



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DO MAR
CURSO DE CIÊNCIAS AMBIENTAIS

EMANUEL DE MESQUITA GOMES

AVALIAÇÃO AMBIENTAL DA FOZ DO RIACHO MACEIÓ/FORTALEZA/CEARÁ

FORTALEZA

2021

EMANUEL DE MESQUITA GOMES

AVALIAÇÃO AMBIENTAL DA FOZ DO RIACHO MACEIÓ/ FORTALEZA/ CEARÁ

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Ciências Ambientais do Instituto de Ciências do Mar da Universidade Federal do Ceará, como um dos requisitos para obtenção do título de Cientista Ambiental.

Orientador: Prof. Dra. Lidriana de Souza Pinheiro

Coorientador: Dr. Paulo Roberto Ferreira Gomes da Silva

FORTALEZA

2021

Página reservada para ficha catalográfica.

Utilize a ferramenta *online* [Catalog!](#) para elaborar a ficha catalográfica de seu trabalho acadêmico, gerando-a em arquivo PDF, disponível para download e/ou impressão.

(<http://www.fichacatalografica.ufc.br/>)

EMANUEL DE MESQUITA GOMES

AVALIAÇÃO AMBIENTAL DA FOZ DO RIACHO MACEIÓ, FORTALEZA, CEARÁ

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Ciências Ambientais do Instituto de Ciências do Mar da Universidade Federal do Ceará, como um dos requisitos para obtenção do título de Cientista Ambiental.

Aprovada em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dra. Lidriana de Souza Pinheiro (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dr. Eduardo Lacerda Barros
Programa Cientista Chefe/SEMA/FUNCAP

Prof. Dr. Paulo Roberto Silva Pessoa
Universidade Estadual do Ceará (UECE)

Dedico este trabalho aos meus pais, Suely de
Mesquita Gomes e Francisco Augusto Gomes,
e a todos os meus amigos.

AGRADECIMENTOS

A minha família pelo apoio e suporte em todos esses anos de estudos.

A minha orientadora Profa. Dra. Lidriana de Souza Pinheiro e ao coorientador Dr. Paulo Roberto Ferreira Gomes da Silva por terem me aceitado como orientando e pelo apoio incondicional no desenvolvimento do trabalho.

Ao Prof. Dr. Eduardo Lacerda Barros por ter me apresentado ao Laboratório de Oceanografia Geológica no qual foi de extrema importância para minha carreira acadêmica.

A PRAE/UFC pela Bolsa de Iniciação Acadêmica no projeto de Monitoramento Ambiental da Foz do Riacho Maceió, no qual possibilitou o desenvolvimento deste trabalho.

Aos Bolsistas Gabriel Magalhães e Larissa Oliveira pela contribuição no projeto e pelos momentos de descontração no laboratório.

Aos membros do Laboratório de Oceanografia Geológica, Regimário Filho, José Gonzaga e Francisco Gleidson por todos os conhecimentos e ensinamentos compartilhados comigo.

Agradecimentos a Profa. Oscarina Viana de Sousa, coordenadora do Laboratório de Microbiologia Ambiental e de toda a equipe do Pescado (LAMAP) pelo apoio nas análises bacteriológicas.

A todos os meus amigos do LABOMAR adquiridos durante a graduação. Em especial ao Felipe Araújo, Mateus Santos, Pedro Lucas, Rodrigo Passos e Leonardo Moura, pelos momentos de alegria e aprendizagem em sala de aula, nos campos, e, principalmente, nas reuniões étlicas ao longo destes anos.

Aos extraordinários professores da graduação em Ciências Ambientais por todas as aulas ricas em conhecimentos.

Aos membros da banca, professores. Eduardo Lacerda Barros e Paulo Roberto Silva Pessoa, pelas valiosas colaborações e sugestões.

A todos que de uma forma e de outra contribuíram com este trabalho.

“O começo de todas as ciências é o espanto de as coisas serem o que são” (Aristóteles)

RESUMO

A interferência humana no meio ambiente tem provocado de maneira acelerada o desequilíbrio e desaparecimento de alguns ecossistemas, principalmente os aquáticos, causando alterações em suas estruturas físico-químicas e biológicas. O Riacho Maceió, pertencente ao sistema hídrico Papicu/Maceió, localizado na cidade de Fortaleza, encontra-se dentro dessa realidade, apresentando um leito quase todo canalizado e com águas poluídas por esgotos domésticos, levando a uma descaracterização quanto aos aspectos morfológicos, geológicos e ecológicos. O presente trabalho tem como objetivo principal a realização de uma avaliação ambiental da Foz do Riacho Maceió, analisando os aspectos sedimentológicos e hidrológicos nos períodos chuvoso e seco. A área de estudo está localizada na foz, sendo um importante ponto de concentração de sedimentos e poluentes carreados por todo o sistema hídrico Papicu/Maceió. Para a pesquisa, foram delimitados cinco pontos de amostragem, localizados na foz do Riacho Maceió e na Praia do Mucuripe (defronte, a montante e a jusante da foz). As etapas de campo envolveram coletas de sedimentos e de água, durante os meses de junho e setembro, como indicativo do período chuvoso e seco, respectivamente. As etapas laboratoriais consistiram na caracterização granulométrica, determinação da matéria orgânica, indicação de carbonato de cálcio no sedimento e determinação da concentração de coliformes termotolerantes na água. Os resultados indicam o predomínio da fração arenosa nos cinco pontos de coleta, sendo o diâmetro médio variando de areia fina a areia média, predominando sedimentos moderadamente selecionados. Os valores de carbonato de cálcio encontrados nos sedimentos apresentaram valores mínimos de 2,76% e máximos de 9%, nas amostras dos períodos chuvoso e de estiagem. A concentração de matéria orgânica presente nos sedimentos variou de 0% a 0,96%, nos dois períodos de amostragem. Em relação a qualidade da água foram encontrados altos valores de coliformes termotolerantes variando de 1400 à 14000 NMP/100mL na estação chuvosa e de <180 a 17000 NMP/100mL na estação seca. Portanto, na área de estudo ocorre a predominância de um substrato composto por sedimentos litoclásticos de areias quartzosas, com traços de matéria orgânica. Em relação a qualidade da água, observa-se que a água está contaminada, impactando esse ecossistema e causando riscos à saúde humana, sendo necessárias algumas medidas mitigadoras para a conservação desse recurso hídrico.

Palavras-chave: Foz do Riacho Maceió. Avaliação ambiental. Sedimentos. Qualidade da água.

ABSTRACT

The human interference in the environment has provoked in an accelerated way the imbalance and disappearance of some ecosystems, mainly aquatic, causing changes in their physical-chemical and biological structures. The brook Maceio belonging to the Papicu/Maceio located in the city of Fortaleza, lies within that reality, presenting a channel almost all channeled and with water polluted by domestic sewage, leading to a mischaracterization regarding morphological, geological and ecological aspect. The present work has as main objective the realization an environmental assessment outfall of the Maceio stream, analyzing the sedimentological and hydrological aspects in rainy and dry periods. The study area is located at the outfall, being an import concentration point for sediments and pollutants carried throughout the Papicu/Maceio water system. For the research, five sampling points were defined, located at outfall of the Maceio stream and Mucuripe beach (in front, upstream and downstream of the outfall). The field stages involved sediment and water collections, during the months of June and September, as indicative of the rainy and dry period, respectively. The laboratory steps consisted of granulometric characterization, determination of organic matter, indication of calcium carbonate in the sediment and determination of the concentration of thermotolerant coliforms in the water. The results indicate the predominance fo the sandy fraction at the five collection points, the average diameter ranging from fine sand to medium sand, predominantly moderately selected sediments. The values of calcium carbonate found in sediments presented minimum values of 2.76% and maximum of 9%, in the samples of the rainy and drought periods. The concentration of organic matter present in the sediments ranged from 0% to 0.96% in the two sampling periods. Regarding water quality high values of thermotolerant coliforms were found ranging from 1400 to 14000 NMP/100mL int the rainy season and <180 to 17000 NMP/100mL int the dry season. Therefore, in the study area there is a predominance of a substrate composed of lithoclastic sediments of quarts sand, with traces of organic matter. Regarding water quality, it is observed that the water is contaminated, impacting this ecosystem and causing risks to human health, some mitigating measures are necessary for the conservation of this water resource.

Keywords: Outfall of the Maceio stream. Environmental assessment. Sediments. Water quality.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Localização da área de estudo.....	19
Figura 2	– A - Assoreamento do leito; B - Presença de galeria dentro do leito; C - Disposição de resíduos; D - Foz do riacho Maceió.....	19
Figura 3	– Mapa geológico da Foz do Riacho Maceió.....	22
Figura 4	- Mapa geomorfológica da Foz do Riacho Maceió	24
Figura 5	- Foz do Riacho Maceió, Praia do Mucuripe, Fortaleza, Ceará.....	30
Figura 6	- Aparelho GPS.....	31
Figura 7	- A: coleta de sedimentos; B: coleta de água.....	31
Figura 8	- A: Estufa; B - Rotap e jogo de peneiras; C – Forno mufla; D – Calcímetro de Bertrand modificado.....	33
Figura 9	- Tubos múltiplos.....	34
Figura 10	- Distribuição textural dos sedimentos no período chuvoso.....	36
Figura 11	- Distribuição textural dos sedimentos no período seco.....	37
Figura 12	- Distribuição dos sedimentos conforme o grau de seleção para o período chuvoso.....	38
Figura 13	- Distribuição dos sedimentos conforme o grau de seleção para o período seco	39
Figura 14	- Distribuição da concentração de carbonato de cálcio (CaCO_3) no sedimento no período chuvoso.....	41
Figura 15	- Distribuição da concentração de carbonato de cálcio (CaCO_3) no sedimento no período seco.....	41
Figura 16	- Distribuição pontual da concentração de matéria orgânica no sedimento no período chuvoso.....	43
Figura 17	- Distribuição pontual da concentração de matéria orgânica no sedimento no período seco.....	43
Figura 18	- Concentração de coliformes termotolerantes na água na estação chuvosa.....	47
Figura 19	- Concentração de coliformes termotolerantes na água na estação seca.....	48

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Precipitação na cidade de Fortaleza no ano de 2019.....	25
Gráfico 2 – Comparação do diâmetro médio dos sedimentos para o período chuvoso e seco.....	36
Gráfico 3 – Comparação do grau de seleção dos sedimentos para o período chuvoso e seco.....	38
Gráfico 4 – Distribuição dos teores de CaCO_3 nas amostras de sedimentos coletadas nos períodos chuvoso e de estiagem.....	40
Gráfico 5 – Distribuição da concentração de matéria orgânica nos sedimentos no período chuvoso e de estiagem.....	42

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Pontos de amostragem e suas coordenadas.....	30
Quadro 2 – Parâmetros sedimentológicos obtidos na Foz do Riacho Maceió e na Praia do Mucuripe.....	44
Quadro 3 – Concentração de coliformes termotolerantes na água nas estações chuvosa e seca.....	46

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CACO ₃	Carbonato de Cálcio
CO ₂	Dióxido de Carbono
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
LABOMAR	Instituto de Ciências do Mar
LAMAP	Laboratório de Microbiologia Ambiental e do Pescado
LOG	Laboratório de Oceanografia Geológica
RMF	Região Metropolitana de Fortaleza
SEMACE	Superintendência Estadual do Meio Ambiente
UTM	Universal Transversa de Mercator
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
2	OBJETIVOS.....	17
2.1	Objetivo Geral.....	17
2.2	Objetivos Específicos.....	17
3	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	18
3.1	Área de estudo.....	18
3.2	Aspectos Geológico.....	20
3.3	Aspectos Geomorfológico.....	22
3.4	Aspectos Climáticos.....	24
3.5	Aspectos Oceanográficos.....	26
3.5.1	<i>Ondas.....</i>	26
3.5.2	<i>Marés.....</i>	27
3.5.3	<i>Correntes.....</i>	27
4	MATERIAIS E MÉTODOS.....	29
4.1	Levantamento bibliográfico.....	29
4.2	Obtenção de base cartográfica e elaboração de mapas.....	29
4.3	Malha amostral e procedimentos de coleta.....	30
4.4	Etapas laboratoriais.....	32
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	35
5.1	Sedimentologia.....	35
5.2	Qualidade da água.....	44
6	CONCLUSÃO	49
	REFERÊNCIAS.....	51

1 INTRODUÇÃO

Os aspectos ambientais são considerados de fundamental importância para a saúde e bem-estar dos seres vivos que habitam o planeta. A natureza proporciona aos seres humanos alguns serviços, como: Provisão de alimentos, água para beber ou tomar banho, matéria prima para desenvolvimento de vários produtos, regulação climática, formação de solo, recreação, harmonia paisagística, etc.

