

## GEORREFERENCIAMENTO DA MICROBACIA DO RIO PIMENTA EM SÃO LUÍS-MA. Avaliação de Impactos Ambientais em Bacias de Drenagem Urbana

GEORREFERENTIATION OF THE RIO PIMENTA MICROBACIA IN SÃO LUÍS-  
MA. Assessment of Environmental Impacts in Urban Drainage Basins

Gunnar Braga Gomes Filho<sup>1</sup>

Joherbert Carlos Lima Rêgo<sup>2</sup>

Rafael Ferreira Maciel<sup>3</sup>

**RESUMO:** Este trabalho apresenta os resultados do reconhecimento e mapeamento da Bacia Hidrográfica de São Luís, Microbacia do Rio Pimenta, ambiente costeiro da região do Golfão Maranhense, Brasil, utilizando uma abordagem metodológica que incluiu: (a) análise integrada com base no processamento digital de imagens, ópticas Landsat-8, por analisar imagens de cartografia, geologia, hidrografia, dentre outros e dados de elevação da SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*); (b) sistema de informações geográficas; e (c) levantamentos de campo relativos à geomorfologia, topografia e análise morfométrica do Rio Pimenta. Os ambientes costeiros, assim mapeados foram agrupados em quatro shapes: 01, a região da Ilha de São Luís, a Cidade de São Luís-MA e seus setores; Setor 2, abrangendo tabuleiro costeiro, planície de maré lamosa, planície fluvial, planície de maré arenosa, praias de macromaré; Setor 3, com manguezal, paleodunas e planície de maré mista; e Setor 4, constituído por dunas móveis. Além disso, foram também reconhecidos deltas de maré vazante e planícies de supramaré arenosas. O processamento digital e a análise visual das imagens de sensores remotos orbitais, associados ao uso de sistemas de informações geográficas, mostraram-se eficazes no mapeamento de zonas costeiras tropicais, possibilitando a geração de produtos com boa acurácia e precisão cartográfica.

**Palavras-Chave:** Bacia Hidrográfica. Ambientes Costeiros. Microbacia. Processamento de imagens.

**ABSTRACT:** This paper presents the results of the recognition and mapping of the São Luís Hydrographic Basin, Rio Pimenta Microbasin, coastal environment of the Golfão Maranhense region, Brazil, using a methodological approach that included: (a) integrated analysis based on

---

<sup>1</sup> Bacharel em Geografia – UFMA, Especialista em Topografia e Sensoriamento Remoto FACULESTE, Aluno de Especialização em Medição, Análise, Previsão e Modelagem de Nível do Mar- USP. E-mail: gunnarbraga@usp.br.

<sup>2</sup> Doutor em Dinâmica dos Oceanos e da Terra – UFF. Email: joheberthrego@hotmail.com.

<sup>3</sup> Mestre em Sustentabilidade em Ecossistema – UFMA. E-mail: rafaelmaciel@hotmail.com.

digital processing of images, Landsat-8 optics, for analyzing images from cartography, geology, hydrography, among others and elevation data from SRTM (Shuttle Radar Topography Mission); (b) geographic information system; and (c) field surveys related to the geomorphology, topography and morphometric analysis of the Pimenta River. The coastal environments, thus mapped, were grouped into four shapes: 01, the region of São Luís Island, the City of São Luís-MA and its sectors; Sector 2, covering coastal plateau, muddy tidal plain, fluvial plain, sandy tidal plain, macro-tide beaches; Sector 3, with mangroves, paleodunas and mixed tidal plains; and Sector 4, consisting of mobile dunes. In addition, low-tide deltas and sandy supramarid plains have also been recognized. Digital processing and visual analysis of images from remote orbital sensors, associated with the use of geographic information systems, proved to be effective in mapping tropical coastal areas, enabling the generation of products with good accuracy and cartographic precision.

**Keywords:** Hydrographic Basin. Coastal Environments. Microbasin. Image processing.

## INTRODUÇÃO

O uso de ferramentas tecnológicas para aferição de dados tornou-se essencial para pesquisas científicas, desmistificando com os seus resultados, dados antes colhidos sem precisão.

