

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA E LIMNOLOGIA
CURSO DE OCEANOGRAFIA

LUCIANA AMORIM SOARES

**AVALIAÇÃO AMBIENTAL DAS BACIAS LITORÂNEAS DO MUNICÍPIO DE
SÃO LUÍS - MA**

São Luís - MA

2021

LUCIANA AMORIM SOARES

**AVALIAÇÃO AMBIENTAL DAS BACIAS LITORÂNEAS DO MUNICÍPIO DE
SÃO LUÍS - MA**

Monografia apresentada ao curso de Graduação em Oceanografia da Universidade Federal do Maranhão, no formato de artigo, como requisito para obtenção do Grau de Bacharel em Oceanografia.

Orientador: Dr. Leonardo Silva Soares

Coorientador: MSc. Adilson Matheus Borges Machado

São Luís - MA

2021

BIBLIOTECA

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

Soares, Luciana Amorim.

Avaliação ambiental das bacias litorâneas do município
de São Luís - MA / Luciana Amorim Soares. - 2021.

36 f.

Coorientador(a): Adilson Matheus Borges Machado.

Orientador(a): Leonardo Silva Soares.

Monografia (Graduação) - Curso de Oceanografia,
Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2021.

1. Dinâmica de paisagem. 2. Morfometria. 3.
Qualidade ambiental. I. Machado, Adilson Matheus Borges.
II. Soares, Leonardo Silva. III. Título.

LUCIANA AMORIM SOARES

**AVALIAÇÃO AMBIENTAL DAS BACIAS LITORÂNEAS DO MUNICÍPIO DE
SÃO LUÍS - MA**

Monografia apresentada ao curso de Graduação em Oceanografia da Universidade Federal do Maranhão, no formato de artigo, como requisito para obtenção do Grau de Bacharel em Oceanografia.

Aprovada em: ____/____/____

Banca Examinadora

Prof. Dr. Leonardo Silva Soares
(Orientador/UFMA)

Prof. Dr. Denilson da Silva Bezerra
(UFMA)

Prof. Dr. Marcelo Henrique Lopes Silva
(UFMA)

DEDICATÓRIA6

*Aos meus pais, Sandra Amorim e Luciano Soares,
por todo amor, esforço e dedicação em todos
esses anos.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me dar força e sabedoria para superar todas as dificuldades e chegar até aqui.

Agradeço aos meus pais, Sandra Amorim e Luciano Soares, ao meu irmão, Matheus Soares e ao meu padrasto, Irinaldo Sousa, por sempre estarem ao meu lado e me incentivarem. As minhas irmãs, Juliana e Manuela, vocês são minhas bebês. Amo todos vocês!

Agradeço ao meu orientador, Leonardo Soares, pela confiança, dedicação, apoio e ensinamentos.

Ao meu amigo e coorientador, Adilson Borges, por sempre estar disponível e tirar minhas dúvidas, além de ouvir aos muitos todas as minhas histórias dramáticas.

Aos melhores amigos que a vida poderia me dar, Isabel Aragão, Nathália Máximo, Maurício Júnior e Leonardo Costa. Vocês são meus amores. Agradeço por cada minuto de conversa, risos, broncas e brincadeiras. Vocês são incríveis. Obrigada por fazerem parte da minha vida!

Ao meu grande amigo Wesley Leandro, que esteve comigo desde o início e sempre parecia saber a hora certa de mandar uma mensagem. Obrigada por tua amizade!

Aos meus companheiros em todos esses anos de UFMA, Paula Melo, Kellia Lima, Marcelle Silva e Brunno Franco, vocês fizeram a minha caminhada muito mais tranquila e feliz.

Aos meus parceiros de LACPLAM, pois vocês me mostraram o verdadeiro valor de uma equipe. Obrigada por cada contribuição!

A Jéssica Soares, minha mentora e amiga, que sempre encontrava um tempo para uma ligação, para me contar um pouquinho da vida adulta e me apoiar nos meus projetos.

E por fim, a todos que de forma direta ou indireta fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigada!

RESUMO

O aumento do contingente urbano tem afetado significativamente a paisagem e a dinâmica natural do ambiente, principalmente nos grandes centros urbanos. Bacias hidrográficas são cada vez mais impactadas pelo constante processo de urbanização, o que, por sua vez, influencia na qualidade e disponibilidade dos recursos hídricos. Em vista disso, o presente trabalho objetiva realizar uma análise integrada sobre a qualidade e dinâmica das bacias hidrográficas costeiras (Calhau, Pimenta e Claro) do município de São Luís, estado do Maranhão, avaliando parâmetros morfométricos, identificando alterações na paisagem e caracterizando os principais impactos na qualidade do meio. Para tal, três metodologias foram aplicadas, sendo elas: caracterização da área de estudo através de indicadores morfométricos relacionados aos aspectos areal, linear e hipsométricos; análise da dinâmica de paisagem para os anos de 2007, 2015 e 2020; e aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida da Diversidade de Habitats para nove pontos entre o alto, médio e baixo curso das bacias. Os resultados demonstraram que a bacia do Pimenta possui formato mais alongado, enquanto que as bacias do Calhau e Claro são mais propensas a enchentes, sendo caracterizadas pela forma mais circular e pelo relevo suave da região. As três bacias são consideradas de pequeno porte e possuem padrão dendrítico, tendo predominância de rios de primeira ordem, com canais mais retilíneos e que podem transportar mais sedimentos. A análise de uso e ocupação do solo da região evidencia os principais impactos ocorrentes, principalmente causados pelo aumento da malha urbana e diminuição das classes de vegetação densa e rasteira. O solo exposto também sofre diminuição durante a série temporal, ocasionalmente devido a ocupação por empreendimentos e moradias. Quanto à aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida, todos os pontos foram qualificados como impactados, com exceção de dois (baixo curso do rio Calhau e médio curso do rio Claro), porém ainda considerados alterados. Com base no estudo, dentre as bacias trabalhadas, as mais agredidas por esses processos são as do rio Claro e Pimenta. Contudo, as três áreas de estudo ainda apresentam uma elevada ocupação urbana, com várias intervenções no meio natural, como a canalização em muitos pontos dos rios e retirada da vegetação ciliar.

Palavras-chave: Qualidade ambiental, Dinâmica de paisagem, Morfometria.

ABSTRACT

The increase in the urban contingent has significantly affected the landscape and the natural dynamics of the environment, especially in large urban centers. Hydrographic basins are increasingly impacted by the constant urbanization process, which, in turn, influences the quality and availability of water resources. In view of this, this work aims to carry out an integrated analysis of the quality and dynamics of coastal watersheds (Calhau, Pimenta and Claro) in the municipality of São Luís, state of Maranhão, evaluating morphometric parameters, identifying changes in the landscape and characterizing the main impacts on the quality of the environment. To this end, three methodologies were applied, namely: characterization of the study area through morphometric indicators related to areal, linear and hypsometric aspects; analysis of landscape dynamics for the years 2007, 2015 and 2020; and application of the Rapid Habitat Diversity Assessment Protocol to nine points between the upper, middle and lower course of the basins. The results showed that the Pimenta basin has a more elongated shape, while the Calhau and Claro basins are more prone to flooding, being characterized by the more circular shape and the smooth relief of the region. The three basins are considered small and have a dendritic pattern, with a predominance of first-order rivers, with more straight channels and which can transport more sediment. The analysis of land use and occupation in the region shows the main impacts that have occurred, mainly caused by the increase in the urban fabric and the decrease in dense and undergrowth vegetation classes. The exposed soil also decreases during the time series, occasionally due to occupation by developments and houses. As for the application of the Rapid Assessment Protocol, all points were classified as impacted, with the exception of two (low course of the Calhau river and medium course of the Claro river), but still considered altered. Based on the study, among the basins worked, the most affected by these processes are the Claro and Pimenta rivers. However, the three study areas still present a high urban occupation, with several interventions in the natural environment, such as channeling in many points of the rivers and removal of riparian vegetation.

Keywords: Environmental quality, Landscape dynamics, Morphometry.

EPÍGRAFE

“Há coisas melhores adiante do que qualquer outra que deixamos para trás”.

C.S. Lewis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização das bacias dos rios Calhau, Pimenta e Claro.....	16
Figura 2. Pontos de aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida da Diversidade de Habitats.....	19
Figura 3. Altimetrias das bacias hidrográficas litorâneas de São Luís, Maranhão, bacia (A) Calhau, (B) bacia do Pimenta e (C) bacia do Claro.....	22
Figura 4. Mapa de ordenamento dos rios das Bacias Costeiras dos Rios Calhau, Pimenta e Claro.....	24
Figura 5. Mapa de uso/cobertura da terra da bacia hidrográfica do rio Calhau para 2007, 2015 e 2020.....	25
Figura 6. Imagem aérea – Parque Estadual do Sítio do Rangedor.....	25
Figura 7. Mapa de uso/cobertura da terra da bacia hidrográfica do rio Pimenta para 2007, 2015 e 2020.....	26
Figura 8. Imagem aérea - Foz do rio Pimenta.....	26
Figura 9. Mapa de uso/cobertura da terra da bacia hidrográfica do rio Claro para 2007, 2015 e 2020.....	27
Figura 10. Imagem aérea – Alto curso do rio Claro.....	27
Figura 11. Imagem aérea – Foz do rio Claro.....	27
Figura 12. As imagens A e B demonstram vazamento de esgoto in natura na região do médio curso do rio Pimenta.....	29
Figura 13. Imagem A – Lixo no alto curso do rio calhau; Imagem B – Lixo nas proximidades do rio no alto curso do rio Claro.....	29
Figura 14. Imagem A – Estrutura de enrocamento no médio curso do rio Calhau; Imagem B – Influência da erosão das margens no médio curso do rio Claro.....	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características morfométricas das bacias hidrográficas dos rios Calhau, Pimenta e Claro.....	22
Tabela 2. Parâmetros morfométricas das bacias hidrográficas dos rios Calhau, Pimenta e Claro.....	23
Tabela 3. Propriedades da rede de drenagem e ordenamento das bacias dos rios Calhau, Pimenta e Claro.....	23
Tabela 4. Área (km ²) do uso e cobertura da terra das bacias hidrográficas dos rios Calhau, Pimenta e Claro, para os anos de 2007, 2015 e 2020.....	24
Tabela 5. Resultado da aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida da Diversidade de Habitats nas Bacias Litorâneas de São Luís - MA.....	28

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Método de cálculo dos parâmetros morfométricos da bacia de drenagem.....	17
Quadro 2. Descrição das Classes de uso da terra.....	18
Quadro 3. Protocolo de Avaliação Rápida da Diversidade de Habitats em trechos de bacias hidrográficas.....	19
Quadro 4. Protocolo de Avaliação Rápida da Diversidade de Habitats em trechos de bacias hidrográficas.....	20

LISTA DE SIGLAS E UNIDADES

Δa – Amplitude altimétrica

A - Área

amax – Altura máxima

C – Celsius

Canais/km² – Canais por quilometro quadrado

Cm – Coeficiente de manutenção

Dd – Densidade de drenagem

Dh – Densidade hidrográfica

Dv – Distância vetorial

EPA – Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos

et al. – Entre outros

EUA – Estados Unidos da América

Gc – Gradiente de canais

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

Ic – Índice de circularidade

Ir – Índice de rugosidade

Is – Índice de sinuosidade

Kc – Coeficiente de compacidade

Kf – Fator de forma

km/km² – Quilômetro por quilômetro quadrado

km² – Quilômetro quadrado

L – Comprimento do eixo da bacia

Lp – Comprimento canal principal

Lt – Comprimento total da rede de drenagem

m – Metro

m²/m – Metro quadrado por metro

MA - Maranhão

MDE – Modelo de Elevação

mm/ano – milímetro por ano

NE – Nordeste

Nt – Número total de canais

Nt/km² – Número total de canais por quilômetro quadrado

P – Perímetro

PAR – Protocolo de Avaliação Rápida

PGIRS/RMGSL – Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos da Região Metropolitana da Grande São Luís

QGIS – Quantum GIS

Re – Razão de alongamento

Rr – Relação de relevo

Rrl – Razão de relevo relativo

S – Sul

SIG – Sistema de Informação Geográfica

SRTM – Shuttle Radar Topography Mission

T – Razão de textura

t – Tonelada

t/dia – Toneladas por dia

UFMA – Universidade Federal do Maranhão

unid – Unidade

UTM – Universal Transversa de Mercator

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	15
MATERIAL E MÉTODOS	15
Área de estudo	15
Morfometria das bacias hidrográficas.....	16
Métodos e processamento dos dados para Uso e Ocupação do Solo.....	18
Aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida (PAR)	18
RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
Morfometria	21
Uso e Ocupação do Solo das bacias hidrográficas	24
Avaliação Ambiental.....	28
CONCLUSÃO	30
REFERÊNCIAS	31

Introdução

As bacias hidrográficas são regiões formadas por um conjunto de canais fluviais, delimitados por terrenos mais elevados, que formam uma rede de drenagem, desde as nascentes nas regiões mais altas, até o canal principal, onde os rios tributários deságuam (Castro e Carvalho, 2009). Os aspectos físicos e bióticos de uma bacia desempenham papel de grande importância nos processos do ciclo hidrológico, onde exercem influência na infiltração, no escoamento, superficial e subsuperficial, e na evapotranspiração (Stipp et al., 2010). Tendo em vista esses fatores, a interação ocorrente entre a rede fluvial com os elementos geológicos, geomorfológicos e biológicos dentro da bacia, oferece subsídio para caracterização do meio.