A função ecossistêmica trata-se de um determinado serviço fornecido pela natureza no qual desencadeiam uma série de benefícios direta ou indiretamente que poderão ser aproveitáveis pelo ser humano (ANDRADE; ROMEIRO, 2009).

Para Odum (1988), ecossistema se caracteriza com qualquer unidade que abranja todos os organismos que funcionam em conjunto (fatores bióticos) numa dada área, que interagem com o ambiente físico (fatores abióticos) de tal forma que haja fluxo de energia entre as estruturas bióticas e uma ciclagem de materiais entre as partes vivas e não vivas.

Os ambientes de água doce, de acordo com Odum (1988), podem ser divididos em: Ecossistemas de águas paradas (lênticos), tais como lagos, lagoas e tanques; ecossistemas de águas corrente (lóticos), tais como rios, arroios e riachos; alagados, onde os níveis de água flutuam para cima e para baixo, muitas vezes sazonalmente além de anualmente, tais como os brejos e pântanos.

As atividades humanas vêm ocasionando nas últimas décadas grandes impactos nos sistemas aquáticos, causando alterações em seus meios físicos e biológicos. Grande parte desses impactos está atrelada a retirada da mata ciliar e canalização dos corpos hídricos, para que haja a ocupação e avanço imobiliário ao longo de suas margens (SILVA, 2003). Habitações em torno das margens de rios e riachos se tornam fatores preocupantes para a sociedade, pois tais residências são na maioria dos casos desprovidas de uma rede coletora de esgoto, isso faz com que ocorra o lançamento de efluentes domésticos diretamente nesses corpos hídricos, ou então indiretamente, como em casos de ligações clandestinas em galerias pluviais que deságuam em tais ambientes aquáticos. Além do despejo de efluentes, há também o lançamento de resíduos sólidos de diversas naturezas diretamente no ambiente aquático, seja pela falta de coleta seletiva do lixo ou pela própria falta de conscientização da população. Os efeitos desses despejos de esgotos nos ambientes aquáticos fazem com que ocorra a destruição de habitats e espécies aquáticas, eutrofização de corpos hídricos, mau odor, aumento da turbidez, disseminação de vetores patogênicos, etc. (SILVA, 2003).

As pessoas que moram nas margens de rios e riachos podem sofrer com as inundações provenientes dos períodos chuvosos, alagando e destruindo suas residências, tornando-se expostos a contaminação por agentes biológicos patológicos presentes nas águas contaminadas, ocasionando uma série de doenças, destacando-se: cólera, tifo, paratifo, amebíase, hepatite, esquistossomose e doenças de pele (SILVA, 1993). O Riacho Maceió, localizado na cidade de Fortaleza, encontra-se dentro dessa realidade, apresentando um leito quase todo canalizado e com águas poluídas por esgotos domésticos, levando a uma descaracterização quanto aos aspectos morfológicos, geológicos e ecológicos.

Os riachos são ambientes suscetíveis a impactos antrópicos negativos e são definidos como rios de pequena ordem, com possíveis áreas de inundação em períodos chuvosos e gradientes de poções, remansos e corredeiras com rochas e pedras (ESTEVES; ARANHA, 1999).

O Riacho Maceió apresenta sua nascente totalmente canalizada, transformada em uma rede de galerias pluviais, dificultando sua localização. O Riacho faz parte do Complexo Hídrico Papicu/Maceió, composto ainda pela lagoa do Papicu e pelo riacho Papicu, sendo alvo das mais variadas formas de agressões ambientais, como o lançamento de efluentes domésticos, disposição de lixo de diversas naturezas e desmatamento de suas margens, ocasionando um processo marcante de poluição, assoreamento e redução do leito (SILVA, 2003).

O Complexo Hídrico Papicu/Maceió, de acordo com o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano, é considerado uma sub-bacia hidrográfica pertencente à bacia da Vertente Marítima, localizada na faixa litorânea do município de Fortaleza (FORTALEZA, 1992). O Sistema hídrico drena águas provenientes dos bairros Papicu e Varjota, além de parte dos bairros Mucuripe, Meireles, Aldeota, Dionísio Torres, Cocó, Cidade 2000, Lourdes e Vicente Pinzon; tendo uma área de drenagem de 9,67 Km² (MAIA, 2010).

A área de estudo da pesquisa é a foz do Riacho Maceió, localizada na praia do Mucuripe, em frente a avenida Beira-Mar. A escolha dessa área se deu devido a foz ser um ponto no qual todas as águas drenadas pelo seu curso d'água desaguam em outro ambiente aquático, que nesse caso, consiste na Praia do Mucuripe. A influência que a foz do Maceió desempenha na praia é de fundamental importância, pois além do aporte de água proveniente de chuvas, pode carrear efluentes domésticos e resíduos sólidos, alterando a paisagem e qualidade das águas destes ambientes. Sendo assim, o trabalho busca a realização de uma avaliação ambiental da área foco do estudo, com base nos dados coletados.

O trabalho se dividirá em seis capítulos, sendo o primeiro a introdução, no qual cita a importância dos ecossistemas, os impactos humanos sobre os corpos hídricos, informa sobre o Complexo Hídrico Papicu/Maceió, indica a escolha da área de estudo e explica como será a divisão do trabalho. No segundo capítulo há a apresentação dos objetivos, tanto o geral como o específico propostos pela pesquisa. O terceiro capítulo refere-se a uma caracterização da área de estudo, trazendo informações básicas sobre a área de estudo, envolvendo os aspectos geológicos, geomorfológicos, climáticos e oceanográficos. Já o quarto capítulo, aborda os materiais e métodos, trazendo informações como levantamento bibliográfico, a obtenção de base cartográfica e elaboração de mapas, os procedimentos de coletas e as etapas laboratoriais. O quinto capítulo trata-se dos resultados e discussões, onde serão analisados os resultados das análises sedimentológicas e da qualidade das águas coletadas nos cinco pontos de amostragem. Por fim, o sexto capítulo traz as considerações finais da pesquisa e sugestões para uma melhor conservação da área.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Realizar uma avaliação ambiental da foz do Riacho Maceió analisando os aspectos geológicos e o grau de poluição bacteriológica da água.

2.1 Objetivos Específicos

- Caracterizar os aspectos físicos, climáticos e oceanográficos da área de estudo;
- Realizar uma caracterização granulométrica e geoquímica dos sedimentos da área de estudo;
- Avaliar o grau de contaminação bacteriológica da água na foz do Riacho Maceió;
- Avaliar as condições de balneabilidade da Praia do Mucuripe localizada defronte à foz do Riacho Maceió;
- Propor medidas e ações mitigadoras em função da problemática analisada.

3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

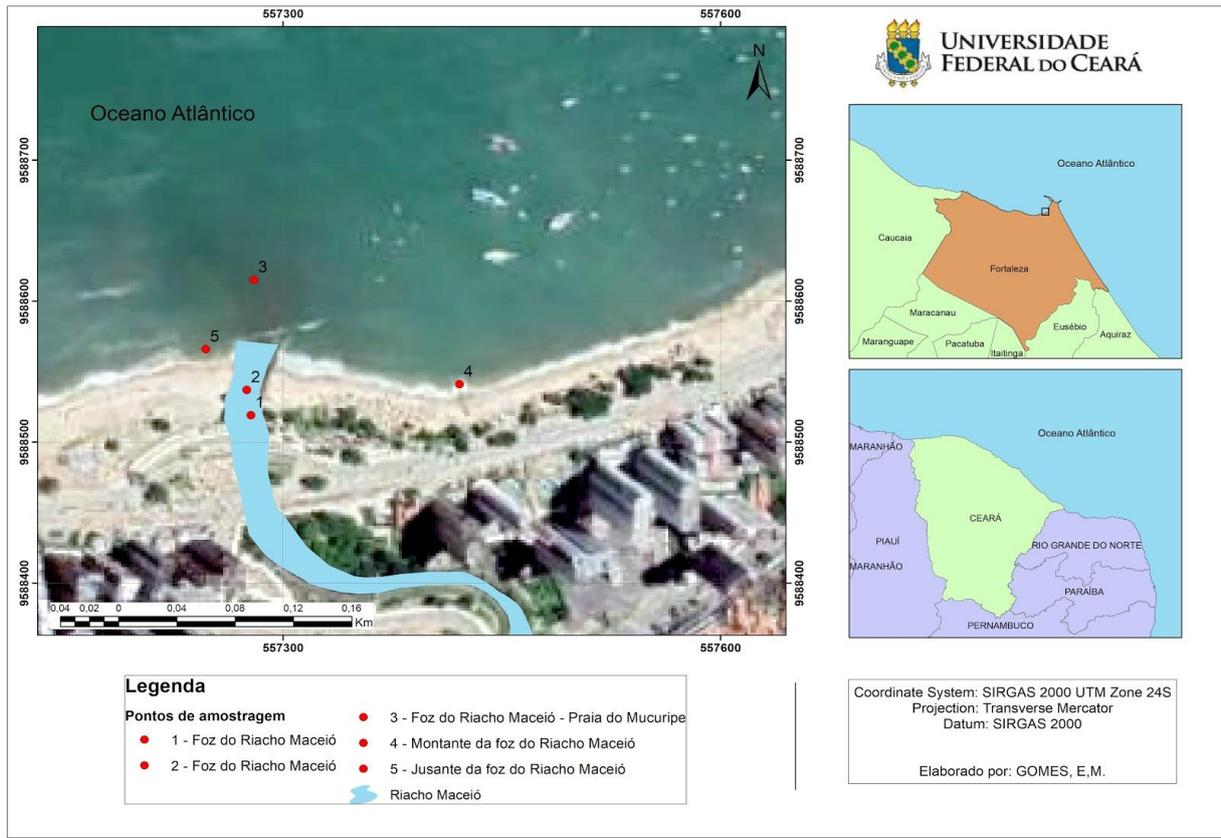
3.1 Área de estudo

A área de estudo compreende a Foz do Riacho Maceió, situada na praia do Mucuripe, próximo a estátua de Iracema, em frente a Avenida Beira-Mar, no litoral de Fortaleza (Figura 1). A escolha do local se deu devido a esse ponto ser o exultório do Complexo Hídrico Papicu/Maceió, no qual é uma sub-bacia hidrográfica que faz parte da bacia da Vertente Marítima, drenando os bairros Papicu e Varjota, além de parte dos bairros Mucuripe, Meireles, Aldeota, Dionísio Torres, Cocó, Cidade 2000, Lourdes e Vicente Pinzon.

A foz do Riacho Maceió torna-se uma importante área de estudo devido a ser um ponto de concentração de sedimentos e poluentes carreados de todo o sistema hídrico Papicu/Maceió. Além disso, foi observado em seu leito a presença de lançamento de efluentes domésticos, disposição de lixo de diversas naturezas, desmatamento de suas margens, assoreamento e redução do leito (Figura 2).

Para a pesquisa, foi delimitado cinco pontos de amostragem; o primeiro e o segundo localizados na foz do Riacho Maceió, o terceiro situado na Praia do Mucuripe defronte à foz, o quarto e quinto situam-se a montante e a jusante da foz, respectivamente.

Figura 1: Localização da área de estudo



Fonte: Autor, 2020.