O Sensoriamento Remoto é uma ferramenta tecnológica advinda da corrida espacial nos anos 60 e aprimorada a cada dia, auxilia estudos nas mais diversas áreas de conhecimento.

Com ele, podemos aplicar o Geoprocessamento, que é o conjunto de tecnologias voltadas para a coleta e tratamento de imagens espaciais para um objetivo específico. (INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS, 2021).

A partir destes e outros instrumentos importantes, podemos tratar fenômenos e dinâmicas que ocorrem no meio ambiente costeiro, que, em decorrência de fatores climáticos, sazonais, variações de marés, movimentação de correntes marinhas, transporte de sedimentos, Crescimento urbano, dentre outros, modificam constantemente a linha costeira.

O presente estudo busca entender tal dinâmica que ocorre na Microbacia do rio Pimenta, na ilha de São Luís-MA com o passar dos anos, e que assoreou sua foz, bem como foi contaminado por dejetos lançados sobre seu leito por esgotos sem tratamento.

A acumulação de maior ou menor de sedimentos na foz vai depender do volume trazido pelo rio como também pelas correntes costeiras. Uma bacia de drenagem existente numa área equatorial, ou tropical úmida, terá uma

carga aluvial predominantemente argilosa e o depósito na foz do rio dará origem a praias de lama. (GUERRA, A T, 2001)

## ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo localiza-se no nível superior da Bacia Costeira de São Luís, que se originou através de esforços tectônicos durante o Cretáceo Inferior. No final do Eocretáceo, com o soerguimento das rochas Pré-Cambrianas, deu-se a individualização das Bacias de São Luís, Barreirinhas e Parnaíba. (FEITOSA e CHRISTOFOLETTI, 1993).

Na Ilha do Maranhão, as feições morfológicas compreendem planícies de maré lamosas e arenosas, praias dissipativas de areias finas quartzosas, dunas móveis e fixas, falésias, pontais rochosos, depósitos de talus e manguezais. (FEITOSA, 2006). A estratigrafia de São Luís está representada por sedimentos Cretácicos (Formação Itapecuru), Terciário (Serie Barreira) e Quaternário (Formação Açuí), (CAVALCANTE e TAROUÇO, 1988).

O Golfão Maranhense, termo adotado pelo projeto Radam com base na descrição de Ab'Saber (1960) e está localizado no extremo norte do Estado do Maranhão. Ele faz parte de uma zona costeira marcada por estuários e reentrâncias no noroeste do Maranhão, que apresenta cerca de 5.414 km<sup>2</sup> de manguezais, e no nordeste do Pará, com aproximadamente 2.177 km<sup>2</sup> de manguezais. Souza Filho (2005). Esta zona costeira, que constitui o maior sistema contínuo de manguezais do mundo, foi designada por Souza Filho, *op. cit.*, como Costa de Manguezais de Macromaré da Amazônia (CMMA). Os manguezais do Estado do Maranhão são considerados os mais estruturalmente complexos do Brasil (Rebelo-Mochel, 1997). Este aspecto é atribuído em parte às diversas características da linha de costa, às grandes quantidades de água doce, provenientes de extensos rios, às altas taxas de precipitação, bem como às altas amplitudes de maré (Kjerfve & Lacerda, 1993). Além disso, a área de estudo encontra-se no centro de um sistema de golfo, caracterizado por macromaré semidiurna, com variações médias de 4 m e máxima superior a 7 m. As correntes de marés máximas são superiores a 4 m/s (Rebelo-Mochel, *op. cit.*). O clima é tropical úmido, com estações seca (julho a dezembro) e chuvosa (janeiro a junho) bem definidas, com temperatura média em torno de 26°C.

O rio Pimenta, Fig 01 ,que compõe a Microbacia do Rio Pimenta, que integra a Bacia Hidrográfica das Ilhas Maranhenses, com localização geográfica de sua Foz (-2,48156; -44,24044) possui extensão atual de aproximadamente 12240m e uma área de abrangência de 96.325 m<sup>2</sup> de área e 3,79 km de perímetro, tendo como limites ao Norte à Jusante, o Oceano Atlântico, mais precisamente a baía de São Marcos, ao Sul, à montante o Bairro do Parque Shalon (-2,48966; -44,24092) a Leste bairro do Parque Atlântico a Oeste Bairro do Calhau.

