C. Análise morfométrica e priorização das bacias hidrográficas como instrumento de planejamento ambiental integrado. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 31, p. 82-100, 2016.

SOARES, R. D. B.; CUTRIM, M. V. J.; DA SILVEIRA, P. C. A. Comunidade ictioplanctônica da bacia hidrográfica do rio Bacanga na cidade de São Luís, Brasil. **Revista de Ciências Ambientais**, v. 8, n. 1, p. 37-48, 2014.

TEIXEIRA; A. M. S.; TEXEIRA, M. P. S. S. **A preservação do Parque Estadual do Bacanga a parti de uma proposta didático- pedagógica**. 2005. Disponível em: http://www.senept.cefetmg.br/galerias/Arquivos_senept/anais/terca_tema4/TerxaTema4Artigo4.pdf Acesso em: 25. Agos. 2022.

Universidade Estadual do Maranhão (UEMA). **Bacias hidrográficas e climatologia no Maranhão**. Centro de Ciências Agrárias. Núcleo Geoambiental - São Luís, 165 p. 2016.