Figura 2: A - Assoreamento do leito; B - Presença de galeria dentro do leito; C - Disposição de resíduos; D - Foz do riacho Maceió.



Fonte: Autor, 2020.

3.2 Aspectos geológicos

Segundo Silva (2012), o litoral de Fortaleza é constituído de material geológico do período terciário (Formação Barreiras) e recoberto por material do Quaternário (areias praias, eólicas, fluviomarinhas e dunas). Na área de estudo, existe a representação de sedimentos da formação barreiras, depósitos marinhos praias, depósito paludial e depósitos eólicos litorâneos (Figura 3).

A Formação Barreiras, da época miocênica superior a pleistocênica, distribui-se como uma faixa de largura variável acompanhando a linha de costa e à retaguarda dos sedimentos eólicos antigos e atuais, às vezes aflora na linha de praia, formando falésias vivas, a exemplo da praia de Iparana. Na porção oriental da Região Metropolitana de Fortaleza (RMF) chega a penetrar até cerca de 30 km em direção ao interior, constituindo o trecho mais largo da faixa. Sua espessura também é bastante variável, em função do seu relacionamento com a superfície irregular do embasamento, sobre o qual repousa em discordância erosiva angular. Litologicamente, é formada por sedimentos areno-argilosos, não ou pouco litificados, de coloração avermelhada, creme ou amarelada, muitas vezes de aspecto mosqueado, com granulação variando de fina a média e contendo intercalações de níveis conglomeráticos. Horizontes lateríticos, sem cota definida, são frequentes e estão associados à percolação de água subterrânea (BRANDÃO, 1995).

Maia (2010) cita em sua pesquisa que a Formação Barreiras não aflora no sistema Hídrico Papicu/Maceió, mas é um importante componente na formação deste sistema, pois sua composição areno-argilosa forma uma camada impermeável sob os corpos hídricos dificultando a infiltração da água para as camadas mais profundas do solo, permitindo seu acúmulo na superfície, formando a lagoa e os cursos fluviais.

Os depósitos marinhos são constituídos por sedimentos marinhos arenosos, depositados pela deriva litorânea, no qual são constantemente mobilizados devido a ação eólica e retrabalhados pela abrasão marinha na faixa praias (MARINO; FREIRE; FILHO, 2012). Esses sedimentos foram gerados durante o período de regressão Holocênica Superior a Inferior, além das variações sazonais de maré, com predomínio dos processos erosivos durante a baixa-mar, reflexo da intensa dinâmica que a morfologia de praia que é induzida até o presente (CEARÁ, 2016). Existem outras feições associadas a essa unidade geológica que são os terraços marinhos e cordões litorâneos que sofrem mesma dinâmica, além dos arenitos de praia (beachrocks).

De acordo com Marino; Freitas; Filho, (2012) a litologia dessa unidade geológica é constituída, predominantemente, por areias médias, apresentando grãos de quartzo subarredondado e de esfericidade média. Porém, a granulometria tende a variar de areia grossa a fina, podendo ocorrer ocasionalmente a presença de grânulos e seixos próximos a desembocadura de rios, abundantes restos de conchas, matéria orgânica e minerais pesados.

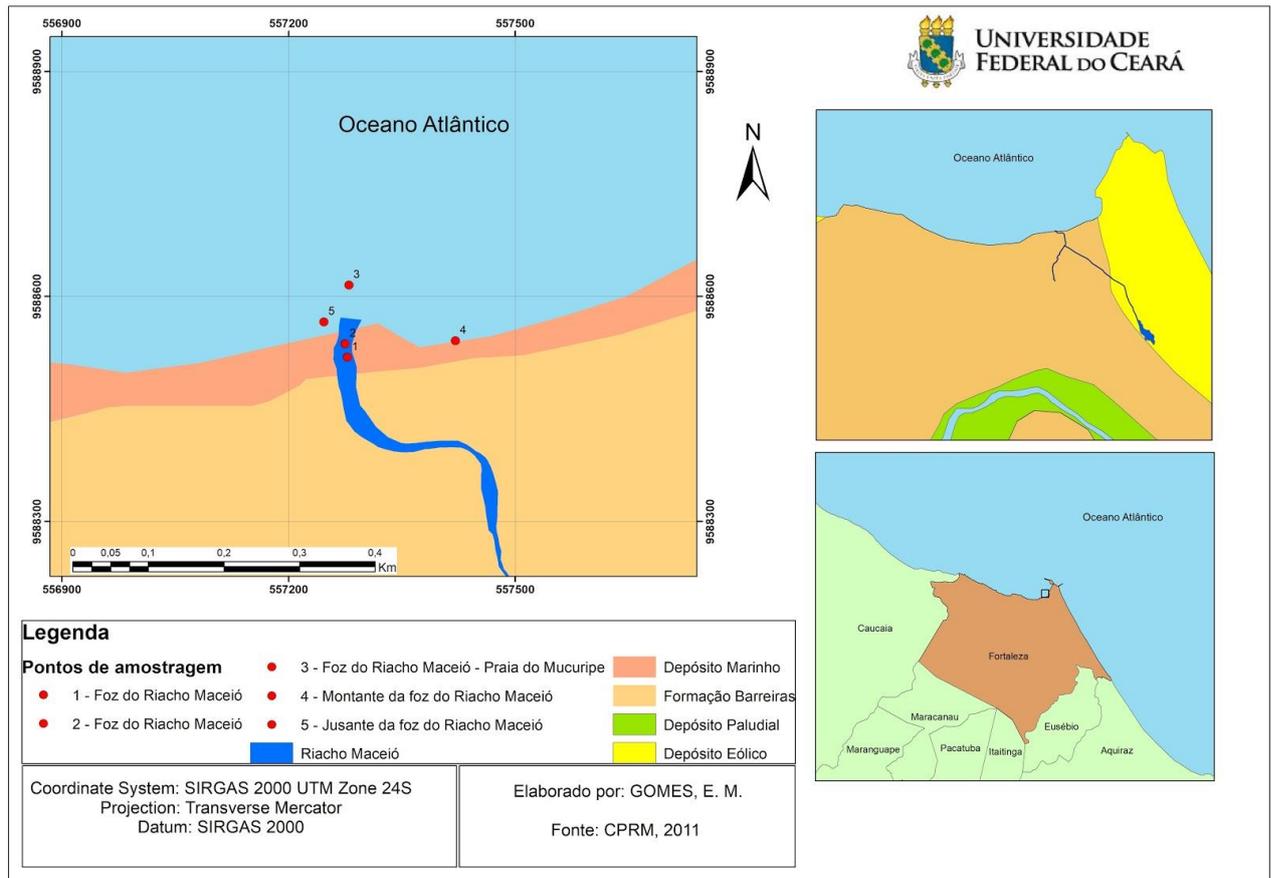
Os depósitos Paludiais têm origem no Holoceno Superior e Inferior e, segundo Marino; Freitas; Filho, (2012), estão atrelados aos processos naturais de colmatção dos corpos aquosos costeiros que vão sendo vegetados à medida que as lâminas d'água diminuem. São ambientes complexos que se caracterizam por sofrerem influência periódica das oscilações de maré e dos processos continentais, formado por sedimentos argilo-areno-siltosos, ricos em matéria orgânica em suas áreas de inundação e vegetação de mangue.

Sua morfologia é caracterizada como de Planície Flúvio-marinha e algumas vezes de Planície Lagunar, quando da formação lagunas costeiras que estão conectadas com a rede fluvial, podendo ou não apresentar conexão com o oceano, já que as variações de maré tendem a colmatar essa conexão (CEARÁ, 2016).

Os depósitos eólicos apresentam gêneses datada do Holoceno Superior a Inferior, de acordo com Marino; Freitas; Filho, (2012), estando relacionados às variações climáticas ocorridas no final do Pleistoceno e do Holoceno, durante fase de regressão marinha, quando a acumulação de sedimentos foi mais importante em função da emersão da plataforma continental. Já nos períodos de transgressão, esses sedimentos teriam sido transportados em direção à plataforma continental.

A constituição litológica desse depósito é, predominantemente, composta por sedimentos com característica areno-quartzosa, de granulometria fina a média, selecionadas por transporte eólico, estando geralmente sobreposto a uma litologia mais antiga associada a Formação Barreiras por exemplo, quando o sistema dunar recobre os Tabuleiros Pré-litorâneos. Esse depósito é representado por morfologia de Dunas Frontais, Dunas Móveis, Dunas Fixas, Semi Fixas, Depressão Interdunar e Planícies de Deflação Ativa e Estabilizadas.

Figura 3: Mapa geológico da Foz do Riacho Maceió



Fonte: Autor (modificado de CPRM, 2011), 2020.

3.3 Aspectos Geomorfológicos

Segundo Silva (2003), as feições geomorfológicas do complexo hídrico Papicu/Maceió podem ser agrupadas em dois domínios principais: os Glacis (Tabuleiros) Pré-litorâneos e a Planície Litorânea. Os glacis pré-litorâneos, compreendem os taludes de fracos declives, distribuídos gradativamente do interior para o litoral (Formação Barreiras), enquanto a planície litorânea, inclui os campos de dunas, as praias e a planície flúvio-marinha, comportando ainda terrenos pertencentes à Depressão Sertaneja (RIBEIRO; CAVALCANTE; COLARES, 2000).

Para Brandão; Freitas (2014), a planície litorânea abrange uma estreita, mas extensa franja ao longo do litoral cearense, invariavelmente posicionada entre a linha de costa e os Tabuleiros Costeiros. Esta unidade apresenta um diversificado conjunto de padrões de relevo deposicionais de origem eólica, fluvial e marinha, dentre os quais destacam-se: os campos de dunas e as planícies fluviomarinhas.

As planícies fluviomarinhas são as planícies que sofrem influência marinha, fluvial e pluvial. Apresentam-se em contato com o oceano, sendo frequentemente cobertas por águas marinhas (CEARÁ, 2016). Estas áreas são geralmente chamadas de estuários, onde há a mistura de água doce dos rios e lagos, com a água salgada do mar. São ambientes criados pela deposição de sedimentos predominantemente argilosos e ricos em matéria orgânica, podendo ocorrer a existência de manguezais (BRANDÃO, 1995).

As praias são ambientes formados pela acumulação de areia, seja por transporte marinho ou fluvial. De acordo com Brandão (1995), formam-se um depósito contínuo, alongado por toda a extensão da costa, desde a linha de maré baixa até a base das dunas móveis. Pode ocorrer ainda a presença de beach rocks ou arenitos de praia, que são formações presentes nas praias, oriundos de sedimentos de praia cimentados por carbonato de cálcio e magnésio. Para Silva (2012), esses ambientes são os mais instáveis e dinâmicos, pois estão em constante mudança em relação a sua morfologia devido à ações de ondas, correntes, marés e também, das atividades antrópicas.

As dunas são formações eólicas construídas a partir do retrabalhamento de areias marinhas da planície costeira e da plataforma continental interna rasa, sob domínio de ventos alísios do quadrante leste, em clima semiárido (BRANDÃO; FREITAS, 2014). Tais formações estão distribuídas por todo litoral cearense, paralela a linha da costa e avançando para seu interior, formadas por areias quartzosa, com granulação fina a média e bem selecionada, apresentando coloração clara.