## Microbacia do Rio Pimenta

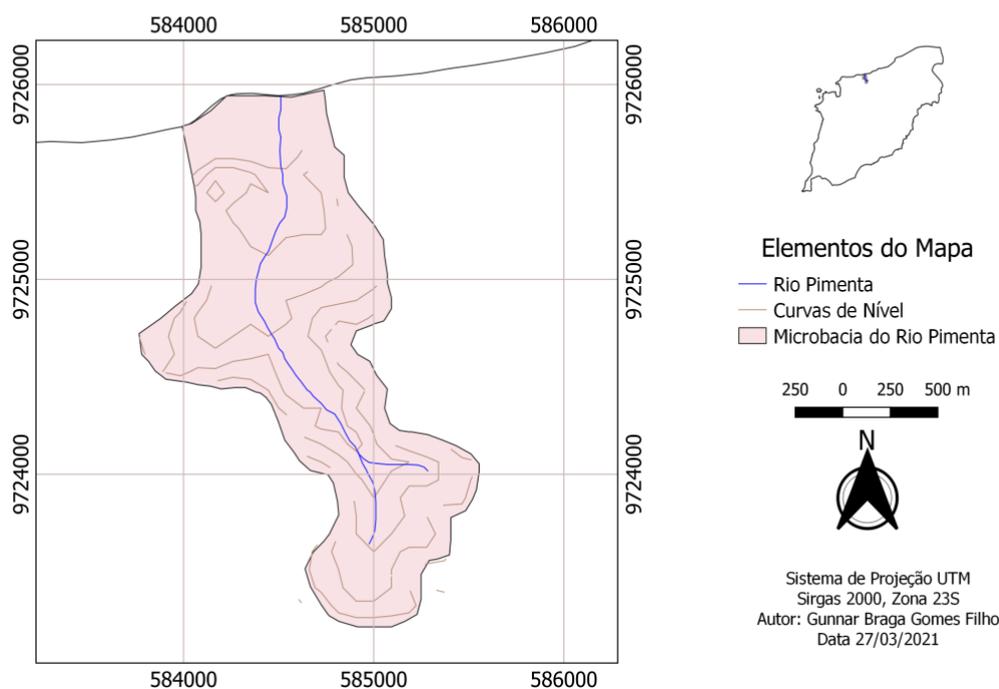


Fig 01 – Mapa de Localização

## METODOLOGIA

A abordagem metodológica para a geração do mapa de ambientes costeiros envolveu o Geoprocessamento digital, no *software* QGIS versão 3.16.3 Hanover, das imagens ópticas (Landsat-8), além de levantamentos de campo, relativos à

geomorfologia, topografia e imagens aéreas coletadas por Drone DJI Phantom 03 Advanced, Google Earth.

Os trabalhos de campo foram realizados em Novembro de 2020 e Março de 2021, analisando a sazonalidade, constando das seguintes atividades: (1) validação dos ambientes costeiros reconhecidos nas imagens de sensores remotos, através da coleta de pontos de controle em levantamento terrestre; (2) sobrevôos para refinar o reconhecimento dos ambientes costeiros. (3) levantamento fotográfico do perfil do rio e em campo.

Posteriormente foi georeferenciado o curso do rio Pimenta, identificando a Microbacia do Rio Pimenta com a zona de drenagem, Fig 01, identificando os períodos de sazonalidade e identificação da Foz e a interferência das variações de Marés na sua dinâmica de cheia e vazão.

Identificação de Pontos de lançamento de esgotos não tratados. (vide Tabela).

Confecção de mosaicos de imagens a partir de imagens SRTM, considerando dois sombreamentos em ângulos diferentes, 45º e 315º, para se produzir a Topografia e Curvas de Nível.