De acordo com Dos Santos e De Moraes (2012, p. 617), estudos morfométricos em bacias hidrográficas “são um conjunto de procedimentos metodológicos que tem como intuito a investigação e o entendimento científico dos seus componentes naturais”. As análises realizadas têm como base um estudo quantitativo do meio, de forma a compreender sua dinâmica hidrológica e morfológica, e identificar possíveis alterações ambientais da região.

A utilização de técnicas de sensoriamento remoto e Sistemas de Informação Geográfica (SIG) são importantes ferramentas na avaliação de parâmetros morfométricos, pois ajudam na compreensão dos parâmetros do terreno que afetam diretamente o processo hidrológico da bacia, como capacidade de infiltração, escoamento, litologia e relevo, sendo eficaz na conservação do solo, da água e na gestão de recursos naturais (Bogale, 2021). Ademais, o comportamento hidrológico pode variar com base nas interferências e influências que atuam sobre ele, principalmente, em decorrência da dinâmica climática e de diferentes usos do solo (Dos Santos et al., 2010).

A evolução dos processos antrópicos resulta em diferentes formas de exploração dos recursos ambientais e mudanças nas condições ecossistêmicas da região. Nota-se nas grandes cidades o constante e desordenado espalhamento urbano, que vem impactando diretamente nos recursos hídricos associados aos centros urbanos. A falta de planejamento para uso e ocupação do solo, tem se tornado uma problemática comum, afetando tanto o âmbito social e urbano, quanto o ambiental.

A cidade de São Luís, capital do estado Maranhão, vem sofrendo inúmeros processos com o aumento do contingente demográfico urbano ao decorrer das décadas, o que fez com que a mesma apresentasse problemas estruturais e ambientais

cada vez mais expressivos. De acordo com o IBGE, em 2020, a estimativa da população da cidade estava em torno de 1.108.975 habitantes, enquanto que no ano 2000 a população da cidade encontrava-se em torno de 855.442 habitantes, caracterizando um crescimento populacional de 29,64% entre os anos. O aumento populacional, tendo em vista que existem problemas econômico-sociais na região, trazem prejuízos cada vez mais alarmantes às comunidades e ao ambiente, principalmente, em virtude da falta de planejamento e organização territorial.

Contudo, com a evolução dos SIG, a degradação do ambiente pode ser atenuada e prevenida por modelos espaciais que possibilitam a avaliação da ocupação do solo para possíveis mudanças no uso e cobertura, isso porque os modelos têm a capacidade de compreender e adequar as mudanças de acordo com direcionadores naturais, sociais, políticos e econômicos, de forma a projetar caminhos mais viáveis e sustentáveis para a ocupação do solo (Junior et al, 2014).

Em virtude das pressões exercidas sobre o ambiente natural, é crescente a necessidade da realização de monitoramento das alterações na qualidade ambiental (Rodrigues e Castro, 2008). Como forma de caracterizar o ambiente, foram criados modelos de análises rápidas, como o Protocolo de Avaliação Rápida (PAR), que tem como objetivo uma análise qualitativa do meio. Trata-se de uma importante ferramenta de gestão, pois pode ser utilizada sem a necessidade de grandes investimentos, além de auxiliar no manejo e na elaboração de estratégias para os ambientes de formas mais assertivas. A utilização do PAR oferece a oportunidade de monitoramento ambiental das bacias hidrográficas, principalmente relacionados aos impactos antrópicos sobre os recursos hídricos da região (Callisto et al., 2002).

Com isso, diante da necessidade de caracterização da qualidade ambiental do município de São Luís, o presente trabalho objetiva realizar uma avaliação ambiental integrada das bacias dos rios Calhau, Pimenta e Claro, de forma a gerar subsídios para o planejamento e gestão ambiental deste território.

Material e Métodos

Área de estudo

A área de estudo está situada na Ilha Upaon-Açu, no município de São Luís, capital do Estado do Maranhão. As bacias hidrográficas do Rio Calhau, Pimenta e Claro se encontram na porção norte da Ilha, na região costeira e urbana da cidade. Devido às suas localizações, todos os rios

desaguam na Baía de São Marcos, no Oceano Atlântico (Figura 1).

A bacia do rio Calhau é a que possui maior área de drenagem dentre as outras bacias litorâneas da ilha (Coelho, 2010), se dividindo amplamente na região entre os bairros do Calhau e Planalto Vinhais II. O rio Pimenta abrange vários bairros do município, sendo eles: Turu, Olho D'Água, Jardim Olho D'Água, Caolho, Cohajap, Parque Shalon e

Parque Atlântico. Contudo, de acordo com estudos sobre impactos ambientais causados no corpo hídrico, o mesmo possui atualmente um trecho perene e outro intermitente (Gonzaga e Pereira, 2017). O rio Claro, ou como popularmente conhecido, rio Urubu, é a menor bacia dentre as citadas no estudo, estando distribuída pelos bairros do Turu, Araçagy e Olho D'Água.

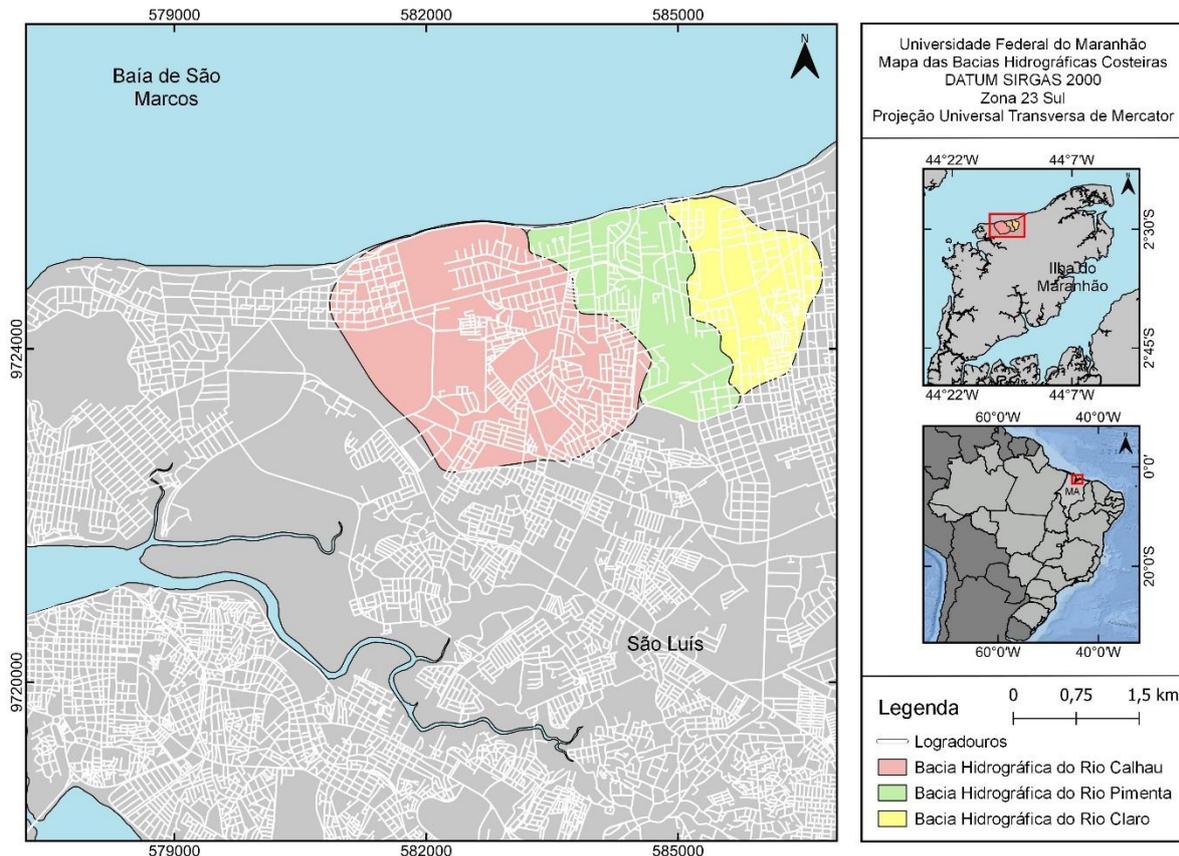


Figura 1. Localização das bacias dos rios Calhau, Pimenta e Claro

De acordo com Araújo e Rangel (2012), o clima da região é equatorial quente-úmido, tendo predominância de ventos NE com uma velocidade média de 6m/s. A temperatura apresenta médias de 28° C e com uma média pluviométrica de 2900 mm/ano. Caracteriza-se pela ocorrência de duas estações bem definidas, sendo elas: chuvosa, nos meses de janeiro a julho e estiagem, nos meses de agosto a dezembro. A vegetação é composta por florestas secundárias e regiões de matas baixas com intrusões de babaçu. Apresenta também áreas de cerrados e formações pioneiras, além de buritizais e juçarais compoendo a mata ciliar (Rebêlo et al. 1999). Na região litorânea, nota-se a presença de dunas (consolidadas e transversais), recobertas pela vegetação característica, além da presença de vegetação de mangue nas proximidades das desembocaduras dos rios (Masullo, 2016).

A ilha de São Luís encontra-se localizada no centro da planície flúvio-marinha do Golfão

Maranhense. A geologia local é formada por rochas sedimentares da Formação Itapecuru (Cretáceo), Barreiras (Mesomioceno) e Açuí (Pleistoceno), recobertas por uma camada ferruginosa próxima a superfície. O relevo da região apresenta baixas altitudes, com grandes extensões de manguezal entre as cotas de 0 e 5 m, suaves formações colinosas e tabuleiros esculpidos nos sedimentos da Formação Barreiras e Itapecuru, apresentando cota máxima de 60 m (Pereira e Zaine, 2007).

Morfometria das bacias hidrográficas

As etapas necessárias para caracterização morfométrica das bacias hidrográficas dos rios Calhau, Pimenta e Claro seguiram as recomendações de Soares et al. (2016), conforme procedimentos apresentados a seguir:

O Modelo Digital de Elevação (MDE) utilizado foi derivado da imagem SRTM, obtida

pelo projeto Topodata (www.dsr.inpe.br/topodata) com resolução espacial de 30 metros, que emprega método de interpolação especificamente projetado para criar modelos digitais do terreno hidrologicamente corretos. As características morfométricas foram mensuradas com base nos estudos de Horton (1945), Smith (1950), Müller (1953), Schumm (1956; 1963), Strahler (1957; 1958), Christofletti (1980) e Lima (1969) conforme detalhado no quadro 1.

Todas as informações cartográficas foram preparadas em ambiente de geoprocessamento, com geração de um banco de dados digital no software QGIS versão 3.10.9, na projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), fuso 23S e Datum SIRGAS 2000, com implementação de produtos de sensoriamento remoto e mapas temáticos produzidos.