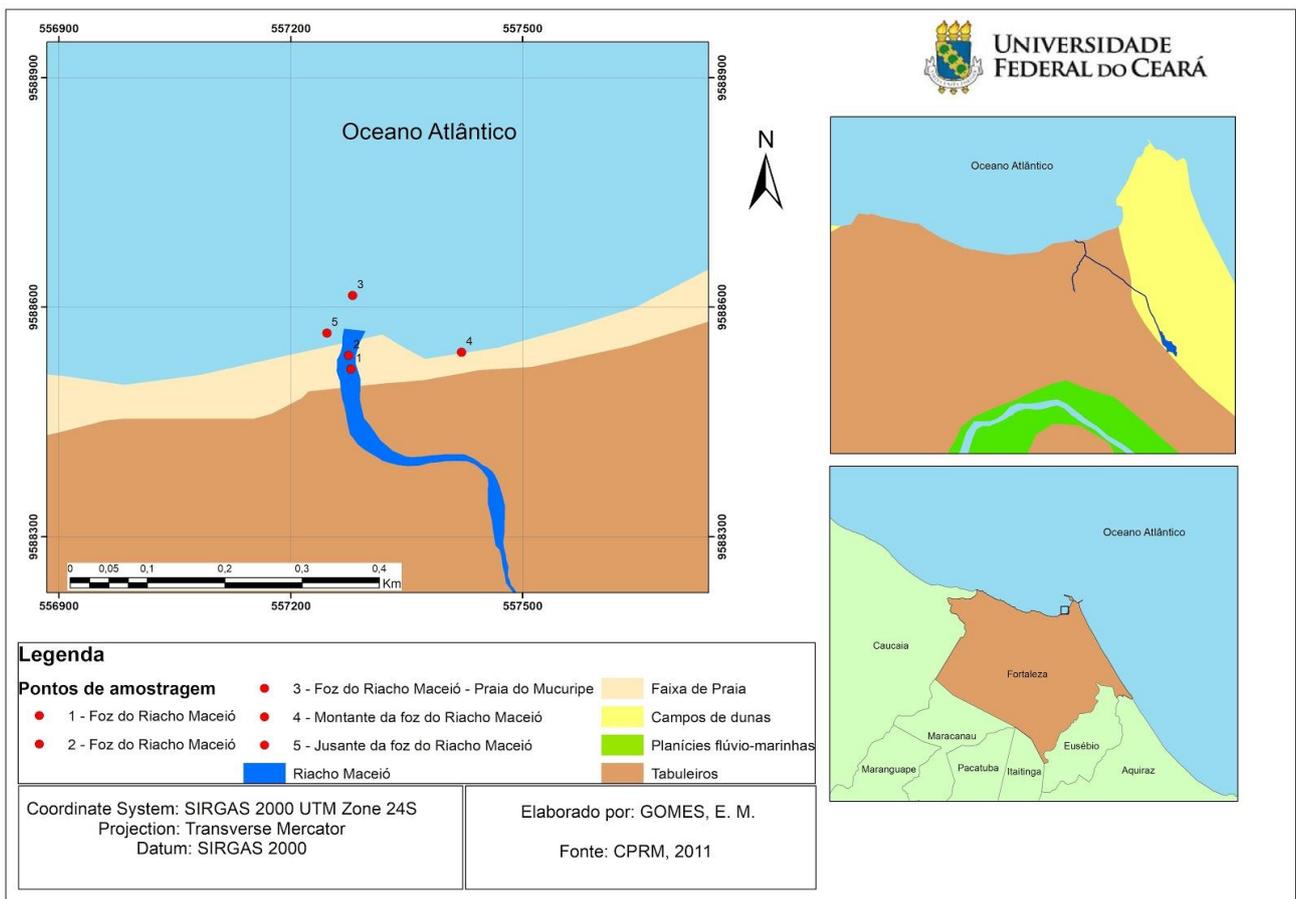
Silva (2003) cita que os campos de dunas contribuem para o barramento das drenagens que possuem descargas deficientes, obstruindo os seus exultórios, ocasionando uma série de lagoas costeiras. Ele indica que no setor SE-NW do litoral de Fortaleza encontra-se duas configurações de dunas bem definidas: As dunas estabilizadas que dominam os setores adjacentes aos estuários dos rios Pacoti e Cocó e as dunas móveis, que ocupam faixas maiores entre os dois estuários, alargando-se em direção a Ponta do Mucuripe.

As dunas móveis são ambientes mais recentes, caracterizadas pela ausência de vegetação (podem apresentar vegetação pioneira) e ocorrem mais próximo à linha de praia, onde a ação dos ventos é mais intensa. Já as dunas fixas são mais antigas, situadas a retaguarda das dunas mais recentes, desenvolvendo processo pedogenéticos, apresentando cobertura vegetal de maior porte.

Os Glacis (Tabuleiros) pré-litorâneos se originaram de depósitos sedimentares Cenozóicos e são caracterizados na porção litorânea pela Formação Barreiras e Formação Camocim (CEARÁ, 2016). Consistem em formas de relevo tabulares, com topos extensos e

planos, esculpidas em rochas sedimentares, em geral pouco litificadas, com predomínio de processos pedogenéticos e formação de solos espessos e bem drenados, com baixa suscetibilidade à erosão nas áreas de topo e moderada a forte nas vertentes (BRANDÃO; FREITAS, 2014). Essa unidade está compreendida, junto ao litoral, pelas planícies costeiras e, em direção ao interior, pelas superfícies aplainadas da Depressão Sertaneja. Conforme Ceará (2016) as unidades apresentam feições geomorfológicas com amplitude de relevo entre 20 e 50 m e declividade 0 a 5°, podendo aflorar no litoral na forma de falésias. A Figura 4 mostra o mapa geomorfológico da Foz do Riacho Maceió.

Figura 4: Mapa geomorfológico da Foz do Riacho Maceió.



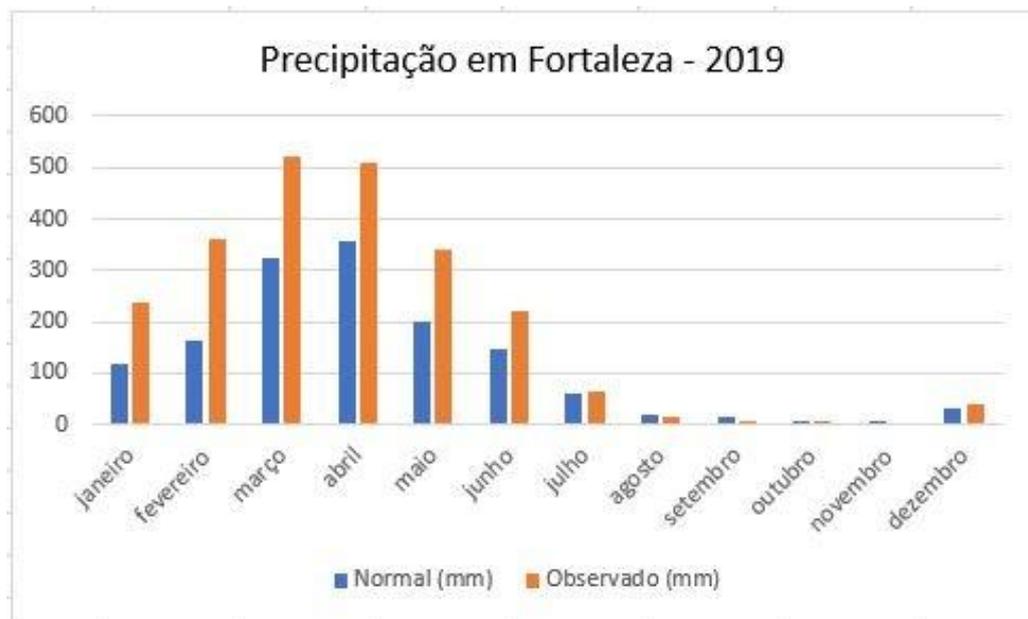
Fonte: Autor (modificado de CPRM, 2011), 2020.

3.4 Aspectos climáticos

Fortaleza apresenta um clima tropical quente sub-úmido, com valores de precipitação média anual de 1.338 mm, sendo a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) o principal sistema atmosférico responsável pela quadra chuvosa. A pluviosidade na cidade de

Fortaleza apresenta variabilidade ao longo do ano, ocorrendo no primeiro semestre o período de maior concentração de chuvas, equivalente aos 90% anuais de precipitação, distribuídos de forma irregular no território, sendo abril o mês mais chuvoso. Já no segundo semestre ocorre a época de estiagem, caracterizada por baixa precipitação e altas temperaturas (Gráfico 1). Por sua proximidade à linha do equador, as temperaturas mensais na RMF, têm uma amplitude de variação anual relativamente pequena, apresentando temperaturas médias de 26 a 28 °C.

Gráfico 1: Precipitação na cidade de Fortaleza no ano de 2019.



Fonte: FUNCEME, 2019.

A ZCIT consiste em uma banda de nuvens, formada na área de baixa latitude onde ocorre a confluência dos ventos Alísios provenientes de sudeste com aqueles provenientes de nordeste, criando uma ascendência das massas de ar que são normalmente úmidas, sobreposta ao equador térmico, migrando entre os hemisférios ao longo do ano (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007). No Nordeste, a ZCIT provoca chuvas de verão-outono, período no qual se encontra em sua posição mais meridional, resultando em uma maior convecção e aumento das instabilidades atmosféricas. Durante os meses de dezembro a abril o deslocamento da ZCIT em direção sul, faz com que os alísios de NE se aproximem da costa e provoque chuvas mais intensas. Situação contrária ocorre em julho a novembro, onde o deslocamento da ZCIT para o norte, faz com que ocorra o período de estiagem.

Os ventos exercem um papel fundamental no litoral do nordeste, haja vista a acumulação de dunas e praias arenosas ao longo da costa do Ceará. Sua associação aos fluxos

hidrodinâmicos é fundamental ao transporte de sedimentos ao longo de todo litoral do estado do Ceará (MORAIS, 2006).

A zona costeira do Estado do Ceará é submetida pela contínua circulação atmosférica subequatorial dos ventos alísios, sendo intensificada pelas brisas marinhas. As velocidades dos ventos na zona costeira apresentam valores superiores aos locais mais distantes da costa. No litoral de Fortaleza há a penetração direta dos ventos alísios em direção preferencial Leste-Oeste e Nordeste-Sudeste, agindo durante quase todo o ano com velocidades médias de 4,2m/s (SILVA, 2012). De acordo com Lima (2005), a alternância dos períodos chuvoso e seco, causado pela migração da ZCIT, coincide na sazonalidade nas velocidades dos ventos, onde no período seco (entre agosto a dezembro) os ventos alísios e as brisas marinhas atingem seus maiores valores, em contrapartida, no período chuvoso esses valores são menos intensos.

3.5 Aspectos Oceanográficos

De acordo com Fachine (2007), as ondas, marés e correntes constituem as principais forças atuantes na morfogênese litorânea, sendo responsáveis por mecanismos de transporte, deposição e erosão ao longo da faixa litorânea.

3.5.1 Ondas

As ondas podem ser formadas por contato do vento com a superfície do oceano, formando cristas cuja altura e periodicidade refletem a intensidade dos ventos, ou, podem ser geradas por transmissão de energia ao oceano através de terremotos, explosão vulcânica ou escorregamento de terra das margens ou fundo do oceano, tais ondas são denominadas de *tsunamis* (SAES et al, 2018). A altura da onda aumentada conforme: a velocidade do vento aumenta; o vento sopra por mais tempo; aumento da distância na qual o vento sopra na superfície da água (PRESS et al, 2006).

As ondas transmitem energia e executam a maior parte do trabalho de esculturação das paisagens costeiras. A altura da onda determina a energia potencial, enquanto o movimento das partículas individuais de água, quando a onda passa, é a medida de energia cinética da onda; os sedimentos do fundo do mar movem-se para frente e para trás e absorve energia da água em movimento (CHRISTOFOLETTI, 1974).

Segundo Morais (1980) e Pinheiro *et al.* (2016), as ondas mais frequentes do litoral de Fortaleza pertence ao quadrante E-SE responsáveis pelo transporte das areias no sentido de leste a oeste, enquanto as menos frequentes pertencem ao quadrante NE, sendo as mais perigosas do ponto de vista erosivos, responsáveis pela maior parte do transporte frontal de sedimentos.

De acordo com Maia (1998) as ondas do litoral fortalezense são do quadrante E-SE e do tipo *sea*, isto é, ondas altamente irregulares, produzidas e influenciadas diretamente pelo vento local, soprando sobre a superfície do mar. Apresentam altura média significativa de 1,1m, frequência de 5s e período de 15m, representando cerca de 94,2% no litoral. Já as ondas de NE são do tipo *swell*, que são ondas mais suaves aproximando-se da forma sinusoidal, propagando-se fora do local da ação do vento que as cria, tendo períodos superiores a 10s e correspondendo a 0,28% no litoral.