Mapeamento da Microbacia de drenagem, a partir de imagens SRTM georeferenciadas em QGIS.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para se analisar o presente estudo, é necessário conceituar Bacia. Segundo Guerra, (2001), é uma “depressão de forma variada ou conjunto de terras pouco inclinadas, podendo ser ocupada ou não com rios”

Já seu conceito para Bacias Hidrográficas ou de drenagem é um conjunto de terras drenadas por um Rio principal e seus afluentes. Nas depressões longitudinais, se verifica a concentração das águas da chuva, isto é, lençol de escoamento superficial. (GUERRA, 2001).

O Maranhão possui 12 Bacias Hidrográficas. Quase toda a rede de drenagem maranhense se faz no sentido: Sul – Norte, através de numerosos rios independentes que se dirigem para o Atlântico, a exemplo do Gurupi, Turiaçu, Pindaré, Mearim, Itapecuru e Parnaíba. No sudoeste do Estado, uma pequena parte do escoamento se faz em direção a Oeste. NUGEO, 2009.

Regiões Hidrográficas	Bacias Hidrográficas	Área (km <sup>2</sup> )	% sobre a Área do Estado	População Total	Total de Municípios	Municípios Mais Populosos
<b>Domínio Federal</b>						
<b>Parnaíba</b>	Bacia hidrográfica do Parnaíba	66.449,09	20,02	717.723	39	Balsas, Brejo, Coelho Neto, Pastos Bons, Timon, Tutóia.
<b>Araguaia-Tocantins</b>	Bacia hidrográfica do Tocantins	30.665,15	9,24	498.105	23	Imperatriz, Carolina, Estreito, João Lisboa, Porto Franco
<b>Atlântico Nordeste Ocidental</b>	Bacia hidrográfica do Gurupi	15.953,91	4,81	178.302	13	Açailândia, Carutapera, Itinga do Maranhão.
<b>Domínio Estadual</b>						
<b>Atlântico Nordeste Ocidental</b>	Sistema Hidrográfico Litoral Ocidental	10.226,22	3,08	343.130	23	Cururupu, Pinheiro, São Bento.
	Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses	3.604,62	1,09	1.349.541	22	São Luís.
	Bacia hidrográfica do Mearim	99.058,68	29,84	1.681.307	83	Bacabal, Barra do Corda, Grajaú, Lago da Pedra, Presidente Dutra, Viana, Zé Doca.
	Bacia hidrográfica do Itapecuru	53.216,84	16,03	1.019.398	57	Caxias, Codó, Colinas, Coroatá, Dom Pedro, Itapecuru-Mirim, Timbiras.
	Bacia hidrográfica do Munim	15.918,04	4,79	320.001	27	Chapadinha, Mata Roma, São Benedito do Rio Preto, Urbano Santos, Vargem Grande.
	Bacia hidrográfica do Turiaçu	14.149,87	4,26	179.212	16	Nova Olinda do Maranhão, Santa Helena, Santa Luzia do Paruá, Turiaçu, Turiândia
	Bacia hidrográfica do Maracaçumé	7.756,79	2,34	122.535	16	Cândido Mendes, Godofredo Viana, Governador Nunes Freire, Maracaçumé, Maranhãozinho.
	Bacia Hidrográfica do Preguilças	6.707,91	2,02	96.379	10	Barreirinhas, Paulino Neves.
	Bacia hidrográfica do Peria	5.395,37	1,62	64.049	06	Humberto de Campos, Primeira Cruz, Santo Amaro.

**Fonte: Nugeo/ Uema, 2009**

O objeto desse estudo a Região Hidrográfica do Atlântico Nordeste Ocidental, No Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses, no Município de São Luís-MA, de domínio Estadual, está situada a Microbacia do Rio Pimenta.