Quadro 1. Método de cálculo dos parâmetros morfométricos da bacia de drenagem

Parâmetros	Descrição	Equação	Fonte
Relação de relevo (<i>Rr</i>)	Relação entre a amplitude altimétrica e o comprimento do canal principal.	$Rr = \frac{\Delta a}{Lp}$	Schumm, 1956
Razão de Relevo Relativo (<i>Rrl</i>)	Relação entre a amplitude altimétrica e o perímetro da bacia.	$Rrl = \frac{\Delta a}{P}$	Strahler, 1958
Índice de rugosidade (<i>Ir</i>)	Razão entre a amplitude altimétrica e a densidade de drenagem.	$Ir = \Delta a \cdot Dd$	Strahler, 1957
Coefficiente de compacidade (<i>Kc</i>)	Relação entre o perímetro e a área da bacia e a circunferência de um círculo de área igual à da bacia.	$Kc = 0,2821 \cdot \frac{P}{\sqrt{A}}$	Lima, 1969
Fator de Forma (<i>Kf</i>)	Relaciona a forma da bacia com um retângulo, com a razão entre área da bacia e o comprimento do eixo da bacia.	$Kf = \frac{A}{L^2}$	Horton, 1945
Índice de circularidade (<i>Ic</i>)	Relação entre a área da bacia e a área de um círculo com a mesma circunferência do perímetro da bacia.	$Ic = \frac{12,57 \cdot A}{P^2}$	Muller, 1953
Densidade de drenagem (<i>Dd</i>)	Relação entre o comprimento total da rede de drenagem e a área da bacia.	$Dd = \frac{Lt}{A}$	Horton, 1945
Densidade Hidrográfica (<i>Dh</i>)	Relação entre o número de segmento de rios em cada quilometro quadrado da bacia e a área da bacia.	$Dh = \frac{Nt}{A}$	Horton, 1945
Razão de textura (<i>T</i>)	Relação entre o número de segmento de rios e o perímetro da bacia.	$T = \frac{Nt}{P}$	Smith, 1950
Índice de sinuosidade (<i>Is</i>)	Relaciona o comprimento do canal principal com a distância vetorial do canal principal.	$Is = \frac{Lp}{Dv}$	Schumm, 1963
Coefficiente de manutenção (<i>Cm</i>)	Fornece a área mínima necessária para a manutenção de 1 metro de canal de escoamento	$Cm = \frac{1}{Dd} \cdot 1000$	Schumm, 1956
Gradiente de canais (<i>Gc</i>)	Relação entre a cota máxima e o comprimento do canal principal.	$Gc = \frac{amax}{Lp}$	Horton, 1945
Razão de alongamento (<i>Re</i>)	Corresponde a razão do diâmetro de um círculo que representa a mesma área da bacia e o comprimento do seu eixo.	$Re = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}} / L$	Schumm, 1956

Métodos e processamento dos dados para Uso e Ocupação do Solo

De acordo com Rudorff et al. (2007) a utilização de imagens de satélite através técnicas de sensoriamento remoto vem se tornando estratégias que auxiliam cada vez mais no estudo e compreensão da dinâmica de interações ecossistêmicas dos mais diversos ambientes.

No presente trabalho, a primeira etapa realizada foi a aquisição dos dados cartográficos em formato digital pelo Google Earth Pro e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), que foram utilizados para levantamento dos dados de base para vetorização do uso e cobertura do solo da região estudada e criação dos mapas temáticos.

As análises de uso e cobertura da terra foram feitas para os anos de 2007, 2015 e 2020, utilizando o software QGIS versão 3.10.9. Iniciou-se então o processo de vetorização, que segundo Fitz (2008) pode ser manual, semiautomática e automática. A forma usada foi a de vetorização manual das classes de uso e cobertura da terra. Na forma manual é estabelecido sobre a imagem os polígonos que representam regiões homogêneas (Quadro 2). Para o mapeamento, foram utilizadas as seguintes classes de uso e cobertura: área construída, vegetação densa, vegetação rasteira e solo exposto. Os resultados do mapeamento (km²) foram convertidos em porcentagem, com intenção de identificar os processos de mudanças da paisagem.

Quadro 2. Descrição das Classes de uso da terra

Classe	Amostra	Cor	Localização/ Contexto	Forma, Tamanho e Textura
Área Construída		Variações de tons de vermelho, laranja e cinza.	Dentro de quadras. Presença de telhados aglomerados.	Textura lisa a levemente rugosa, forma retangular e tamanhos variados.
Vegetação Densa		Verde médio a verde escuro.	Localizado próximo aos canais de drenagem, em regiões preservadas ou dentro de quadras.	Extensa área de vegetação com pouca ou nenhuma presença de telhados próximos.
Vegetação Rasteira		Verde claro a verde médio com tons de marrom.	Dentro de quadras ou próximas de vegetações arbustivas.	Textura lisa a pouca rugosa, forma e tamanhos variados.
Solo Exposto		Variações de amarelo claro, laranja, vermelho ou branco.	Próximas à praia ou zona de urbanização, em geral, possuem vegetação no entorno.	Textura lisa, forma irregular e tamanhos variados.

Aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida (PAR)

O diagnóstico foi feito com base no que foi proposto por Callisto et al. (2002) no Protocolo de Avaliação Rápida da Diversidade de Habitats, adaptado dos protocolos desenvolvidos pela Agência de Proteção Ambiental de Ohio, EUA (EPA, 1987), onde analisa o nível de degradação nas bacias de acordo com os impactos antrópicos (Quadro 3); e Hannaford et al. (1997), que avalia o estado e nível de conservação das condições naturais do ambiente estudado (Quadro 4).

O estudo foi desenvolvido com base nos dois quadros, onde o primeiro é pontuado de 0 a 4

e o segundo de 0 a 5. Cada valor é atribuído de acordo com as condições observadas nos ambientes. O resultado final se dá pelo somatório de cada parâmetro independentemente, com intuito de identificar as condições ecológicas observadas. Os pontos que se apresentam com valores entre 0 e 40 são caracterizados como “impactado”, 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 uma análise prévia utilizando o Google Earth Pro. Foi considerado a distribuição da rede hidrográfica, assim como os melhores locais para

acesso. Foram avaliados 9 pontos (Figura 2), marcando o alto, médio e baixo curso das três bacias/. A aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida da Diversidade de Habitats foi realizada

durante duas visitas a região de estudo, ocorridas nos dias 11 de maio e 15 de junho de 2021.

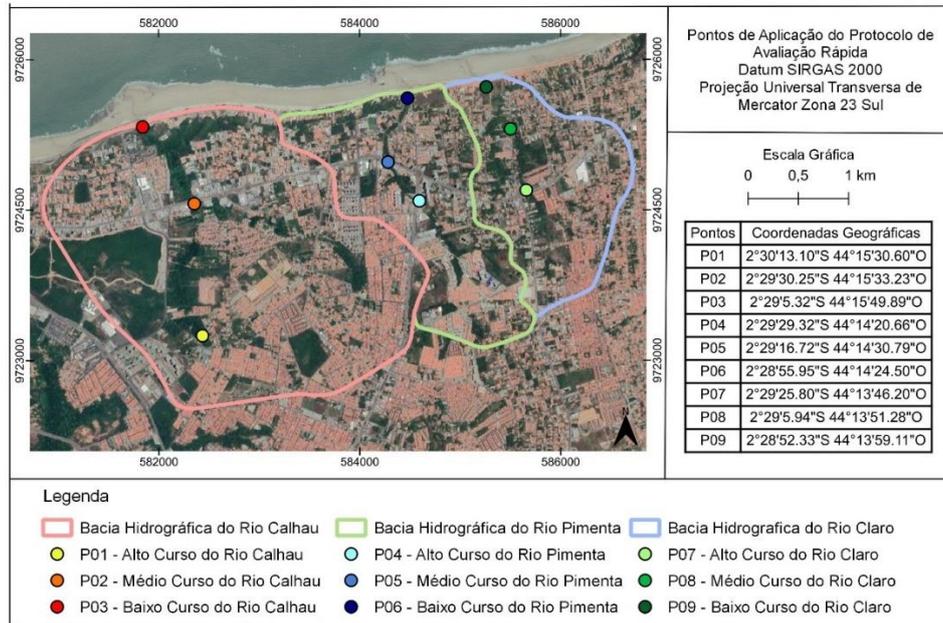


Figura 2. Pontos de aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida da Diversidade de Habitats.

Quadro 3. Protocolo de Avaliação Rápida da Diversidade de Habitats em trechos de bacias hidrográficas.

Localização:			
Data de coleta:		Hora da coleta:	
Tempo (Situação do dia):			
Modo de coleta (Coletor):			
Tipo de ambiente: Córrego () Rio ()			
Largura:			
Profundidade:			
Temperatura da água:			
Parâmetros	Pontuação		
	4 pontos	2 pontos	0 pontos
1. Tipos de ocupação das margens do corpo d'água (principal atividade)	vegetação natural	campos de pastagem/ agricultura/monocultura/ reflorestamento	Residencial/ Comercial/Industrial
2. Erosão próxima e/ou nas margens do rio e assoreamento em seu leito	Ausente	Moderada	Acentuada
3. Alterações antrópicas	Ausente	Alterações de origem doméstica (esgoto/lixo)	Alterações de origem industrial/ urbana (fábricas/siderúrgicas/ canalização/ reutilização do curso do rio
4. Cobertura vegetal no leito	Parcial	Total	Ausente
5. Odor da água	Nenhum	Esgoto (ovo podre)	Óleo/industrial
6. Oleosidade da água	Ausente	Moderada	Abundante
7. Transparência da água	Transparente	Turva/ cor de chá-forte	Opaca/colorida
8. Odor do sedimento (fundo)	Nenhum	Esgoto (ovo podre)	Óleo/industrial
9. Oleosidade do fundo	Ausente	Moderada	Abundante
10. Tipo de fundo	Pedras/cascalho	Lama/areia	Cimento/canalizado

Fonte: Callisto et al. (2002), modificado da Agência de Proteção Ambiental de Ohio, EUA (EPA, 1987).

Quadro 4. Protocolo de Avaliação Rápida da Diversidade de Habitats em trechos de bacias hidrográficas.

PARÂMETROS	PONTUAÇÃO			
	5 pontos	3 pontos	2 pontos	0 pontos
11. Tipos de fundo	Mais de 50% com habitats diversificados/ pedaços de troncos submersos/ cascalho ou outros habitats estáveis.	30 a 50% de habitats diversificados/ habitats adequados para a manutenção das populações de organismos aquáticos.	10 a 30% de habitats diversificados/ disponibilidade de habitats insuficientes/ substratos frequentemente modificados.	Menos que 10% de habitats diversificados; ausência de habitats óbvia; substrato rochoso instável para fixação dos organismos.
12. Extensão de rápidos	Rápidos e corredeiras bem desenvolvidas; rápidos tão largos quanto o rio e com o comprimento igual ao dobro da largura do rio.	Rápidos com a largura igual à do rio, mas com comprimento menor que o dobro da largura do rio.	Trechos rápidos podem estar ausentes; rápidos não tão largos quanto o rio e seu comprimento menor que o dobro da largura do rio.	Rápidos ou corredeiras inexistentes.
13. Frequência de rápidos	Rápidos relativamente frequentes; distância entre rápidos dividida pela largura do rio entre 5 e 7.	Rápidos não frequentes; distância entre rápidos dividida pela largura do rio entre 7 e 15.	Rápidos ou corredeiras ocasionais; habitats formados pelos contornos do fundo; distância entre rápidos dividida pela largura do rio entre 15 e 25.	Geralmente com lâmina d'água "lisa" ou com rápidos rasos; pobreza de habitats; distância entre rápidos dividida pela largura do rio maior que 25.
14. Tipos de substrato	Seixos abundantes (prevalecendo em nascentes).	Seixos abundantes; cascalho comum.	Fundo formado predominantemente por cascalho; alguns seixos presentes.	Fundo pedregoso; seixos ou lamoso
15. Deposição de lama	Entre 0 e 25% do fundo coberto por lama	Entre 25 e 50% do fundo coberto por lama.	Entre 50 e 75% do fundo coberto por lama.	Mais de 75% do fundo coberto por lama.
16. Depósitos sedimentares	Menos de 5% do fundo com deposição de lama; ausência de deposição nos remansos.	Alguma evidência de modificação no fundo, principalmente como aumento de cascalho, areia ou lama; 5 a 30% do fundo afetado; suave deposição nos remansos	Deposição moderada de cascalho novo, areia ou lama nas margens; entre 30 a 50% do fundo afetado; deposição moderada nos remansos.	Grandes depósitos de lama, maior desenvolvimento das margens; mais de 50% do fundo modificado; remansos ausentes devido à significativa deposição de sedimentos.
17. Alterações do canal do rio	Canalização (retificação) ou dragagem ausente ou mínima; rio com padrão normal.	Alguma canalização presente, normalmente próximo à construção de pontes; evidência de modificações há mais de 20 anos.	Alguma modificação presente nas duas margens; 40 a 80% do rio modificado.	Margens modificadas; acima de 80% do rio modificado.
18. Características do fluxo das águas	Fluxo relativamente igual em toda a largura do rio; mínima quantidade de substrato exposta.	Lâmina d'água acima de 75% do canal do rio; ou menos de 25% do substrato exposto	Lâmina d'água entre 25 e 75% do canal do rio, e/ou maior parte do substrato nos "rápidos" exposto.	Lâmina d'água escassa e presente apenas nos remansos.

Continuação: Quadro 4. Protocolo de Avaliação Rápida da Diversidade de Habitats em trechos de bacias hidrográficas.