3.5.2 Marés

A ação das marés representa um papel relevante na morfodinâmica e hidrodinâmica costeira, principalmente no sentido de ampliar a área de ataque das ondas, gerando correntes em estuários, canais lagunares e em águas rasas próximas à costa, além de apresentar importância para o transporte de sedimentos. (MORAIS, 2006).

A maré é o movimento de subida e descida do nível do mar periodicamente ao longo do dia, sendo influenciadas diretamente pela rotação da terra e pela interação gravitacional formada pelo sistema Terra-Lua-Sol. Morais (1980) explica que as marés de Fortaleza são ondas semi-diurnas, caracterizadas por duas preamares e duas baixa-mares ao longo de um dia lunar (24h 50min), com desigualdade de amplitudes, e período médio de 12,4 horas. Em Fortaleza as marés são classificadas como de mesomaré, semi-diurnas e com amplitude que podem alcançar 3,3m (PINHEIRO *et al.*, 2016).

3.5.3 Correntes

A corrente resultante no litoral de Fortaleza é originada unicamente pela ação constante dos ventos, sendo permanentemente orientada pelos ventos da direção noroeste a 80°. Sua velocidade é abaixo de 1 nó, porém sofre variações dependendo da intensidade dos ventos e posicionamento das marés. Foi constatado que suas velocidades decrescem com a profundidade, havendo, no entanto, uma zona de maior intensidade a 2m de profundidade,

onde alcançam 55cm/s, já na zona superficial permanecem, a maior parte do tempo em 40cm/s (MORAIS, 1980).

De acordo com Maia (1998), a deriva litorânea desloca-se com velocidade média de 0,45m/s com direção dominante de E e SE.

Essa corrente ocorre quando as ondas se aproximam obliquamente, os sedimentos passam a ter uma trajetória em zig zag, transportados para cima e para o lado e no refluxo da onda eles são transportados direto para baixo sem movimento lateral (SILVA, 2012). O acúmulo de pequenos transportes laterais provoca uma grande movimentação de material, localizando-se entre a zona de surf e a linha de costa, sendo responsável pela modelagem da costa e determinando o tipo de perfil de cada praia.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Levantamento bibliográfico

A pesquisa bibliográfica é um procedimento de fundamental importância na elaboração de trabalhos científicos, pois permite a comparação, análise e aquisição de novas informações relacionadas à temática abordada no estudo. O levantamento bibliográfico foi realizado por meio de consultas a livros, jornais, artigos científicos, relatórios, legislações, teses e dissertações, tanto em meios eletrônicos, quanto impresso, abordando os seguintes temas: aspectos geomorfológicos e geológicos das paisagens, características climáticas e oceanográficas da RMF, ecologia, sistema hídrico Papicu/Maceió, qualidade dos corpos hídricos, sedimentologia, dentre outros.

4.2 Obtenção de base cartográfica e elaboração de mapas

A base cartográfica foi obtida através de uma imagem de satélite extraída do *software* Google Earth utilizando coordenadas geodésicas. As imagens do *software* são captadas por vários satélites, gerando como produto uma imagem final a partir da junção de mosaico de imagens aéreas.

A partir da obtenção da imagem que situa a área de estudo, foi realizado no *software* de SIG, o georreferenciamento da imagem utilizando o sistema de coordenadas UTM (Universal Transversa de Mercator). A escolha desse sistema se deu por essa ser uma área de grande escala, permitindo a localização de um ponto na superfície do mapa de forma mais precisa, facilitando o cálculo das distâncias entre dois pontos, em virtude que esses são dados em metros. O datum utilizado foi o SIRGAS 2000 - Zona 24S, sendo esse o datum oficial utilizado no Brasil. O sistema geodésico ou datum, é um conjunto de cálculos matemáticos utilizados para estabelecer uma correlação entre o geóide e o elipsóide, escolhendo um elipsóide que melhor se ajuste ao geóide local, facilitando o cálculo das coordenadas.

Após o georreferenciamento, foi elaborado um mapa base da área de estudo, no qual foi plotado todos os pontos de amostragens e identificado a foz do Riacho Maceió. Este mapa serviu como base para a elaboração de mapas temáticos com a função de auxiliar o entendimento do assunto abordado e permitindo uma comparação espaço-temporal das variáveis envolvidas.

4.3 Malha amostral e procedimentos de coleta

Os pontos de amostragem foram estabelecidos durante um diagnóstico de campo para identificar quais eram os pontos mais críticos e representativos da confluência do Riacho Maceió com a Praia do Mucuripe (Figura 5).

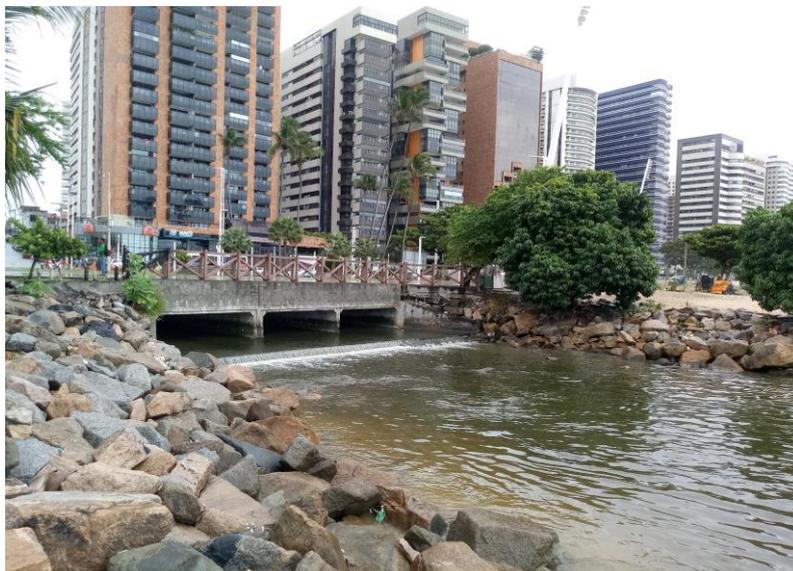
A localização dos pontos de amostragens se deu por meio de um aparelho de GPS Portátil, modelo Etrex 10 Garmin (Figura 6). Sendo assim, foram estabelecidos cinco pontos, cujas coordenadas em UTM estão representados no Quadro 1. Os pontos estão localizados na foz e na Praia do Mucuripe (defronte, a montante e a jusante da foz). As coletas foram feitas durante o mês de junho e setembro, visando uma avaliação temporal dos parâmetros ambientais estudados na foz do Riacho Maceió durante as estações chuvosa e seca, respectivamente.

Quadro 1: Pontos de amostragem e suas coordenadas.

Pontos	Nome	Latitude	Longitude
1	Foz do Riacho Maceió	557278	9588519
2	Foz do Riacho Maceió	557275	9588537
3	Praia do Mucuripe - defronte à foz Riacho Maceió	557280	9588615
4	Praia do Mucuripe - montante da foz do Riacho Maceió	557421	9588541
5	Praia do Mucuripe - jusante da foz do Riacho Maceió	557247	9588566

Fonte: Autor, 2020.

Figura 5 - Foz do Riacho Maceió, Praia do Mucuripe, Fortaleza, Ceará.



Fonte: Autor, 2020.

Figura 6 - Aparelho GPS.



Fonte: Autor, 2020

As amostragens de sedimentos foram realizadas nos cinco pontos utilizando-se um amostrador de sedimento tubular por gravidade do tipo Kajak (Figura 7-A), em profundidades de aproximadamente 0,5 m, durante o período de maré baixa. Após a coleta, os sedimentos eram colocados em sacolas plásticas, devidamente identificadas, para posteriormente serem analisadas no Laboratório de Oceanografia Geológica (LOG), do Instituto de Ciências do Mar (LABOMAR).

Na coleta de água para a determinação da quantidade de coliformes termotolerantes, foram utilizadas garrafas de vidro Âmbar esterilizadas, com volume de 1 litro (Figura 7-B). A coleta era realizada no mesmo dia da coleta de sedimentos, em uma profundidade de aproximadamente 0,5 m. As análises laboratoriais eram feitas no Laboratório de Microbiologia Ambiental e do Pescado (LAMAP), do LABOMAR.

Figura 7 - A: coleta de sedimentos; B: coleta de água. (17/06/2019)



Fonte: Autor, 2020.

4.4 Etapas laboratoriais

As análises dos sedimentos correspondem à granulometria, determinação das concentrações de matéria orgânica e carbonato de cálcio, e foram realizadas no Laboratório de Oceanografia Geológica do LABOMAR.

Os procedimentos granulométricos no laboratório foram os seguintes: (a) secagem das cinco amostras em recipientes de vidro que foram levados para estufa a uma temperatura de 60°C por aproximadamente 3 dias (Figura 8-A); (b) quarteamento manual da amostra; (c) pesagem das 100g destinadas ao peneiramento; (d) lavagem de 100g; (e) secagem da amostra à 60°C por 3 dias; (f) peneiramento dos sedimentos (Figura 8-B). Após o peneiramento, os valores de sedimentos retidos em cada peneira eram pesados e seus valores anotados em fichas de análise granulométrica. Os valores obtidos foram inseridos no computador utilizando o *software* ANASED, versão 5.0 (Lima *et. al.*, 2001), para obtenção dos parâmetros estatísticos de cada amostra, obtendo-se os valores de diâmetro médio segundo Wentworth (1922) e grau de seleção conforme Folk; Ward (1957).

Para obtenção do teor de matéria orgânica, optou-se pelo uso do método gravimétrico, devido sua facilidade e alta reprodutividade. Eram pesadas e colocadas 2g de amostras dos sedimentos em cadinhos de porcelana, no qual seriam levados ao forno mufla a 450°C por 2h para que houvesse a combustão da matéria orgânica (Figura 8-C). Após a retirada dos cadinhos da mufla, ocorria uma nova pesagem para avaliar a quantidade de matéria orgânica que queimou, nessa forma, fazia-se um simples cálculo matemático para descobrir os valores em porcentagem, na seguinte expressão:

$$[\text{MO}] = (\text{mc} \times 100) / \text{ms}$$

Onde:

mc = massa perdida após a calcinação

ms = massa do sedimento

Os teores de carbonato de cálcio (CaCO₃) foram obtidos pelo método do Calcímetro de Bertrand modificado. Inicialmente, ocorreu a pesagem de 0,5g de sedimento, no qual foram inseridos em um kitassato adaptado com um tubo de ensaio ligado a um sistema de provetas onde existe certa porção de água (Figura 8-D). Ocorreu também a pesagem de 0,5g de CaCO₃ que foi colocada em um único kitassato para utilizá-lo com a

amostra branco. Adiciona 2 ml de ácido clorídrico (HCl) diluído a 10% nos tubos de ensaio acoplados ao kitassato, sem molhar a amostra. Em seguida, entornou-se vagarosamente o kitassato para que o HCl entrasse em contato com a amostra (sedimento ou CaCO_3). A reação libera dióxido de carbono (CO_2), fazendo com que a coluna d'água dentro das provetas se desloque, onde o volume deslocado pela reação de cada amostra é comparado por regra de três com o valor do branco, que possui teor de carbonato conhecido de 99% e dessa forma, obteve-se o teor para cada amostra.