A microBacia do rio Pimenta está situada em uma área que abrange 96.325 m<sup>2</sup>, sendo circundada por uma área urbana, com uma mata ciliar pequena entre o corpo d'água e seu perímetro que é de aproximadamente 3,79 km<sup>2</sup>, recebendo descarte de esgotos não tratados e parte de sua área drenada por canais de concreto, devido ao seu

curso passar por uma avenida de grande circulação pavimentada, na Cidade de São Luís, Avenida dos Holandeses, com fluxo intenso de veículos. (Foto 11)

Há uma comunidade em seu entorno que se organizou com o propósito de preservar esse ecossistema e que por diversas vezes promoveu ações de conscientização, bem como cobrou dos órgãos responsáveis, soluções para os problemas atuais do Rio.

Em entrevista ao Jornal Mirante, a comerciante e ativista Íris Marques, moradora local, diz que no passado, chegou a tomar banho no rio, lavar roupas e a pescar em sua foz.

Através do Inquérito Civil nº 1.19.000.002291/2017-18 o Ministério Público Federal da 8ª Vara da Seção Judiciária do Estado do Maranhão ajuizou uma Ação Civil Pública em desfavor da Empresa de Saneamento CAEMA, responsável pelo tratamento de Águas e Esgotos pelo mau funcionamento dos equipamentos de tratamento administrados por ela, os quais lançam efluentes não tratados adequadamente em manguezais, rios e praias da capital causando poluição. (ANEXO). A referida ação de 30 laudas mapea diversos pontos, dentre eles o local do referido estudo, em que a EEE Estação Elevatória de Esgoto, (Foto 12) possui um ponto de extravasamento direto no Rio Pimenta, que se encontra excessivamente degradado, inclusive com observação do fenômeno identificado como “língua negra”, conforme laudo técnico nº 2018/2018/SPPEA. (Pág 08 e 09)

Com o crescimento da Cidade, a especulação em seu entorno, que faz desta localidade uma área de alto valor imobiliário, a falta de ações que acompanhem este crescimento e que minimize impactos locais, torna cursos d’água urbanos vulneráveis. (Foto 10)

O Rio Pimenta, além de um exemplo atual de degradação, torna parâmetro do que acontece com Rios urbanos em grandes Cidades. (Foto 09)



Foto 03 – Desembocadura do Rio Pimenta. Foto Ana Barros

Atualmente, há em execução através do Governo Estadual, o prolongamento da Avenida Litorânea, que passa pela foz do Rio Pimenta, que passou por uma construção de uma ponte, fazendo mais uma modificação nesse ecossistema, que é constituído de Mata Ciliar, Mangue e Paleodunas.



Foto 04 - Foz do Rio Pimenta com Mata Ciliar Abundante e coloração do rio Ainda normal. Fonte: Google Earth, 2007.



Foto 05 - Coloração do Rio já alterada, com a presença do fenômeno “Lingua Negra”, em Maré Baixa. Nota-se a Dinamica da foz modificada em relação à 2007. Fonte: Google Earth, 2011.



Foto 06 - modificação na Foz, com a construção do prolongamento da avenida litorânea. Fonte: Google Earth, 2021



Foto 07 - Em análise de medições de fotos de Satélite LandSat 8, Geoprocessado em Qgis e redesenhado no Google Earth, o Rio Pimenta possui 1,224 metros de extensão em uma área de 96.325 m<sup>2</sup> e 3,79 km de perímetro de Bacia de drenagem. Fonte: *Google Earth*, 2021.

Através da Imagem de Satélite LandSat 8, obtida através do Catálogo de Imagens do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), foram feitos através

do Software Qgis, os Shapes da Hidrografia, através do sombreamento em ângulos de  $45^{\circ}$  e  $315^{\circ}$  e criado através da resultante, o curso do rio Pimenta. Posteriormente foi criado uma nova camada Shapefile da Microbacia do Rio Pimenta, com Shape de curvas de Nível, criadas também pelo sombreamento e comparada ao curso do Rio, obedece fielmente à topografia do Relevo. O resultado foi o Mapa abaixo.