19. Presença de mata ciliar	Acima de 90% com vegetação ripária nativa, incluindo árvores, arbustos ou macrófitas; mínima evidência de desflorestamento; todas as plantas atingindo a altura “normal”.	Entre 70 e 90% com vegetação ripária nativa; desflorestamento evidente, mas não afetando o desenvolvimento da vegetação; maioria das plantas atingindo a altura “normal”.	Entre 50 e 70% com vegetação ripária nativa; desflorestamento óbvio; trechos com solo exposto ou vegetação eliminada; menos da metade das plantas atingindo a altura “normal”.	Menos de 50% da mata ciliar nativa; desflorestamento muito acentuado.
20. Estabilidade das margens	Margens estáveis; evidência de erosão mínima ou ausente; pequeno potencial para problemas futuros. Menos de 5% da margem afetada.	Moderadamente estáveis; pequenas áreas de erosão frequentes. Entre 5 e 30% da margem com erosão.	Moderadamente instável; entre 30 e 60% da margem com erosão. Risco elevado de erosão durante enchentes.	Instável; muitas áreas com erosão; frequentes áreas descobertas nas curvas do rio; erosão óbvia entre 60 e 100% da margem.
21. Extensão de mata ciliar	Largura da vegetação ripária maior que 18 m; sem influência de atividades antrópicas (agropecuária, estradas, etc.).	Largura da vegetação ripária entre 12 e 18 m; mínima influência antrópica.	Largura da vegetação ripária entre 6 e 12 m; influência antrópica intensa.	Largura da vegetação ripária menor que 6 m; vegetação restrita ou ausente devido à atividade antrópica.
22. Presença de plantas aquáticas	Pequenas macrófitas aquáticas e/ou musgos distribuídos pelo leito.	Macrófitas aquáticas ou algas filamentosas ou musgos distribuídos no rio, substrato com perifiton.	Algas filamentosas ou macrófitas em poucas pedras ou alguns remansos, perifiton abundante e biofilme.	Ausência de vegetação aquática no leito do rio ou grandes bancos macrófitas (p.ex. aguapé).

Fonte: Callisto et al. (2002) modificado do protocolo de Hannaford et al. (1997).

Resultados e Discussão

Morfometria

As bacias dos rios Calhau, Pimenta e Claro, são consideradas unidades de pequeno porte, as mesmas possuem, respectivamente, áreas de 7,81 km², 3,12 km² e 2,60 km². A densidade hidrográfica mensurada foi de 7,302 canais/km² para o Calhau, 13,782 canais/km² para o Pimenta e 18,846 canais/km² para a bacia do rio Claro. Os valores referentes a densidade hidrográfica das bacias apontam para uma alta capacidade hídrica e competência para formar novos canais fluviais de acordo com a classificação de Lollo (1995).

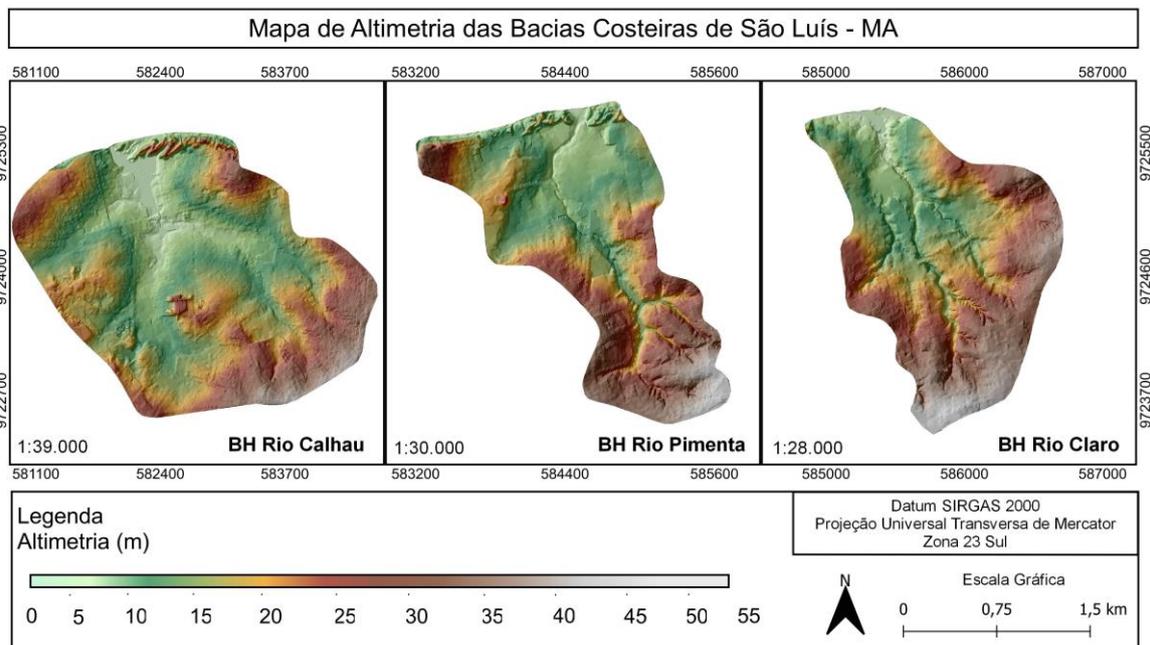
O padrão altimétrico variou entre 4 e 55 m para todas as bacias (Tabela 1). As áreas de maior nível topográfico estão relacionadas as regiões das nascentes e próximos aos divisores de água, enquanto que as zonas mais baixas ocorrem nas proximidades do rio principal das bacias e próximo da foz dos rios. As três áreas apresentam características de relevo similares, dada a região de

estudo em que se encontram e as influências que atuam sobre as mesmas (Figura 3).

As características definidas de acordo com os parâmetros de coeficiente de compacidade (Kc), fator de forma (Kf) e índice de circularidade (Ic), caracterizam as bacias principalmente quanto à forma e o tempo de permanência da água dentro do território (Tabela 2). As bacias se mostram favoráveis a enchentes, com exceção da bacia do rio Pimenta, que possui um Kc de 1,39, além de Kf baixo de 0,44 e Ic de 0,51, sendo caracterizada como uma bacia mais alongada, com escoamento moderado e com menos susceptibilidade a ocorrência de enchentes. As bacias dos rios Calhau e Claro, no entanto, apresentam um Kc mais próximo da unidade, de 1,09 e 1,22, respectivamente. Além disso, o Calhau apresenta Kf médio, sendo de 0,67 enquanto o Claro apresenta um Kf mais baixo, de 0,44; o Ic calculado para as bacias foi de 0,84 e 0,67, respectivamente, o que as caracteriza como bacias mais circulares devido à proximidade com a unidade, podendo então possui maior tempo de permanência de água no deflúvio e alta tendência a enchentes. Isso

Tabela 1. Características morfométricas das bacias hidrográficas dos rios Calhau, Pimenta e Claro.

Características	Unidade	Calhau	Pimenta	Claro
Área total	km ²	7,81	3,12	2,60
Perímetro	km	10,80	8,74	7,00
Perímetro	m	10800,73	8735,33	7001,60
Comprimento do canal principal	m	3639,07	3251,76	2405,92
Comprimento total dos cursos d'água	km	23,26	11,76	10,12
Número de cursos d'água	unid	57,00	43,00	49,00
Altitude máxima	m	49,00	54,69	54,42
Altitude mínima	m	4,00	4,67	4,00
Altitude média	m	22,42	27,04	26,91
Amplitude Altimétrica	km	0,05	0,05	0,05
Amplitude Altimétrica	m	45,00	50,02	50,42
Comprimento do eixo da bacia	km	3,42	2,66	2,42
Altitude máxima do canal	m	39,00	50,05	46,03
Altitude mínima do canal	m	4,00	4,71	4,00
Distância vetorial do canal principal	km	2,99	2,41	2,12
Ordem da Drenagem	-	4 ^a	3 ^a	4 ^a

**Figura 3.** Altimetrias das bacias hidrográficas litorâneas de São Luís, Maranhão, bacia (A) Calhau, (B) bacia do Pimenta e (C) bacia do Claro.

ocorre porque em bacias circulares, há maiores chances de se ter grandes concentrações de água nos tributários e rio principal, devido as maiores chances de ocorrer precipitação em toda a extensão da bacia simultaneamente (Cardoso, 2006).

A razão de alongamento (Re), porém, com base no proposto por Schumm (1956) classifica a bacia do Calhau como circular, e as bacias dos rios Pimenta e Claro como tendo tendência alongada.

As três bacias apresentam baixos valores para relação de relevo (Rr), variando de 0,012 a 0,021. A razão de relevo relativo (Rrl) possui variações, sendo menor na bacia do Calhau com 0,0042 e maior na bacia do rio Claro com 0,0072. Os valores sugerem que o escoamento superficial nas bacias é mais lento devido o ambiente se

encontrar em uma região com relevo suave. O baixo índice de rugosidade (Ir) indica que os resultados são reflexo da baixa amplitude altimétrica, ocorrentes devido à baixa declividade e pequena dimensão das bacias.

O índice de sinuosidade (Is), de acordo com Alves e Castro (2003), é influenciado pela estruturação geológica das bacias, declividade dos canais, compartimentação litológica e carga de sedimentos existentes. Com base nos valores obtidos, as bacias apresentam canais que tendem a serem retilíneos, possuindo valores mais próximos da unidade, com isso podendo acarretar em um maior transporte de sedimentos.

Villela e Mattos (1995), determinam que valores de Dd acima de 3,5 caracterizam bacias

hidrográficas excepcionalmente bem drenadas. Baseado nisso, as bacias dos rios Pimenta e Claro apresentam boa drenagem, com valores de 3,77 e 3,89, respectivamente, enquanto que a do Calhau apresenta uma drenagem menos desenvolvida, com 2,98. Em relação a T, as bacias dos rios Calhau e

Pimenta são classificados de acordo com o proposto por Smith (1950), onde apresentam tipologia média, possuindo valores maiores que 2,5 Nt/km e menores que 6,2 Nt/km, enquanto a bacia do rio Claro é classificada com uma tipologia fina, possuindo T igual a 7 Nt/km.

Tabela 2. Parâmetros morfométricos das bacias hidrográficas dos rios Calhau, Pimenta e Claro.

Parâmetro	Calhau	Pimenta	Claro
Padrão de drenagem	Dendrítica	Dendrítica	Dendrítica
Relação de relevo (Rr)	0,012	0,015	0,021
Razão de Relevo Relativo (Rrl)	0,0042	0,0057	0,0072
Índice de rugosidade (Ir)	0,134	0,189	0,196
Coefficiente de compacidade (Kc)	1,09	1,39	1,22
Fator de forma (Kf)	0,67	0,44	0,44
Índice de circularidade (Ic)	0,84	0,51	0,67
Densidade de Drenagem (Dd) (km/km²)	2,98	3,77	3,89
Densidade hidrográfica (Dh) (canais/km²)	7,302	13,782	18,846
Razão de Textura (T) (Nt/km)	5,278	4,923	7,000
Índice de sinuosidade (Is)	1,217	1,349	1,134
Coefficiente de manutenção (Cm) (m²/m)	335,6	265,3	256,9
Gradiente de canais (Gc) (%)	1,07	1,54	1,91
Razão de alongamento (Re)	0,92	0,75	0,75

O gradiente de canais (Gc), determina o nível de declividade dos cursos d'água (Horton, 1945). Nas bacias dos rios Calhau, Pimenta e Claro, os valores encontrados são de 1,07%, 1,54% e 1,91%, respectivamente, sendo um reflexo do baixo padrão altimétrico da área.

Conforme os valores de Dd, Dh e Gc, é possível determinar que o escoamento dos canais fluviais apresenta boa capacidade de transporte e de erosão, porém, devido à baixa declividade da área de estudo, o processo de erosão laminar pode ser atenuado nas áreas de drenagem, uma vez que o escoamento se tornará mais lento. Os parâmetros ainda caracterizam a região como possuindo grande potencial para infiltração, tanto em consequência do relevo suave, como por influência da composição litológica, com predominância de rochas sedimentares (Das e Pardeshi, 2018)

O coeficiente de manutenção (Cm) indica, para o rio Calhau, a necessidade de uma área mínima de 335,6 m²/m para a manutenção de 1 metro do canal de escoamento da bacia; para o rio Pimenta 265,3 m²/m; e para o rio Claro, a necessidade de 256,9 m²/m de área.

O padrão de drenagem, de acordo com o predefinido por Christofletti (1980), para todas as bacias é caracterizado como dendrítico (Figura 4), onde apresenta a espacialização dos canais semelhante a uma árvore. O mesmo é característico de regiões que possuem como composição litológica rochas sedimentares ou estruturas sedimentares horizontais (Manoel e Rocha, 2017; Flores et al., 2018).