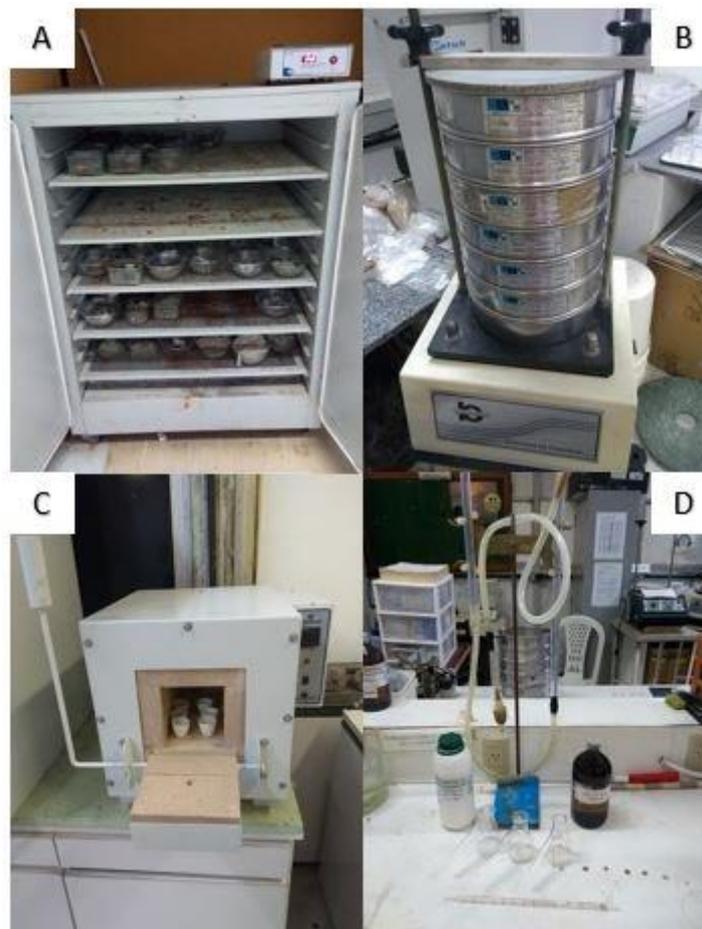
$$[\text{CaCO}_3] = \text{vs} \times 99 / \text{vb}$$

Onde:

vs = volume deslocado pela reação com o sedimento

vb = volume deslocado pela reação com o branco

Figura 8: A - Estufa; B - Rotap e jogo de peneiras; C - Forno mufla; D- Calcímetro de Bertrand modificado.



Fonte: Autor, 2020.

Para a determinação da concentração de coliformes termotolerantes presentes na água, foi utilizado a técnica de fermentação em tubos múltiplos (Figura 9), realizadas pelo Laboratório de Microbiologia Ambiental e do Pescado do LABOMAR.

Foram utilizados 4 grupos de tubos, cada um contendo 5 réplicas, onde um grupo continha amostra da água bruta (sem diluições) e nos outros 3 grupos houve a diluição da amostra (diluição a -1, a -2 e a -3). A diluição foi feita da seguinte maneira: (a) 1 ml da água bruta foi diluída em 9 ml de solução salina, 0,85% de sais (diluição a -1); (b) 1 ml da diluição -1 foi diluída em 9 ml de solução salina (diluição a -2); (c) 1 ml da diluição -2 foi diluída em 9 ml de solução salina (diluição a -3). Após a etapa de diluição, os tubos foram levados para estufa por 2 dias. Em seguida, os tubos foram submetidos a luz ultravioleta para identificação dos microrganismos já citados.

Figura 9 - Tubos múltiplos



Fonte: Autor, 2020

5 Resultados e Discussões

5.1 Sedimentologia

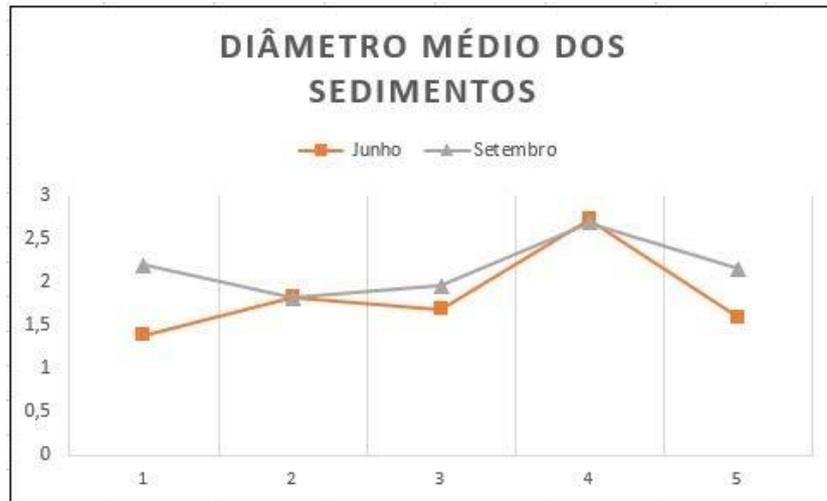
Os sedimentos marinhos apresentam grande variabilidade, tanto em forma como em composição. Existem como fragmentos líticos (produtos de desintegração derivados dos vários tipos de rochas continentais intemperizadas); carapaças de organismos marinhos (tanto animais como vegetais); na forma de sais (óxidos e hidróxidos precipitados da água do mar); cinza vulcânica, ou ainda como partículas cósmicas, oriundas do espaço exterior. Os sedimentos podem ser constituídos de partículas minerais, tais como o quartzo (sílica inorgânica), ou orgânicas, como o carbonato de cálcio oriundo de fragmentos de conchas (CALLIARI, 2015).

Os sedimentos marinhos podem se originar do continente, sendo transportados até o oceano por rios, ventos ou geleiras (sedimentos alóctones), mas também podem ser formados e depositados no próprio oceano (autóctones). De acordo com Calliari (2015), a textura dos sedimentos fornece elementos que podem trazer uma série de informações, como: o tipo de intemperismo predominante (físico ou químico), o modo e direção do transporte, a natureza do ambiente deposicional e as mudanças ocorrentes desde a sua deposição.

As análises granulométricas realizadas nos cinco pontos na área de estudo revelam que na primeira etapa de coleta (período chuvoso) os sedimentos apresentaram uma variação do diâmetro médio de 1,3798 a 2,7227 na escala phi (ϕ), havendo assim um predomínio de acordo com Wentworth (1922) de areias médias em 80% das amostras, com 20% representados por areia fina. Já na segunda etapa (período de estiagem), houve a variação do diâmetro médio entre 1,8101 a 2,6799 ϕ , ocorrendo a predominância de 60 % de areias finas, restando 40% de areias médias. É válido salientar que não houve a presença de siltes e argilas na área amostral. Relacionando a granulometria da área com a energia do ambiente, conclui-se que possivelmente a região é caracterizada por ser um ambiente de média energia.

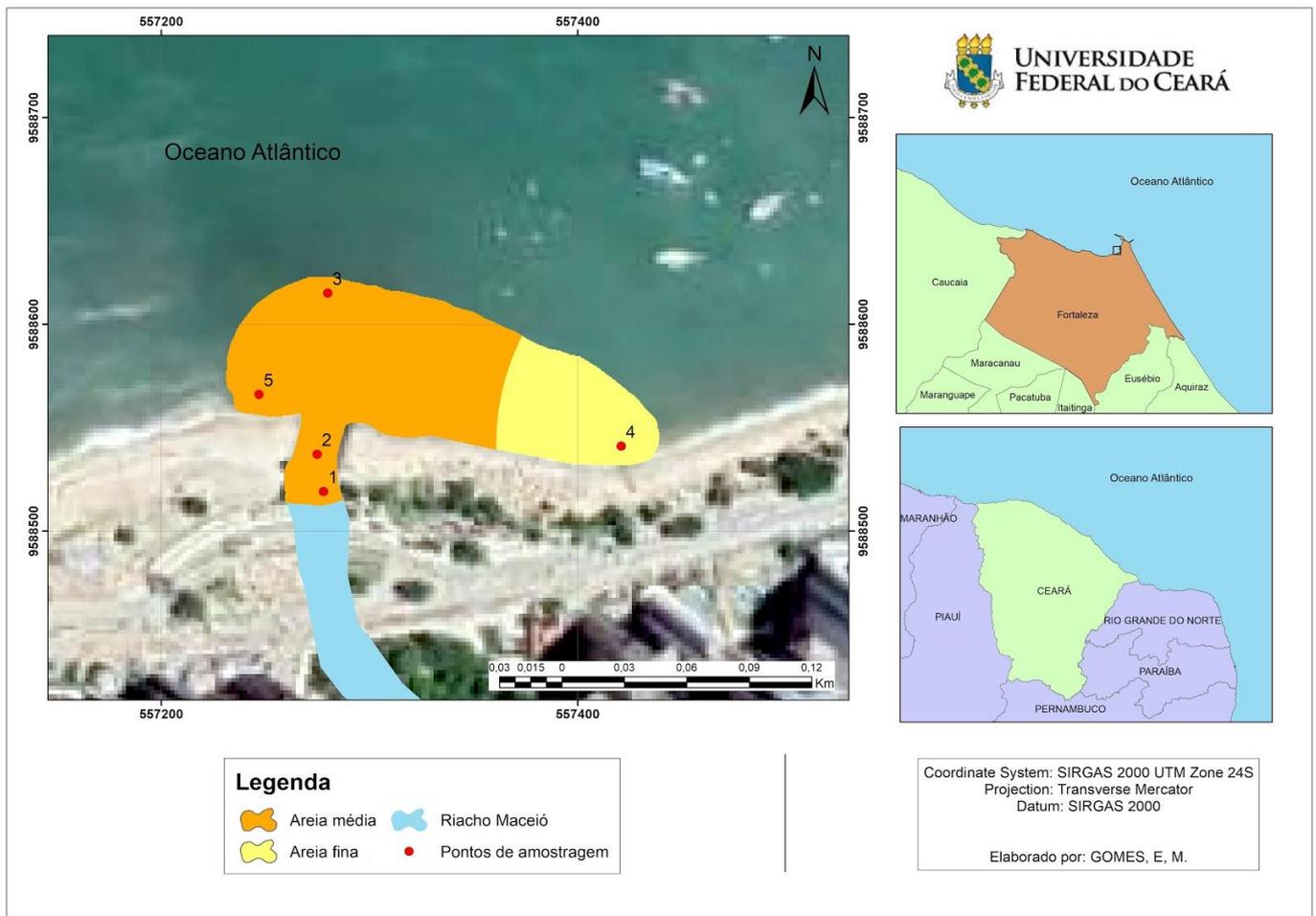
O Gráfico 2 mostra a comparação entre os diâmetros médios do sedimento para os dois períodos de coleta. As figuras 10 e 11 mostram, respectivamente, a distribuição textural dos sedimentos na área de estudo para o período chuvoso e seco.

Gráfico 2: Comparação do diâmetro médio dos sedimentos para o período chuvoso e seco.