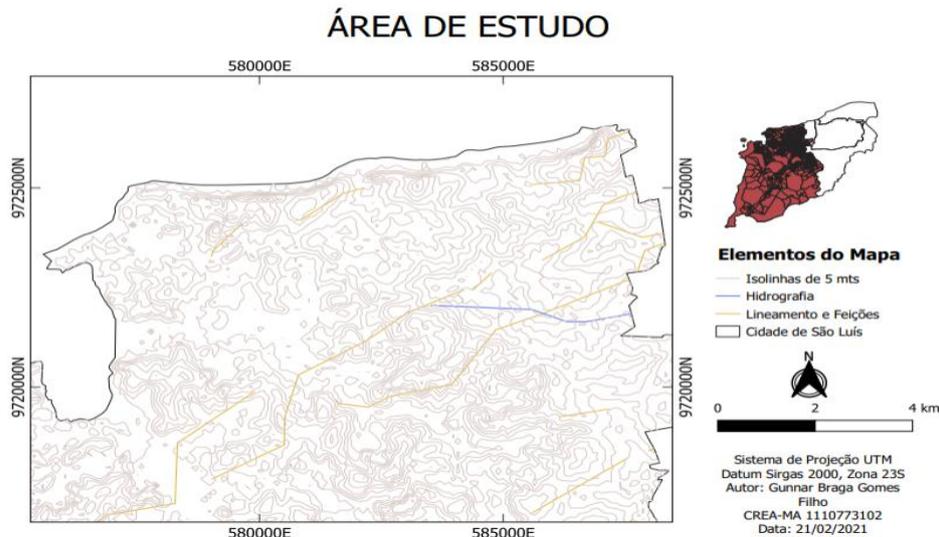


Fig 02 - Mapa de isolinhas da Cidade de São Luís, obtidas através de Geoprocessamento de Imagem SRTM LandSat-8 Sensor OLI da Ilha de São Luís, MA, Brasil, aprovada com cobertura máxima de 60% e qualidade mínima 6, no Software Qgis Hanover versão 3.16 após Sombreamento  $115^{\circ}$  e  $45^{\circ}$ .

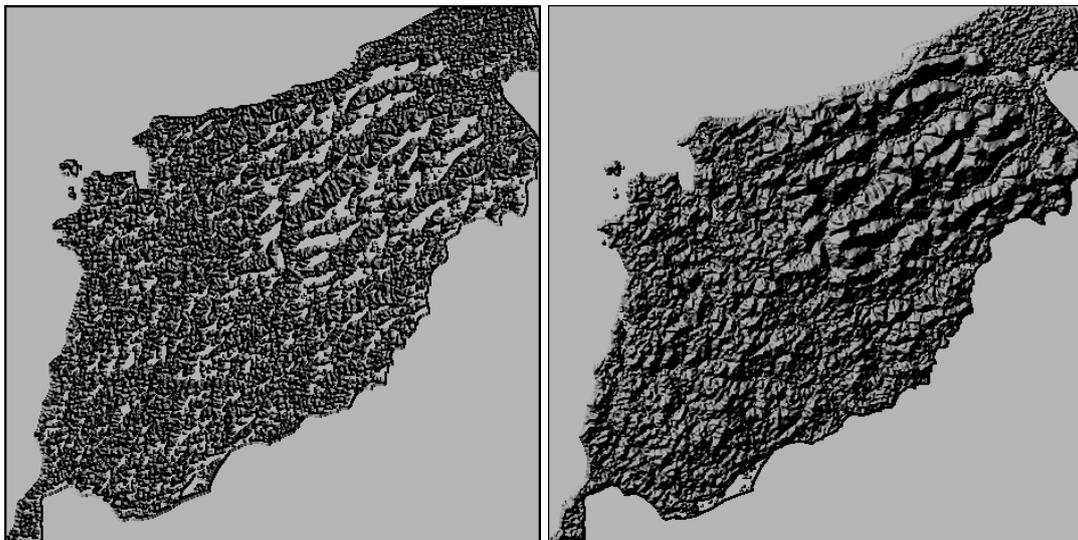


Fig 03- Imagem obtida a partir do geoprocessamento do sombreamento à 45° (direita) e 315° (esquerda) da SRTM LandSat o8.

Com o Geoprocessamento por sombreamento, foi possível trabalhar as isolinhas, produzindo shapes de curva de nível. Nota-se a cores mais claras, o ponto onde o Sol incide no relevo da ilha de São Luís-MA.