Em relação ao ordenamento hidrográfico, que trata da hierarquização dos cursos d'água

presentes, foi feito com base na metodologia de Horton (1945), que posteriormente foi modificada por Strahler (1964), onde determina que os menores tributários, aqueles que não recebem afluentes, são numerados como de 1ª ordem. A 2ª ordem dos tributários se forma com a junção de dois afluentes de 1ª ordem, e assim sucessivamente. O canal principal, o qual a recebe a maior parte da água dos tributários é marcado como o curso de ordem mais alta em qualquer bacia de drenagem (Mahala, 2020).

As bacias apresentam baixa ordem hierárquica, sendo de 4ª ordem para os rios Calhau e Claro e 3ª ordem para o rio Pimenta. Estes resultados apontam para a necessidade de um manejo efetivo dos sistemas de drenagem, especialmente os de 1º e 2º ordem hierárquica, pois na maioria dos casos, constituiriam rios de regime fluvial temporário ou intermitente (Tabela 3).

Tabela 3. Propriedades da rede de drenagem e ordenamento das bacias dos rios Calhau, Pimenta e Claro.

Parâmetros	Bacia Rio	Bacia Rio	Bacia Rio
	Calhau	Pimenta	Claro
1ª Ordem	31	22	25
2ª Ordem	15	10	16
3ª Ordem	9	11	6
4ª Ordem	2	0	2

A rede hidrográfica das três bacias totalizou 145 cursos d'águas, dos quais 53,79% são de primeira ordem, 28,27% de segunda ordem, 17,93% de terceira ordem e 2,75% de quarta ordem. Considerando a pequena área das bacias hidrográficas, o ordenamento igual ou inferior a 4 é comum.

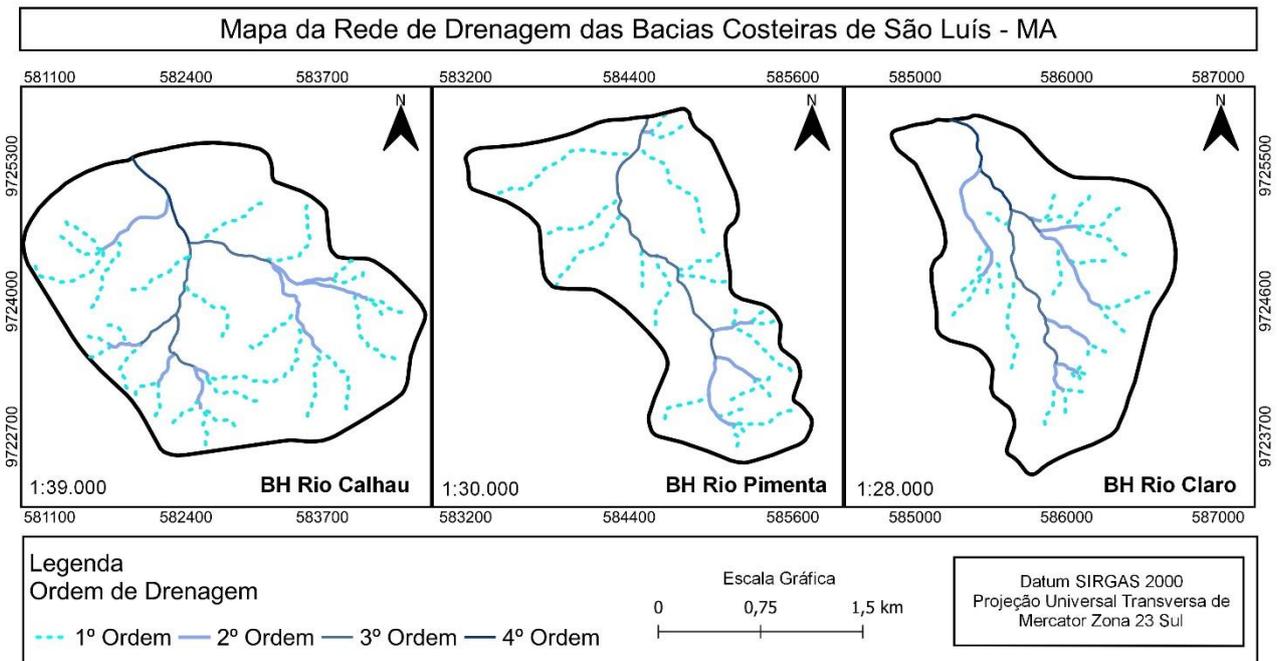


Figura 4. Mapa de ordenamento dos rios das Bacias Costeiras dos Rios Calhau, Pimenta e Claro.

Uso e Ocupação do Solo das bacias hidrográficas

Observa-se na Tabela 4, os resultados referentes à bacia do rio Calhau, Pimenta e Claro e ao seu desenvolvimento de acordo com a linha temporal analisada.

Na bacia do rio Calhau (Figura 5), durante o ano de 2007, a porcentagem referente a vegetação rasteira é a mais alta do período, sofrendo uma diminuição de 14,63% até o ano de 2020, enquanto que, os valores referentes a área construída dentro do território da bacia, sofrem um aumento de 17,36% durante o mesmo período de tempo analisado. Ocorre também uma diminuição dos índices de solo exposto, onde no ano de 2007 totalizavam uma área de 0,56 km², sendo 7,20% do território total da bacia, esse maior número pode fazer referência a áreas de terraplanagem para a construção civil. Posteriormente, observa-se o aumento da urbanização na região e a ocupação desses espaços. Vale ressaltar, que a área de estudo em questão, é um importante ponto turístico e habitacional da cidade, o que favorece a

preferência pela região. O mesmo ainda possui em presença muitos bares e restaurantes, isso somado ao crescimento vertical urbano, favorece o espalhamento da área construída na região.

As classes de vegetação densa e rasteira, ocupam uma área de 4,35 km² do domínio da bacia, que corresponde a 55,70% da cobertura no ano de 2007. Em 2015, houve um decréscimo nos valores referentes a área da vegetação, onde a mesma ocupou apenas 3,24 km² (41,49%) do território da bacia, sugerindo uma crescente ocupação antrópica nos bairros ocupantes da região e consequentemente uma supressão da vegetação. No ano de 2020, após todas as modificações causadas na paisagem durante o período de análise, a área de vegetação passou a ocupar 3,07 km², o que equivale a 39,31% da área total, enfim demonstrando a falta de planejamento e organização territorial dentro da bacia, o que impacta diretamente na conservação da vegetação, assim como nos aspectos da drenagem e na qualidade dos afluentes existentes.

Tabela 4. Área (km²) do uso e cobertura da terra das bacias hidrográficas dos rios Calhau, Pimenta e Claro, para os anos de 2007, 2015 e 2020.

Classes de Uso e Cobertura do Solo	Área (km ²)								
	Rio Calhau			Rio Pimenta			Rio Claro		
	2007	2015	2020	2007	2015	2020	2007	2015	2020
Área Construída	2,90	4,10	4,26	1,23	1,83	1,82	1,19	1,41	1,51
Vegetação Densa	1,91	2,05	1,77	0,79	0,65	0,54	0,61	0,57	0,55
Vegetação Rasteira	2,44	1,19	1,30	0,76	0,47	0,60	0,72	0,42	0,39
Solo Exposto	0,56	0,46	0,48	0,33	0,17	0,16	0,09	0,20	0,15
Área Total da Bacia	7,81			3,12			2,60		

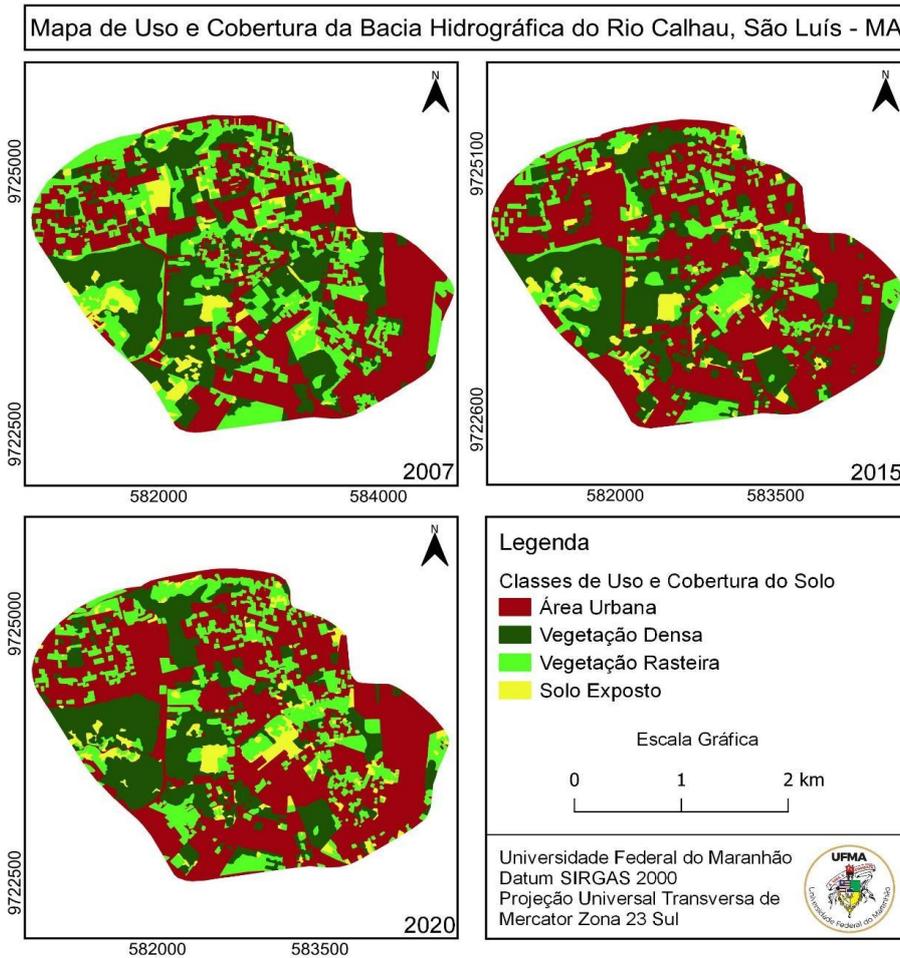


Figura 5. Mapa de uso/cobertura da terra da bacia hidrográfica do rio Calhau para 2007, 2015 e 2020.

Observa-se na figura 5 que as áreas referentes a vegetação densa tiveram um aumento nas proximidades do Parques Estadual do Sítio do Rangedor (Figura 6), que é atualmente uma Unidade de Proteção Integral de acordo com a Lei Federal nº 9.985/2000, onde tem como objetivo a conservação ecológica da fauna e flora local, assim como recreação, turismo e atividades voltadas para educação ambiental. Atribui-se esse desenvolvimento à proximidade com o Parque, o que sugere ser uma área de maior fiscalização e conservação quando relacionado a impactos ambientais.



Figura 6. Imagem aérea – Parque Estadual do Sítio do Rangedor.

A Unidade de Conservação, antes de se tornar Parque Estadual, era denominada Estação Ecológica, desde o ano de 2005, quando foi estabelecido o Decreto Estadual nº 21.797, em 15 de dezembro. No entanto, a partir do ano de 2016, por meio da Lei Estadual nº 10.455, a categoria da Unidade de Conservação foi alterada de Estação Ecológica do Sítio do Rangedor para Parque Estadual do Sítio do Rangedor (Soares e Marinho, 2018).

A falta de planejamento e gestão urbana é um dos principais motivos para o mau uso/aproveitamento e conservação do espaço. Durante o ano de 2007, o percentual de ocupação urbana no território da bacia era de 37,12% (2,90km²), apresentando um crescimento considerável durante os anos seguintes, possuindo até o ano de 2020 um percentual de 54,48% do território, sendo esse um aumento de 17,36%.

Na bacia do rio Pimenta (Figura 7) durante o ano de 2007 os índices de maior área foram de área construída, ocupando 39,49% (1,23 km²) e vegetação densa, que equivale a 25,23% (0,79 km²) do total da bacia, seguidos pela área de vegetação rasteira, com 24,46% (0,76 km²) e por fim, espaços de solo exposto, com 10,71% (0,33 km²).