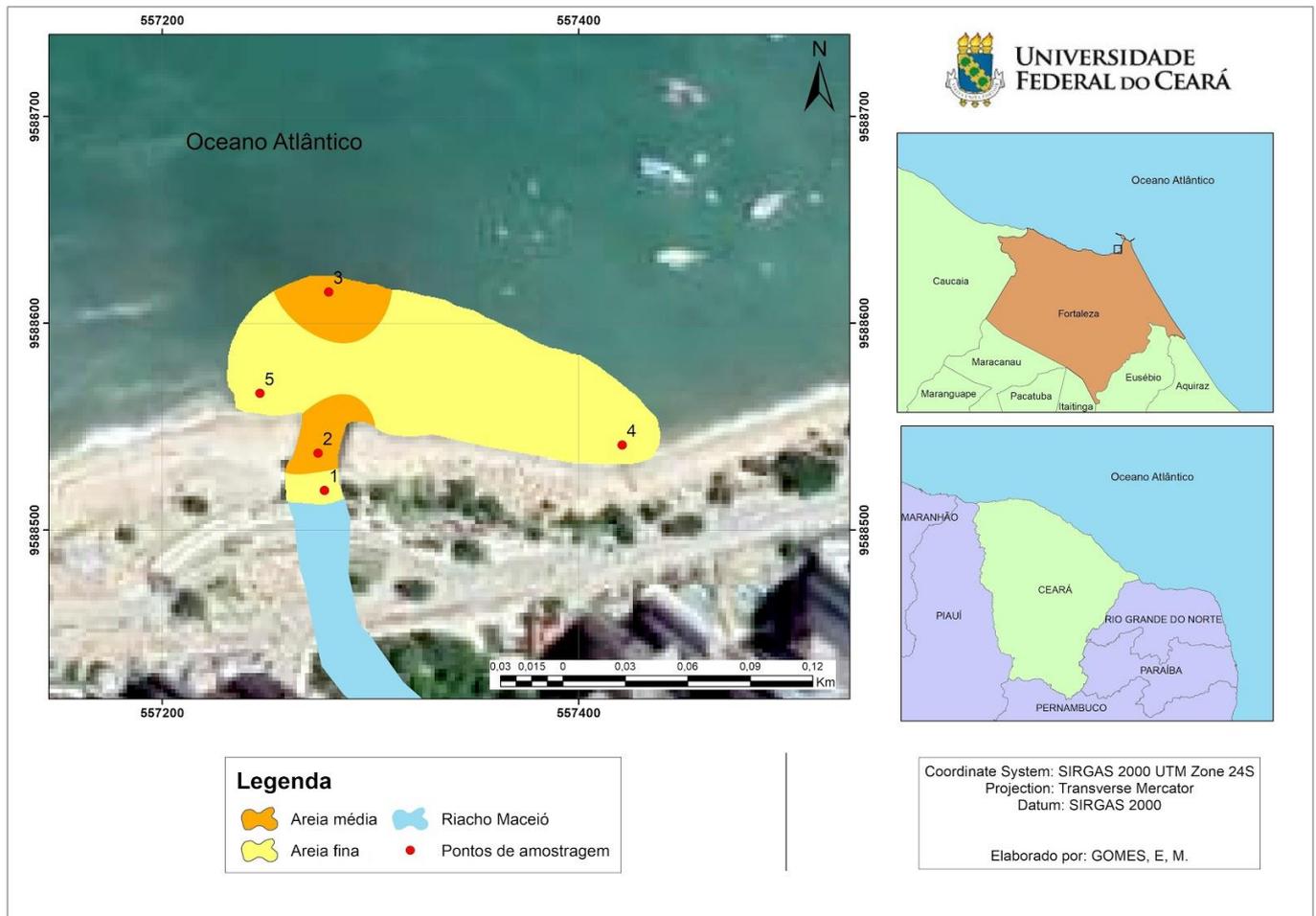
Fonte: Autor, 2020.

Figura 10: Distribuição textural dos sedimentos no período chuvoso (17/06/2019).



Fonte: Autor, 2020.

Figura 11: Distribuição textural dos sedimentos no período seco (16/09/2019).



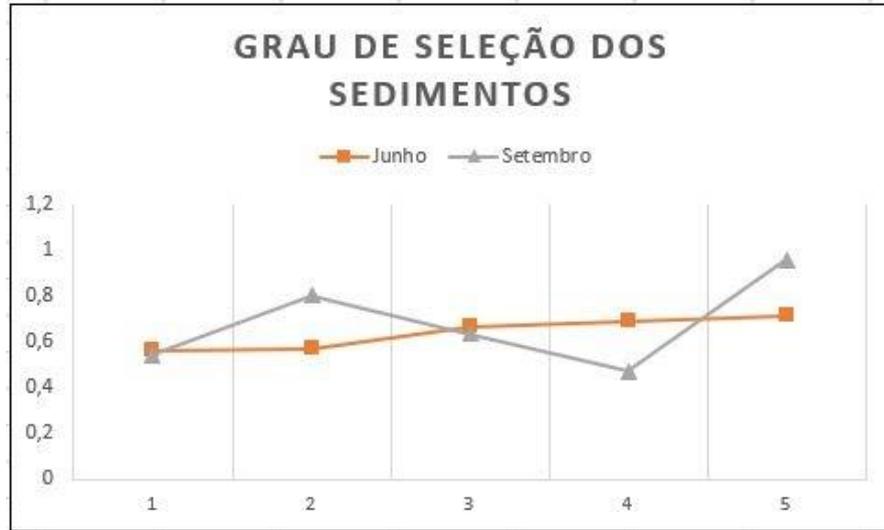
Fonte: Autor, 2020.

Conforme cita Barros (2014), o grau de seleção dos sedimentos indica os agrupamentos das partículas em torno da média do tamanho do grão, ou seja, pode-se através dele indicar o grau de calibração do sedimento. Os valores são dados na forma de desvio padrão em relação à média, sendo valores maiores que 1.0 a curva se apresenta mais dispersa em relação à curva normal, gerando sedimentos pobremente selecionados, todavia, desvio padrões menores que 0.5 terão curvas menos dispersas que a normal resultando em sedimentos bem selecionados.

Nas análises para a primeira etapa de coleta foi constatada uma variação entre 0,5629 a 0,712 no grau de seleção dos sedimentos, sendo classificados de acordo com Folk; Ward (1957) como sedimentos moderadamente selecionados em 100% das amostras. Contudo, na segunda etapa foi diagnosticado uma variação de 0,4698 a 0,958 no grau de seleção, ocorrendo em 80% das amostras a presença de sedimentos moderadamente selecionados e 20% composto por bem selecionados. O Gráfico 3 representa a comparação do

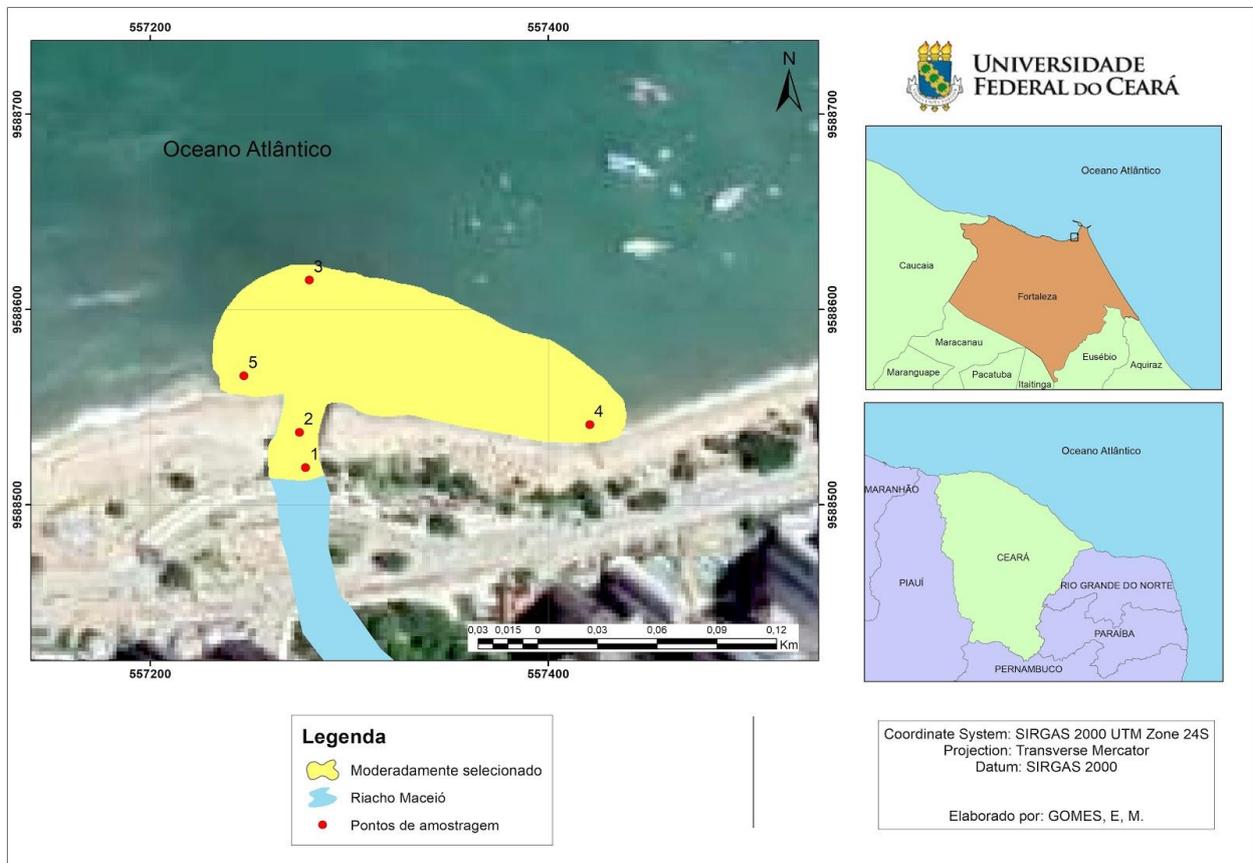
grau de seleção dos sedimentos para os dois períodos. Já as figuras 12 e 13 indicam a distribuição espacial do grau de seleção para a época chuvosa e seca, respectivamente.

Gráfico 3: Comparação do grau de seleção dos sedimentos para o período chuvoso e seco.



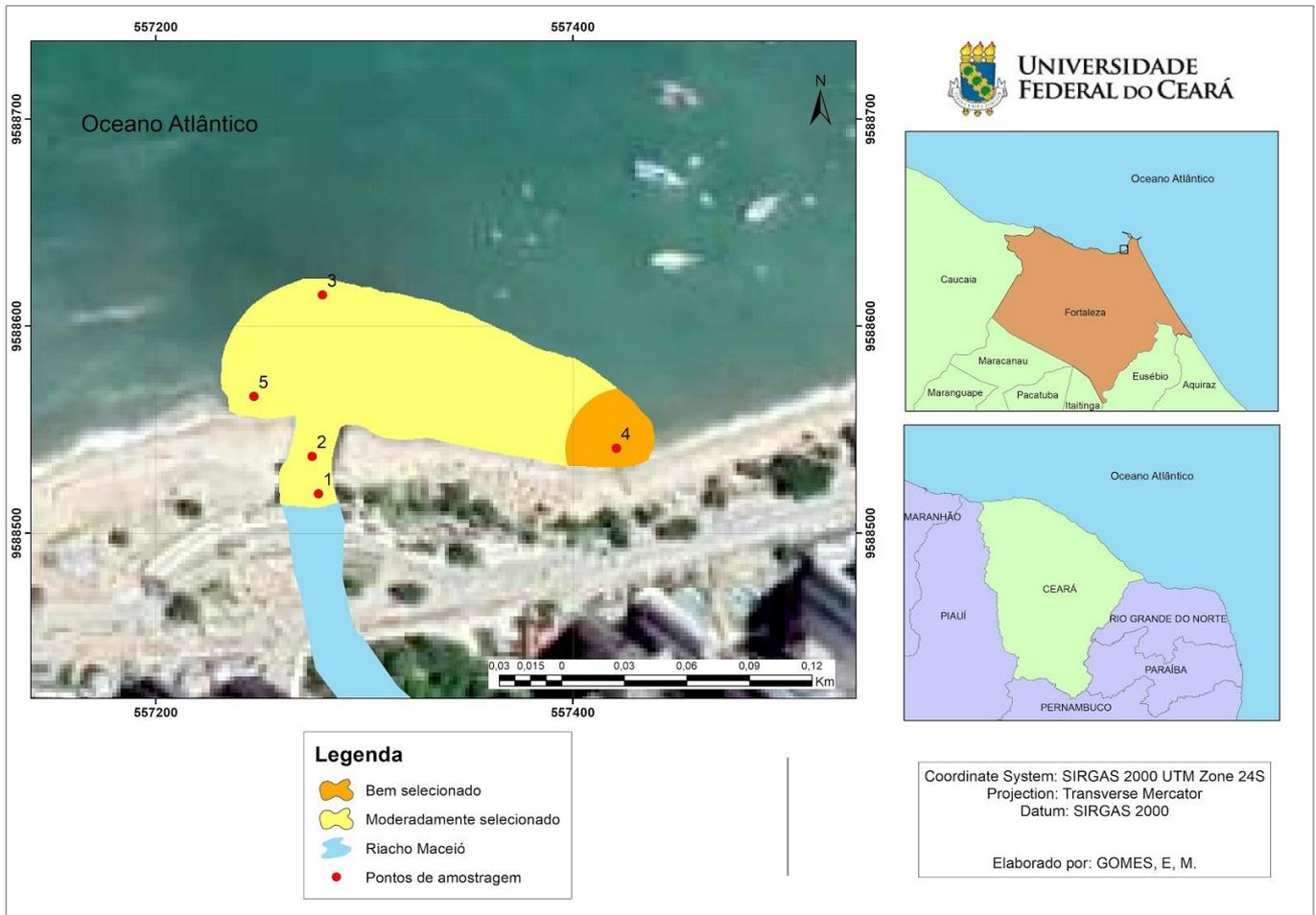
Fonte: Autor, 2020.