### Levantamento de Campo



96

Foto 08 – Rua dos Flamingos. À direita, sentindo Jusante do rio. Mata Ciliar a poucos metros do Rio e conjunto Habitacional à esquerda.

UTM 23 M 584348.77 m E; 9724586.65m S

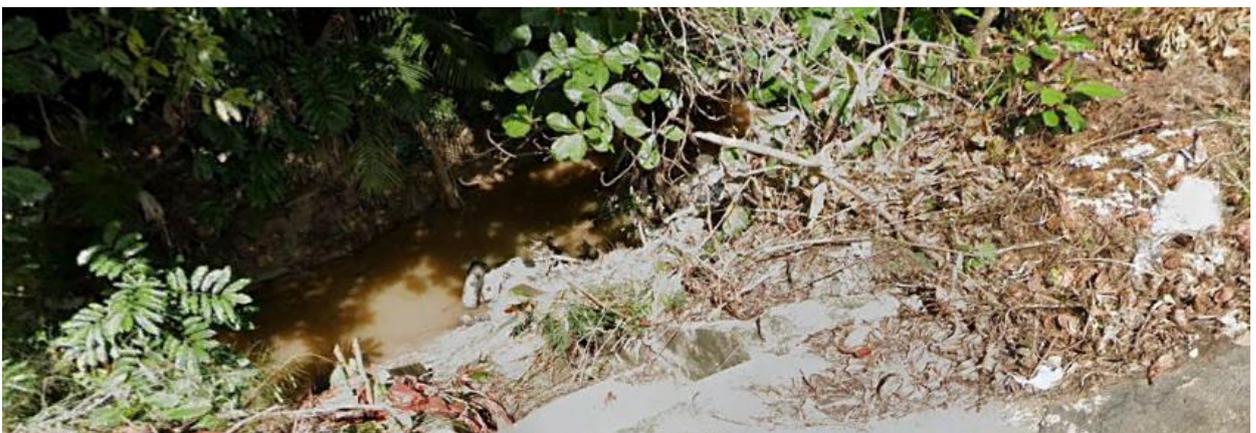


Foto 09 - Ponto de escoamento fluvial em via urbana lançado diretamente no leito do rio. Localidade Rua dos Flamingos no Parque Shalon.

UTM 23M 584342.19 m E; 9724861.03 m S



Foto 10 - Rua Jorge Nicolau, Parque Shalon. À esquerda, resíduos sólidos jogados na mata ciliar.



Foto 11 - Avenida dos Holandeses. Visada à montante do rio. Nota-se o pequeno leito do Rio, neste ponto, sem nenhuma mata ciliar e com Tubos de concreto, com rodovia asfaltada e construções de ambos os lados da margem.



Foto 12 – EEE Pimenta I- Estação Elevatória de Esgoto. Totalmente inoperante. Na desembocadura do Rio. Foto tirada em 2019.

UTM 23 M 584530.40 m E; 9725633.50 m S

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho foi possível com uso de sensores remotos, Geoprocessamento de Imagens SRTM LandSat-8 que contribuíram com informações espectrais de relevo.

Através dela foi possível produzir Shapesfiles da Rede hidrográfica da Ilha de São Luís, dentre elas a Bacia do Rio Pimenta, objeto de estudo.

Também foi possível produzir isolinhas com distância de 5m e coletar em campo pontos de lançamento de esgotos não tratados.

Apesar da CAEMA, Companhia de águas e esgotos do Maranhão possuir uma Estação de Elevatória de Esgoto, o tratamento do mesmo não é eficaz, produzindo ao longo dos anos, com o crescimento urbano naquela localidade, um fenômeno de poluição na foz do rio conhecida popularmente como Língua Negra. É quando se percebe uma mancha negra saindo da foz do rio, avançando na baía e se diferenciando da coloração da água do litoral, carregando diversas bactérias, detritos, resíduos sólidos e contaminantes diversos.