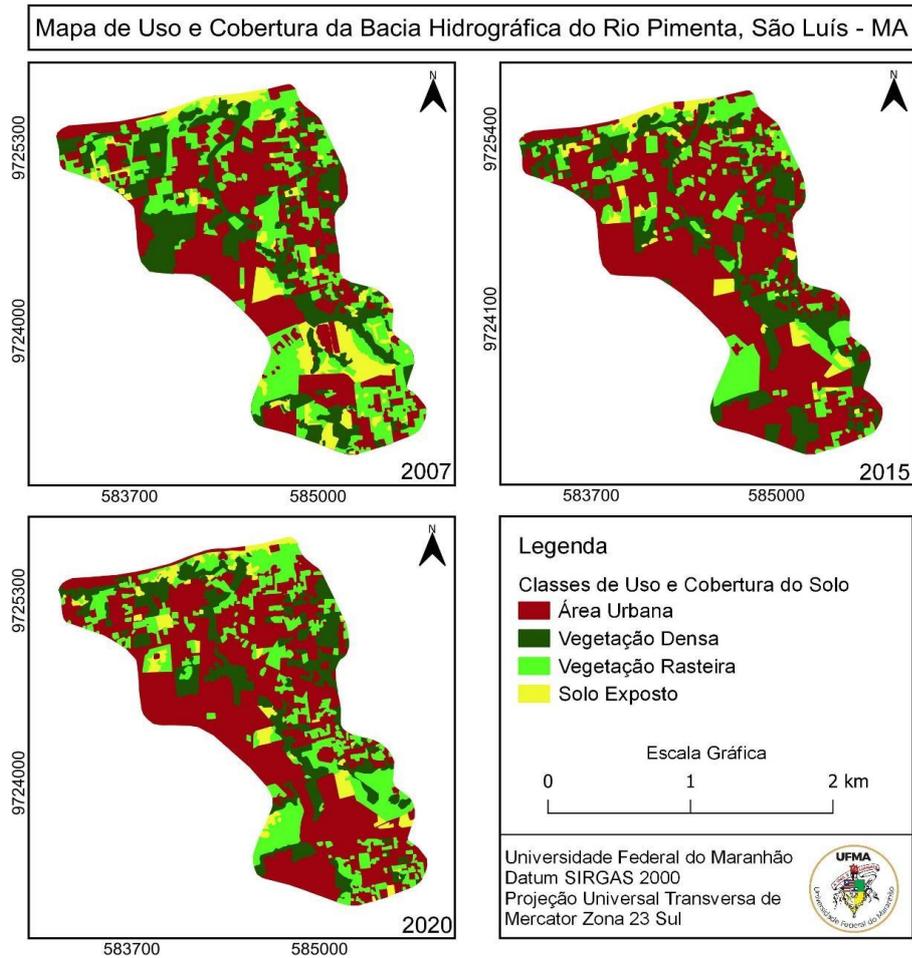


Figura 7. Mapa de uso/cobertura da terra da bacia hidrográfica do rio Pimenta para 2007, 2015 e 2020.

Em 2015 houve uma queda dos valores de vegetação rasteira e solo exposto, devido ao crescimento urbano, que teve uma alta de 19,01%, onde se manteve com pouca variação até o ano de 2020, enfim apresentando um total de ocupação de 50,27% (1,82 km²) do território. Atribui-se esse desenvolvimento acelerado ao fato de os bairros presentes dentro da bacia oferecerem ótima localização e possuírem grande potencial econômico e turístico, o que determina também a diminuição dos índices de Solo Exposto, preenchidos por construções de comércio e moradias urbanas.

O espalhamento da malha urbana nessa região litorânea faz com que ocorra uma diminuição da vegetação densa presente na área. No ano de 2007, os valores referentes a esse parâmetro eram de 25,75% (0,79 km²) do território total, enquanto que no ano de 2020 os valores eram de 17,45% (0,54 km²). Atribui-se essas modificações no solo da região à possíveis alterações para diferentes tipos de uso, pois observa-se o desenvolvimento de maiores áreas de vegetação rasteira, onde antes prevaleciam áreas de vegetação densa (Figura 8).



Figura 8. Imagem aérea - Foz do rio Pimenta

Em decorrência desses fatos, a bacia do rio Pimenta se encontra em grande estado de degradação, onde parte dela sofre com o aumento do espalhamento urbano, desmatamento e aterramento, fazendo com que boa parte de seus afluentes se encontrem com apenas o canal de drenagem aparente nos períodos de estiagem.

Na bacia do rio Claro (Figura 9) observou-se que em 2007, os índices mais relevantes eram os de área construída, ocupando 45,65% (1,19 km²), vegetação rasteira com 27,53% (0,72 km²) e vegetação densa, apresentando 23,38% (0,61 km²). A vegetação rasteira sofreu um decréscimo de 12,4% durante o período de estudo, apresentando

no ano de 2020, cobertura de 15,13% (0,39 km²) do território total. A área construída tem um aumento

durante o período analisado, onde apresenta crescimento de 12,27%.

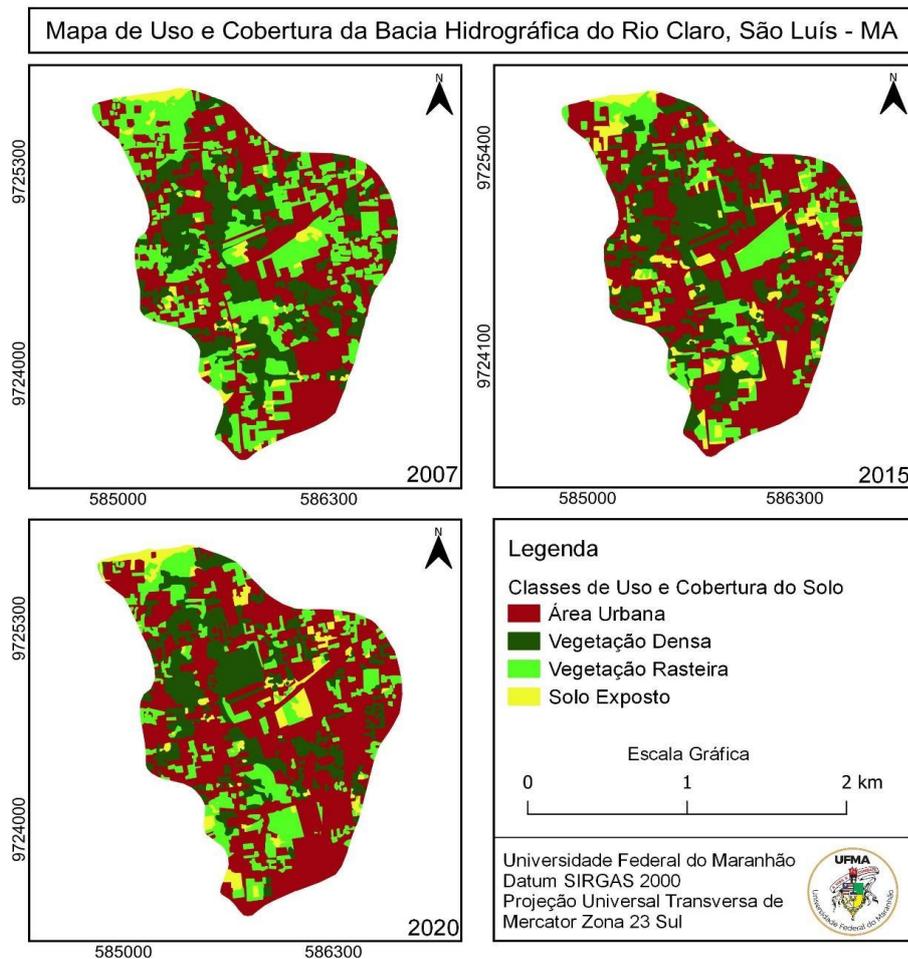


Figura 9. Mapa de uso/cobertura da terra da bacia hidrográfica do rio Claro para 2007, 2015 e 2020.

Com o aumento da urbanização da região, os valores referentes ao solo exposto se mostram mais evidentes, sendo maiores no ano de 2015, contrastando com os valores de vegetação rasteira. Isso porque, durante o período de análise, se teve uma maior variação dos valores de espalhamento urbano e consequentemente mais áreas em processo de construção, fazendo com que regiões expostas apresentassem uma queda de 1,88%, ocupando, no ano de 2020, apenas um total de 5,85% (0,15 km²) da área da bacia (Figura 10).

É possível observar que ocorre uma diminuição da vegetação densa, remanescente da vegetação nativa da região, durante os anos de estudo. Em 2007, o parâmetro apresenta cobertura de 23,38% (0,61 km²) da totalidade da área, enquanto que no último ano, apenas 21,17% (0,39 km²), caracterizando uma perda de 2,21%. A diminuição da vegetação comprova que a região já foi afetada pelo crescente desenvolvimento antrópico (Figura 11).



Figura 10. Imagem aérea – Alto curso do rio Claro



Figura 11. Imagem aérea – Foz do rio Claro

Atualmente, o que se observa é a predominância de formações arbustivas de pequeno porte e a vegetação rasteira, principalmente, com intuito paisagístico para a cidade. A diminuição da área vegetada e o aumento constante de bairros e invasões sem qualquer plano controle para uso e ocupação do solo, influenciam diretamente nos processos de escoamento e infiltração de águas pluviais, além disso, com o constante asfaltamento e impermeabilização do solo, essas áreas acabam sofrendo com alagamentos e inundações no período chuvoso, afetando a qualidade de vida dos moradores.

Avaliação Ambiental

A avaliação de um ambiente, caracterizando as principais zonas de impacto e pressões, promove uma discussão acerca das forças e fragilidades presentes, possibilitando a criação de estratégias que auxiliem no manejo adequado para recuperação e proteção do meio natural. Com o Protocolo de Avaliação Rápida da Diversidade de Habitats, foi possível realizar uma análise integral das condições físicas dos trechos e identificar as principais intervenções ocorrentes. O aumento da urbanização já evidenciado, é o principal causador das mudanças que influenciaram nos parâmetros avaliados nas bacias.

Todos os pontos foram avaliados como impactados, com exceção de dois: um na foz da bacia do Rio Calhau e outro no médio curso da

bacia do Rio Claro. Contudo, os mesmos ainda foram caracterizados como ambientes alterados (Tabela 5). A pouca diferença na avaliação se dá devido as condições atuantes sobre os ecossistemas serem semelhantes para toda a região de estudo. Ademais, vale ressaltar, que o tempo em ambos os dias de visitação se mostrava nublado, e o período entre a aplicação do PAR se deu durante os meses da estação chuvosa, oferecendo assim pouca interferência para os parâmetros analisados.

No que tange a qualidade do recurso hídrico, a descarga de esgoto *in natura* na região, é a principal forma de contaminação e poluição da água. O impacto produzido devido o despejo de efluentes é cada vez mais visível nos rios e pequenos tributários, sendo causadas principalmente por tubulações que se encontram sem manutenção e em constante vazamento. Em virtude disso, os rios se tornam reservatório para efluentes não tratados e um ambiente propício para vetores de doenças.

No município de São Luís, de acordo com o estudo de Silva (2020), o sistema de esgotamento sanitário está dividido em 5 bacias, sendo elas: Anil, Bacanga, Paciência, Oceânica (onde se enquadram as bacias dos rios Calhau, Pimenta e Claro) e Jeniparana. As mesmas sofrendo com constante descarga de esgoto. Com base nos pontos e na avaliação do PAR, dentre as bacias estudadas, a que apresentou os maiores impactos, decorrentes do despejo irregular de esgoto, foi a do rio Pimenta (Figura 12).

Tabela 5. Resultado da aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida da Diversidade de Habitats para as bacias litorâneas.

Parâmetros	Bacia do Rio Calhau			Bacia do Rio Pimenta			Bacia do Rio Claro		
	Alto Curso	Médio Curso	Baixo Curso	Alto Curso	Médio Curso	Baixo Curso	Alto Curso	Médio Curso	Baixo Curso
1	4	0	4	0	0	0	4	0	0
2	2	0	2	0	0	0	0	2	0
3	0	0	2	0	0	2	2	0	2
4	4	4	2	4	4	4	4	4	4
5	2	4	4	2	2	4	2	4	4
6	0	2	2	2	0	2	2	2	2
7	0	2	0	2	2	4	2	2	4
8	2	4	4	2	2	4	2	4	4
9	0	2	2	2	0	2	2	2	2
10	2	2	2	2	2	2	4	2	2
11	2	2	3	2	0	2	2	2	2
12	0	2	0	0	2	2	0	3	2
13	0	0	2	0	0	0	0	2	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	2	3	5	5	3
16	0	0	3	0	0	2	0	3	2
17	3	0	2	0	0	0	3	3	0
18	5	5	5	0	2	2	0	3	2
19	3	2	5	0	0	0	2	0	0
20	2	0	3	0	0	3	2	2	3
21	2	2	2	0	0	0	0	2	0
22	0	2	5	0	0	0	0	0	0
Pontuação	33	35	54	18	18	38	38	47	38
Avaliação	Impactado	Impactado	Alterado	Impactado	Impactado	Impactado	Impactado	Alterado	Impactado



Figura 12. As imagens A e B demonstram vazamento de esgoto *in natura* na região do médio curso do rio Pimenta.

Uma condição que se mostrou constante em todos os trechos avaliados, é a oleosidade da água e do solo. Nas referidas bacias, é uma característica atribuída devido a carga de esgoto doméstico existente. Segundo Faria e Serra (2020), a presença de óleos e graxas, oriundos de produtos como o sabão, gorduras e óleos vegetais, pode acarretar em impactos diretos ao ambiente, influenciando nos processos biológicos necessários para a manutenção do ecossistema. Isso acontece porque eles atuam como uma película sobre o rio, dificultando a entrada de luz e, conseqüentemente, a oxigenação da água. O desequilíbrio causado, pode influenciar na eutrofização do ambiente aquático e impedir existência de animais e vegetais na região, além da utilização do recurso pela população.

O descarte de lixo nas margens dos rios, corrobora para uma paisagem e um ambiente ainda mais afetado. O despejo irregular dos resíduos sólidos, se mostra uma prática comum nas grandes cidades e acaba por chegar de forma direta ou indireta aos rios. Portanto, o manejo adequado para a manutenção dos resíduos sólidos é de grande importância, sendo essencial para uma melhor qualidade ambiental e social da região. De acordo com o Plano de Gestão Integrada de Resíduos

Sólidos da Região Metropolitana da Grande São Luís (PGIRS/RMGSL), em 2019 a capital apresentava uma produção diária de resíduos sólidos de 901,44 t, possuindo, com base nos dados de coleta, um déficit de 111,44 t/dia, o que significa que 12% do lixo produzido não recebia uma destinação adequada. Todos os pontos de avaliação mostravam presença de lixo e em sua maioria de origem plástica (Figura 13).



Figure 13. Imagem A – Lixo no alto curso do rio calhau; Imagem B – Lixo nas proximidades do rio no alto curso do rio Claro.

Ainda foi possível observar áreas com erosão, marcadas por estruturas de enrocamento, como medidas para prevenir os deslizamentos das margens. O crescimento urbano desordenado favorece esses processos principalmente em decorrência da retirada da vegetação para limpeza em regiões próximas a moradias, ou para construções nos terrenos. A retirada da vegetação e a erosão das margens do canal, favorecem o processo de assoreamento do leito do rio, causado pelo acumulo de sedimentos no canal de drenagem, e provoca, em períodos chuvosos alagamentos,

enchentes e inundações, levando prejuízos para a região (Figura 14).



Figure 14. Imagem A – Estrutura de enrocamento no médio curso do rio Calhau; Imagem B – Influência da erosão das margens no médio curso do rio Claro

A avaliação quanto a extensão e qualidade vegetação ciliar, demonstrou o resultado das diferentes modificações ocorrentes nas proximidades do canal de drenagem das bacias, principalmente no alto e médio curso, influenciada pela evolução da malha urbana. Mesmo em regiões onde ainda era possível encontrar resquícios de uma vegetação mais densa e conservada, a mesma era marcada pela presença de espécies invasoras, comuns na região.

Pinheiro (2019), mapeou as diferentes espécies que adentraram os ambientes no município de São Luís. Dentre as observadas na área do presente estudo, tem-se *Calotropis procera* (Saco de Velho), *Cuscuta racemosa* (Fios de Ouro), *Leucaena leucocephala* (Leucena) e *Terminalia catappa* (Amendoeira), sendo essa última a mais encontrada nos pontos de avaliação do PAR, estando presente na extensão da mata ciliar dos pequenos cursos d'água. Ainda segundo o autor, a presença de espécies invasoras evidencia a descaracterização dos ecossistemas, podendo

causar grandes danos a vegetação local devido seu potencial para modificação de ambientes naturais.

Conclusão

A análise integrada dos índices morfométricos utilizados para determinar as condições dos habitats das bacias hidrográficas mostraram que, quanto as formas, as bacias apresentam formato circular, com exceção da bacia do rio Pimenta, que demonstrou uma tendência a ser alongada. A classificação apontou ainda que, há uma maior propensão a ocorrência de enchentes nas bacias dos rios Calhau e Claro, isso também influenciado pelo relevo mais suave da região.

Em relação a capacidade de drenagem, os índices mostram que as bacias possuem boa capacidade de fluxo, sendo a drenagem menos desenvolvida para a bacia do rio Calhau. Além disso, as três regiões de estudo ainda apresentaram alta capacidade de infiltração, isso devido a própria geomorfologia local.

O padrão de drenagem definido para as bacias foi o dendrítico. A bacia que apresentou maior ordem hierárquica foi a rio Calhau, seguida pelos rios Claro e Pimenta. Os canais de drenagem das bacias são retilíneos e apresentam potencial alto de transporte de sedimentos, sendo isso reflexo do baixo padrão altimétrico, evidenciado pelo índice de rugosidade e pelo gradiente de canais. A característica, no entanto, influencia na possível ocorrência de processos de assoreamento.

Os padrões espaciais e temporais de uso e cobertura da terra das bacias hidrográficas analisadas, demonstraram um considerável aumento do contingente urbano. A falta de monitoramento dos órgãos governamentais e a escassez de estudos sobre os riscos ambientais da ocupação além do uso indevido do espaço para a região metropolitana da ilha de São Luís, influencia cada vez mais nos processos de degradação presentes nas bacias hidrográficas do município.

O aumento da malha urbana, é mais significativo entre os anos de 2007 e 2015, quando se vê o declínio das áreas de vegetação densa e rasteira e do solo exposto, conseqüentemente em decorrência dos projetos de construção civil para empreendimentos e moradias. A área construída no ano de 2020, é a classe que apresenta maior desenvolvimento dentre as outras.

Todas as três bacias analisadas, sofreram processos de mudanças na vegetação, erosão, ocupação indevida, assoreamento dos rios, poluição e contaminação. A retirada da vegetação é a principal causa para os problemas enfrentados,

juntamente com o despejo de lixo e esgoto em trechos do rio.

A falta de saneamento nos bairros em que as bacias se estendem, ainda é um grande problema enfrentado atualmente, mesmo com alta expansão urbana da região, o processo de sistematização para tratamento de esgoto não se mostra plenamente atuante. O despejo de esgoto *in natura* causa problemas aos mananciais locais que sofrem com as consequências da contaminação.

Dentre as bacias trabalhadas, as mais agredidas por esses processos são as do rio Claro e Pimenta. É importante destacar que as bacias apresentam áreas densamente urbanizadas em toda sua extensão territorial, onde muitas intervenções ocorreram, como a canalização da maioria de seus rios e retirada da vegetação ciliar. Esses impactos tendem a ser mais notáveis, sendo evidenciados por inundações em eventos de forte precipitação em vários bairros da cidade de São Luís.

Em vista do conjunto, as características observadas demonstram a necessidade de atenção pelos gestores públicos quanto a execução de estratégias de gestão territorial, especialmente com ações para proteção das nascentes e dos pequenos córregos.

Referências

- Alves, J.M.D.P., Castro, P.D.T.A., 2003. Influência de feições geológicas na morfologia da bacia do rio do Tanque (MG) baseada no estudo de parâmetros morfométricos e análise de padrões de lineamentos. *Revista Brasileira de Geociências* 33, 117-124.
- Araújo, R.R., Rangel, M.E.S., 2012. Crescimento urbano e variações térmicas em São Luís – MA. *Revista Geonorte* 3, 308-318.
- Bogale, A., 2021. Morphometric analysis of a drainage basin using geographical information system in Gilgel Abay watershed, Lake Tana Basin, upper Blue Nile Basin, Ethiopia. *Applied Water Science* 11, 1-7.
- Callisto, M., Ferreira, W., Moreno, P., Goulart, M. D.C., Petrucio, M., 2002. Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividades de ensino e pesquisa (MG-RJ). *Acta Limnologica Brasiliensia* 14, 91-98.
- Cardoso, C.A., Dias, H.C.T., Soares, C.P.B., Martins, S.V., 2006. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. *Revista árvore* 30, 241-248.
- Castro, S.B., Carvalho, T.M., 2009. Análise morfométrica e geomorfologia da bacia hidrográfica do rio Turvo – GO, através de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento. *Scientia plena* 5, 1-7.
- Coelho, A.G.S., 2010. Para que serve a legislação ambiental: um estudo de caso da Estação Ecológica do Rangedor na cidade de São Luís – MA. Encontro Nacional da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Ambiente e Sociedade IV, 1-17.
- Chistofolletti, A., 1980. *Geomorfologia*. Edgard Blücher 2 ed, 1-188.
- Das, S., Pardeshi, S.D., 2018. Morphometric analysis of Vaitarna and Ulhas river basins, Maharashtra, India: using geospatial techniques. *Applied Water Science* 8, 1-11.
- Dos Santos, D.A.R., De Moraes, F., 2012. Análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio Lago Verde como subsídio à compartimentação do relevo da região de Lagoa da Confusão – TO. *Revista Geonorte* 3, 617-629.
- Dos Santos, E.H.M., Griebeler, N.P., De Oliveira, L.F.C., 2010. Relação entre uso do solo e comportamento hidrológico na Bacia Hidrográfica do Ribeirão João Leite. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 14, 826-834.
- EPA. Environmental Protection Agency, 1987. Biological criteria for the protection of aquatic life. Columbus: Division of Water Quality Monitoring and Assessment. Ohio.
- Faria, A.K.C.A., Serra, J.C.V., 2020. Gerenciamento de óleo residual-Proposta de intervenção para a cidade de Palmas - TO. *Revista Acta Ambiental Catarinense* 17, 17-24.
- Fitz, P.R., 2008. *Geoprocessamento sem complicação*. São Paulo: Oficina de Textos, 19-29.
- Flores, M., Faria, M.P.G., Coelho, P.A., Bom, T. F., Bruch, A.F., Cirolini, A. 2018. Mapeamento dos padrões de drenagem e avaliação morfométrica da sub-bacia hidrográfica do Arroio João Dias. *Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão*, 10.
- Gonzaga, W.J.D., Pereira, C.C., 2017. Delimitação da sub-bacia do rio pimenta localizada no município de São Luís, Maranhão. Congresso ABES – FENASAM IV.
- Hannaford, M.J., Barbour, M.T., Resh, V.H., 1997. Training reduces observer variability in visual-based assessments of stream habitat. *Journal of the North American Benthological Society* 16, 853-860.
- Horton, R.E., 1945. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. *Geological Society of America Bulletin* 56, 275-370.