Com as técnicas implementadas de análise e geoprocessamento, foi possível fazer o mapeamento da Microbacia, gerando além dos resultados obtidos, Shapes

para consultas que será disponibilizado futuramente em rede aberta, devido à poucas informações disponíveis para estudantes e pesquisadores.

O que se percebeu em análises aos mapas e Shapes produzidos foi que há fatores negativos que interferem diretamente na Microbacia estudada.

Podemos destacar o lançamento de esgotos sem tratamento, a impermeabilidade do solo com a expansão urbana na região da microbacia do rio, impedindo que a água pluvial reabasteça o aquífero na bacia de drenagem e aumentando o volume pluvial causando enchentes e pontos de alagamento frequentes, principalmente nos meses de forte incidência de chuvas. Associa-se a isto, a supressão da mata Ciliar, que vem diminuindo consideravelmente ao longo dos anos com ocupações urbanas e especulação imobiliária, por tratar-se de uma área de alto valor comercial. A ausência de Fiscalização da legislação ambiental para áreas de APA (Áreas de Proteção Ambiental) torna esse cenário ainda mais preocupante e a falta de Políticas de conscientização local, faz deste e outros rios urbanos, canais de esgoto.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SABER NA. 1960. **Contribuição à geomorfologia do Estado do Maranhão.** Notícia Geomorfológica, 3(5): 35-45.

BRASIL, Ministério Público Federal. **AÇÃO CIVIL PÚBLICA** nº 1.19.000.002291/2017-18.

CAVALCANTE, Paulo Roberto Saraiva, TAROUCO, José Edgard Freitas e COSTA, Maria de Lourdes. **Avaliação do Nível de Mercúrio da Porção Interna do Golfão Maranhense.** In: Boletim do Laboratório de Hidrologia. Vol. 8 São Luís, EDUFMA. 1988 p. 13/22.

CPTEC-INPE. Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. 2005. **Observações e Instrumentação - Dados Automáticos - Plataformas de Coleta de Dados.** Disponível em: <<http://tempo.cptec.inpe.br:9080/PCD/>>. Acesso em: 14 fev.2021

FEITOSA, Antonio Cordeiro; TROVÃO, José Ribamar. Atlas Escolar do Maranhão: **Espaço Geo-Histórico e Cultural.** João Pessoa: Grafset, 2006.

FEITOSA, A. C. e CHRISTOFOLETTI, A. **Caracterização geomorfológica da praia do litoral norte do Município de São Luís – MA.** In: Simpósio de Geografia Física Aplicada. V.5, São Paulo, 1993. p. 231/236.

REBELO-MOCHEL F. 1997. Mangroves on São Luís Island, Maranhão Brazil. In: KJERFVE B, LACERDA LD & DIOP EHS (Ed.). **Mangrove ecosystem studies in Latin America and Africa**; UNESCO, Paris, 145-154.

MIRANTE, **Hoje em dia a gente não pode nem pisar, diz moradora.** <https://imirante.com/oestadoma/noticias/2019/03/23/rio-pimenta-hoje-em-dia-a-gente-nao-pode-nem-pisar-diz-moradora/>. Acesso dia 15 de fev.2021.

JENSEN JR. 1996. Introductory digital image processing - **A remote sensing perspective.** 2<sup>nd</sup> ed. New Jersey, Prentice Hall, Prentice Hall Series in Geographic Information Science. 318 p.

SOUZA FILHO PWM. 2005. **Costa de manguezais de macromaré da Amazônia: cenários morfológicos, mapeamento e quantificação de áreas usando dados de sensores remotos.** Revista Brasileira de Geofísica, 23(4): 427-435.

KJERFVE B & LACERDA LD. 1993. Mangroves of Brazil. In: LACERDA LD (Ed.). **Conservation and sustainable utilization of mangrove forest in Latin America and Africa regions. Part I - Latin America Mangrove Ecosystem Technical Report No. 2.** ITTO/ISME, Okinawa, 272 pp.

NUGEO, Núcleo de Geoprocessamento UEMA. Disponível em: [HTTP://nugeo.uema.br](http://nugeo.uema.br). Acesso em 15/12/2020.