- IBGE. Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística 2000. Estimativa de população. São Luís.
- IBGE. Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística, 2020. Estimativa de população. São Luís.
- Junior, R.V., Varandas, S.G.P., Fernandes, L.S., Pacheco, F.A.L., 2014. Environmental land use conflicts: a threat to soil conservation. *Land use policy* 41, 172-185.
- Lima, W.P., 1969. Manejo de bacias hidrográficas. Piracicaba: ESALQ.
- Lollo, J.A. O uso da técnica de avaliação do terreno no processo de elaboração do mapeamento geotécnico: sistematização e aplicação na quadrícula de Campinas. 1995. Tese (Doutorado em Geotecnia) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.
- Mahala, A., 2020. The significance of morphometric analysis to understand the hydrological and morphological characteristics in two different morpho-climatic settings. *Applied Water Science* 10, 1-16.
- Manoel, J.L., Rocha, P.C., 2017. Levantamento e análise comparativa dos padrões de drenagem das bacias hidrográficas dos Rios Aguapeí e Peixe. *Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento* 1, 64-74.
- Masullo, Y.A.G., 2016. Evolução do processo de urbanização e alterações ambientais na praia de são marcos, São Luís-MA. *Revista Espaço e Geografia* 19, 561-595.
- Muller, V.C., 1953. A quantitative geomorphology study of drainage basin characteristic in the Clinch Mountain Area. New York: Virginia and Tennessee. Dept. of Geology 3, 1-30.
- ORFEO ToolBox - Open Source Processing of Remote Sensing Images, 2020. Disponível em: <<https://www.orfeo-toolbox.org/>>. Acesso em: ago. 2020.
- Pereira, E.D., Zaine, J.E., 2007. Mapa geológico-geotécnico da bacia do rio Bacanga - São Luís (MA). *Geociências* 26, 45-54.
- Pinheiro, C.U.B., Linhares, J.F.P., 2019. Levantamento e mapeamento da ocorrência, identificação de espécies e avaliação de ambientes infestados por plantas invasoras na ilha de São Luís, Maranhão. *Revista Brasileira de Geografia Física* 12, 1484-1508.
- Rebêlo, J.M.M., Araújo, J.A.C.D., Carvalho, M. L., Barros, V.L.L., Silva, F.S., Oliveira, S.T.D., 1999. Flebotomos (Diptera, Phlebotominae) da Ilha de São Luis, zona do Golfão Maranhense, Brasil. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical* 32, 247-253.
- Rodrigues, A.S.L., Castro, P.T.A., 2008. Protocolos de avaliação rápida: instrumentos complementares no monitoramento dos recursos hídricos. *RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos* 13, 161-170.
- Rudorff, C.M., Novo, E.M.L.M., Galvão, L.S., Pereira Filho, W., 2007. Análise derivativa de dados hiperespectrais medidos em nível de campo e orbital para caracterizar a composição de águas opticamente complexas na Amazônia. *Acta Amazonica* 37, 269-280.
- Schumm S.A., 1956. Evolution of drainage systems and slopes in badlands of Perth Amboy. *Geological Society of America Bulletin* 67, 597-646.
- Schumm, S.A., 1963. Sinuosity of alluvial rivers on the great plains. *Geological Society of America Bulletin* 74, 1089-1100.
- Silva, D.D.S., 2020. Saneamento básico: um estudo na Região Metropolitana da Grande São Luís. *Revista Monografias Ambientais* 19, 1-11.
- Smith, K.G., 1950. Standards for grading textures of erosional topography. *American Journal of Science* 248, 655-668.
- Soares, L.S., Lopes, W.G.R., Castro, A.C.L., Araujo, G.M.C., 2016. Análise morfométrica e priorização das bacias hidrográficas como instrumento de planejamento ambiental integrado. *Revista do departamento de geografia*, 31, 82-100.
- Soares, L.S.V., Marinho, R. C. O., 2018. As modificações de tipologia de unidade de conservação de proteção integral: uma análise do caso “Rangedor” em São Luís (Ma) *Revista Ceuma Perspectivas* 31, 27-33.
- Strahler, A.N., 1957. Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Transaction of American Geophysical Union* 38, 913-20.
- Strahler A.N., 1964. Part II - Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. *Applied Hydrology*, McGraw-Hill, New York, 4-39.
- Strahler, A.N., 1958. Dimensional analysis applied to fluvially eroded landforms. *Bulletin Geological Society America* 69, 279-300.
- Stipp, N.A.F., Campos, R.A., Caviglione, J.H., 2010. Análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio Taquara – Uma contribuição para o estudo das ciências ambientais. *Portal de Cartografia das Geociências* 3, 105-124.
- Villela, S.M., Mattos, A., 1975. *Hidrologia aplicada*. Editora McGraw-Hill do Brasil.

ANEXOS

NORMAS PARA SUBMISSÃO DE ARTIGOS: “REVISTA BRASILEIRA DE GEOGRAFIA FÍSICA”

Preparação de originais: Os artigos, revisões de literatura, notas CIENTÍFICAS devem ser encaminhados, exclusivamente, via online, editados nos idiomas Português ou Inglês. O trabalho deverá ser digitado em tamanho A4 (210 x 297 mm), com margens ajustadas em 2cm (superior, inferior, esquerda e direita), texto em duas colunas, espaçamento simples entre linhas, indentação de 1,25 cm no início de cada parágrafo, fonte Times New Roman, tamanho 11 em todo o texto. Os títulos devem estar em fonte 14 e os subtítulos (quando existirem) devem estar em itálico. O manuscrito deve ser submetido seguindo o modelo da RBGF. Todas as Figuras (imagens e/ou gráficos) devem ser incluídas no corpo do texto e também submetidas em separado e isoladamente (uma a uma) em documentos suplementares. As figuras para documentos suplementares devem possuir 300dpi. O número mínimo de páginas será de 15 para Artigos, 20 para Revisão de Literatura e 8 para Nota Científica, incluindo tabelas, gráficos e ilustrações. Um número mínimo de páginas diferente das quantidades recomendados pela revista serão aceitos apenas mediante consulta prévia ao Editor Chefe. Os Artigos, Revisões de Literatura, Notas científicas deverão ser iniciados com o título do trabalho e, logo abaixo, os nomes completos dos autores, com o cargo, o local de trabalho dos autores e endereço eletrônico. A condição de bolsista poderá ser incluída. Como chamada de rodapé referente ao título, deve-se usar número-índice que poderá indicar se foi trabalho extraído de tese, ou apresentado em congresso e entidades financiadoras do projeto. O artigo deverá conter, obrigatoriamente, os seguintes tópicos: Título; Resumo; Palavras-chave; Abstract; Keywords, Introdução com revisão de literatura e objetivos; Material e Métodos; Resultados, Discussão; **Conclusão, Agradecimentos e Referências**. Os capítulos de **Resultados e Discussão** poderão ser inseridos juntos ou em separado no artigo.

Agradecimentos devem aparecer sempre antes das **Referências**. Todos estes tópicos devem ser escritos com apenas a primeira letra maiúscula, fonte Times New Roman, tamanho 11 e negrito, com exceção do TÍTULO que deverá estar em tamanho 14 e apenas com a primeira letra das principais palavras em maiúscula, por exemplo: "Estrutura do Componente Lenhoso de uma Restinga no Litoral Sul de Alagoas, Nordeste, Brasil (Structure of the Woody Component of a Restinga on the South Coast of Alagoas, Northeastern Brazil)", com exceção dos nomes científicos e autores das espécies. As referências deverão ser atualizadas e publicados nos últimos cinco anos.

A **REVISÃO DE LITERATURA** deverá conter os seguintes tópicos: **Título; Resumo; Palavras-chave; Abstract; Keywords; Introdução; Desenvolvimento; Conclusão; Agradecimentos e Referências**. Os **Agradecimentos** devem aparecer antes das **Referências**.

A **NOTA CIENTÍFICA** deverá conter os seguintes tópicos: **Título; Resumo; Palavras-chave; Abstract; Keywords**; Texto (sem subdivisão, porém com **Introdução; Material e Métodos; Resultados e Discussão** (podendo conter Tabelas ou Figuras); **Conclusão; Agradecimentos e Referências**. Os **Agradecimentos** devem aparecer antes das referências. **As seções devem ser constituídas de: TÍTULO** – apenas com a primeira letra em maiúscula, deve ser conciso e indicar o seu conteúdo. O(s) nome(s) do(s) autor(es) deve(m) ser escrito(s) em caixa alta e baixa, todos em seguida, com números sobrescritos que indicarão a filiação Institucional e/ou fonte financiadora do trabalho (bolsas, auxílios, etc.).

Créditos de financiamentos devem vir em **Agradecimentos**, assim como vinculações do artigo a programas de pesquisa mais amplos, e não no rodapé. Os Autores devem fornecer os endereços completos, evitando abreviações, elegendo apenas um deles como Autor para correspondência. Se desejarem, todos os autores poderão fornecer E-mail para correspondência.

Os **RESUMO** e **ABSTRACT** devem conter no máximo 250 palavras, escritos no seguinte formato estruturado: Motivação do estudo (porque o trabalho foi realizado, quais as principais questões a serem investigadas e porque isso é importante para o público da RBGF), Métodos (texto explicativo dos métodos utilizados para a realização do estudo), Resultados (principais resultados obtidos) e Conclusões (afirmativas curtas que respondam os objetivos apresentados na Introdução). Serão seguidos da indicação dos termos de indexação, diferentes daqueles constantes do título. A tradução do **RESUMO** para o inglês constituirá o **ABSTRACT**, seguindo o limite de até 250 palavras. Ao final do **RESUMO**, citar até cinco **Palavras-chave**, à escolha do autor, em ordem de importância, evitando palavras no plural e abreviaturas. A mesma regra se aplica ao **ABSTRACT** em Inglês para as **Keywords**.

Resumo e Abstract NÃO devem conter citações bibliográficas.

Introdução - deve ser breve ao expor, evitando abreviaturas, fórmulas e nomes dos autores de espécies vegetais/animais:

- a) conhecimentos atuais no campo específico do assunto tratado;
- b) problemas científicos que levou(aram) o(s) autor(es) a desenvolver o trabalho, esclarecendo o tipo de problema abordado ou a(s) hipótese(s) de trabalho, com citação da bibliografia específica e finalizar com a indicação do objetivo.

Introdução NÃO deve conter Figuras, Gráficos ou Quadros.

Material e Métodos - Devem ser reunidas informações necessárias e suficientes que possibilitem a repetição do trabalho por outros pesquisadores; técnicas já publicadas devem ser apenas citadas e não descritas. Todo e qualquer comentário de um procedimento utilizado para a análise de dados em **Resultados** deve, obrigatoriamente, estar descrito no item **Material e Métodos**.

Resultados - devem conter uma apresentação concisa dos dados obtidos. As Figuras devem ser numeradas em sequência, com algarismos arábicos, colocados no lado inferior direito; as escalas, sempre que possível, devem se situar à esquerda da Figura e/ou Quadro. As Tabelas devem ser numeradas em sequência, em arábico e com numeração independente das Figuras. Tanto as Figuras quanto os Quadros devem ser inseridos no texto o mais próximo possível de sua primeira citação.

Itens da Tabela, que estejam abreviados, devem ter suas explicações na legenda. As Figuras e as Tabelas devem ser referidas no texto em caixa alta e baixa (Figura e Tabela). Todas as Figuras e Tabelas apresentadas devem, obrigatoriamente, ter chamada no texto e ser submetidas como documentos suplementares, em separado. As siglas e abreviaturas, quando utilizadas pela primeira vez, devem ser precedidas do seu significado por extenso. Ex.: Universidade Federal de Pernambuco (UFPE); Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI).

Usar unidades de medida de modo abreviado (Ex.: 11 cm; 2,4 µm), e com o número separado da unidade, com exceção de porcentagem (Ex.: 90%). Os números de um a dez devem ser escritos por extenso (não os maiores), a menos que seja medida. Ex.: quatro árvores; 6,0 mm; 1,0 4,0 mm; 125 amostras. O nome científico de espécies deve estar sempre em itálico, seguido do nome do autor.

Os títulos das Figuras, Tabelas e/ou Quadros devem ser autoexplicativos e seguir o exemplo a seguir: **Figura 1.** Localização, drenagem e limite da bacia hidrográfica do Rio Capiá. Subdivisões dentro de **Material e Métodos** ou de **Resultados** e/ou **Discussão** devem ser escritas em caixa alta e baixa, seguida de um traço e o texto segue a mesma linha. Ex.: Área de Estudo - localiza se ...

Discussão - deve conter os resultados analisados, levando em conta a literatura, mas sem introdução de novos dados.

Conclusões - devem basear-se somente nos dados apresentados no trabalho e deverão ser numeradas.

Agradecimentos - Item obrigatório no artigo. Devem ser sucintos e não aparecer no texto ou em notas de rodapé.

Referências e citações seguem as regras da APA.

Referências - Seguir instruções abaixo.

Citação no texto

Todas as referências citadas no texto devem também está presente na lista de referências e vice-versa. As citações podem ser feitas diretamente ou entre parênteses:

Segundo Pimentel (2018), ...

Moura (2018) e Galvêncio (2018) constataram...

Galvêncio e Moura (2018), trabalhando com ...

Galvêncio et al. (2008) constataram...

No final ou no meio de uma sentença:
 (Pimentel, 2018)
 (Galvínio e Moura, 2018)
 (Galvínio et al., 2008)

Grupos de referências devem ser listadas em ordem cronológica:
 ...como demonstrado por alguns autores (Galvínio et al., 2015; Galvínio e Moura, 2016; Pimentel, 2018).

Referências:

Periódicos

Autor, Ano. Título. Periódico volume, páginas.

Foley, J.A., Botta, M.T., Coe, M.H.C., 2002. The el niño/southern oscillation and the climate, ecosystems and rivers of amazon. *Global Biogeochemical Cycles* 2, 1-5.

Periódicos eletrônicos

Autor, Ano. Título. Periódico [Online] volume. Disponível: URL. Acesso: Dat.

Amanajás, J.C., Braga, C.C., 2012. Padrões espaço-temporal pluviométricos na Amazônia oriental utilizando análise multivariada. *Revista Brasileira de Meteorologia* [online] 27. Disponível: [http:// dx.doi. org/ 10.1590/ s0102 – 77862012000400006](http://dx.doi.org/10.1590/s0102-77862012000400006). Acesso: 23 jun. 2014.

Instituição

Sigla. Entidade, Ano. Título. Cidade.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2001. Caracterização de Ambientes na Chapada dos Veadeiros/Vale do Rio Paranã: uma contribuição para a Classificação Brasileira de Solos. Planaltina.

Não se recomenda citações em livros, teses e dissertações. Essas citações só serão aceitas com autorização do editor.

Recomenda-se no mínimo 30 citações por artigo. As citações precisam ser atualizadas e publicadas nos últimos cinco anos.