Figura 12: Distribuição dos sedimentos conforme o grau de seleção para o período chuvoso (17/06/2019).



Fonte: Autor, 2020.

Figura 13: Distribuição dos sedimentos conforme o grau de seleção para o período seco (16/09/2019).

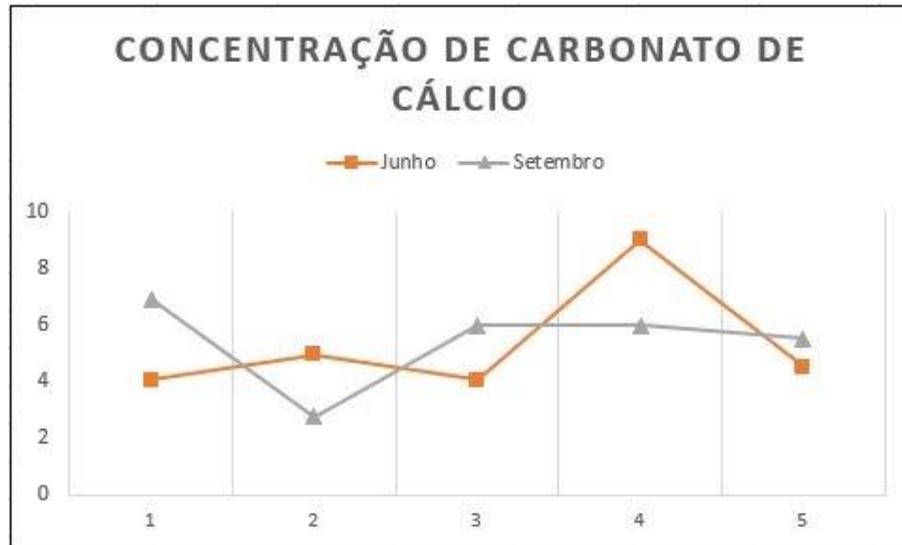


Fonte: Autor, 2020.

Nos oceanos o carbonato de cálcio (CaCO_3) é o principal sal de carbonato encontrado, representando mais de 95% do teor de carbonato total encontrado nos sedimentos (SOARES, 2017). Segundo Saes et al (2018) os sedimentos clásticos carbonáticos (ou biogênicos) são produzidos diretamente através da intermediação de processos biológicos e bioquímicos, ou mesmo, pela precipitação direta a partir da água do mar. O tamanho do grão não representa a energia das ondas e correntes, pois os grãos são gerados no local, dentro da própria bacia de sedimentação pela biota. O carbonato de cálcio se encontra nos sedimentos principalmente na forma de conchas de foraminíferos, algas calcárias, pterópodes, moluscos, briozoários, cocólitos e corais, podendo estar presente em forma de calcita ou aragonita.

A determinação de carbonato de cálcio serve para indicar a composição dos sedimentos presentes na praia e a influência do aporte de sedimentos oriundos do continente em direção ao litoral. Os teores de CaCO_3 nas amostras da primeira etapa apresentaram valores que variaram de 4,05% até 9%, em contrapartida, na segunda etapa os valores passaram a variar entre 2,76% a 6,9%, como pode ser observado no Gráfico 4.

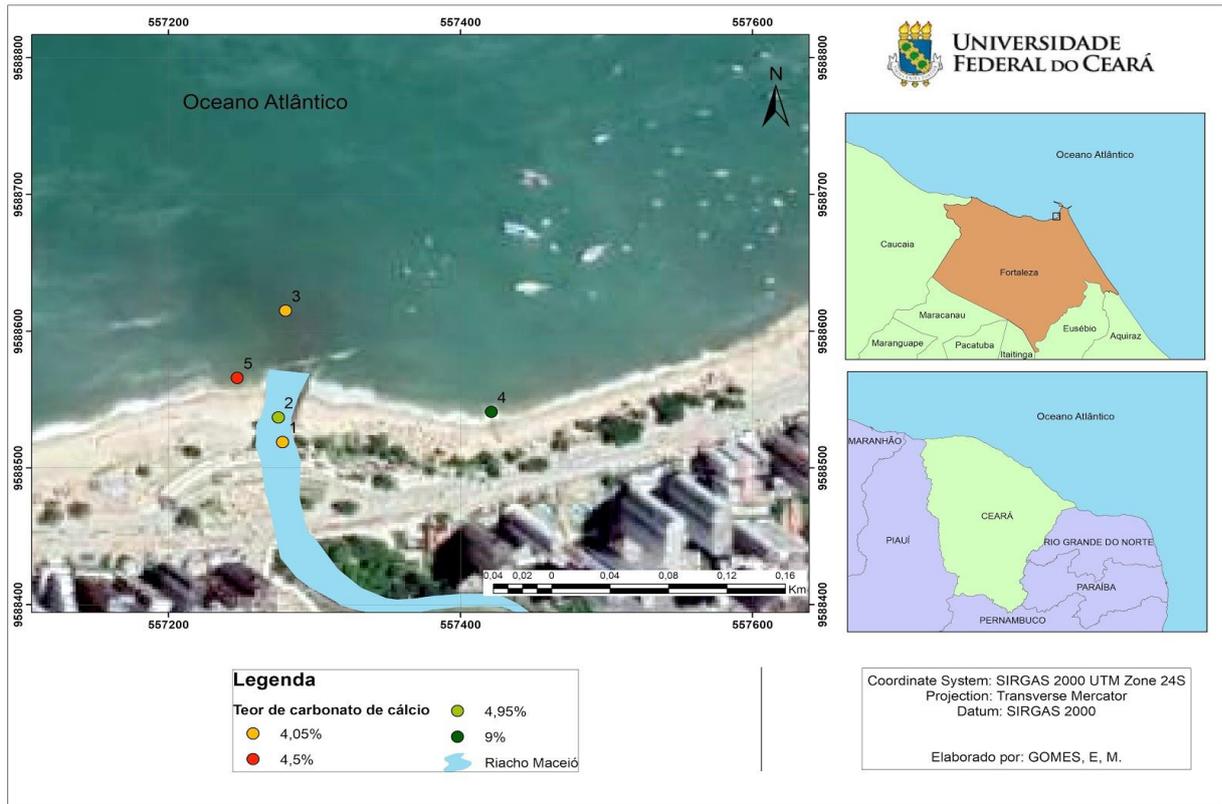
Gráfico 4: Distribuição dos teores de CaCO_3 nas amostras de sedimentos coletadas nos períodos chuvoso e de estiagem.



Fonte: Autor, 2020.

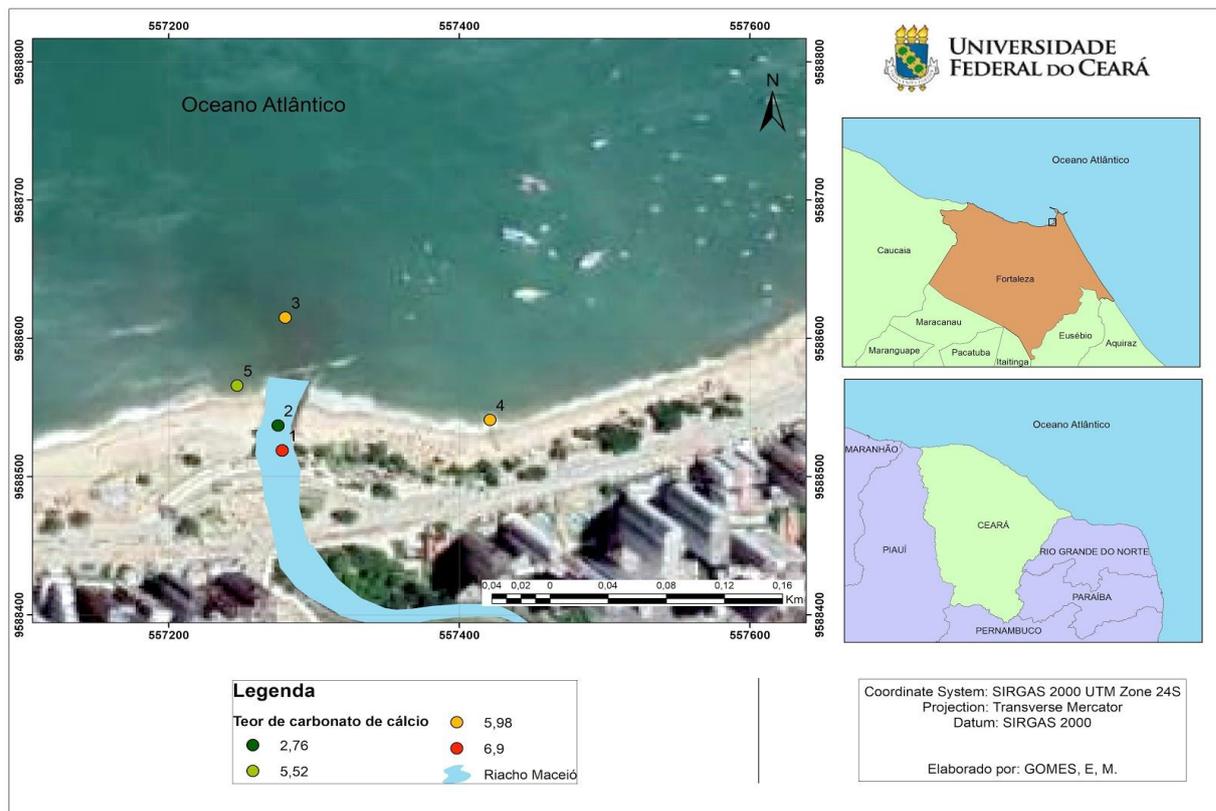
De acordo com a classificação de Larsonneur (1977) e aos resultados obtidos em campo, foi constatado que o substrato da área de estudo é formado por sedimentos litoclásticos, pois esses apresentam teores de carbonato de cálcio $< 30\%$. Os sedimentos litoclásticos são originados pela ação do intemperismo e erosão sobre rochas, podendo ser transportados para os ambientes litorâneos e marinhos por agentes continentais (rios, geleiras, vento) ou mesmo por eventos de escorregamentos de encostas (SILVA; JUNIOR; BREHME, 2000). As figuras 14 e 15 mostram a distribuição pontual dos teores de carbonato de cálcio nas amostras de sedimentos coletadas no período chuvoso (junho/2019) e seco (setembro/2019).

Figura 14: Concentração de carbonato de cálcio (CaCO₃) no sedimento no período chuvoso (17/06/2019).



Fonte: Autor, 2020.

Figura 15: Concentração de carbonato de cálcio (CaCO₃) no sedimento no período seco (16/09/2019).



Fonte: Autor, 2020.

A matéria orgânica presente nos corpos d'águas é um aspecto de fundamental importância nos estudos da qualidade desses ambientes, sendo a causadora do principal problema de poluição das águas: o consumo do oxigênio dissolvido pelos microrganismos nos seus processos metabólicos de utilização e estabilização da matéria orgânica. Os principais componentes orgânicos são os compostos de proteína, os carboidratos, a gordura e os óleos, além da uréia, surfactantes, fenóis, pesticidas e outros compostos traços (VON SPERLING, 2005).

A matéria orgânica presente nos sedimentos pode estar relacionada a diferentes fontes, podendo ser fontes exógenas ou autóctones. As fontes exógenas são provenientes, muitas vezes, do lançamento de esgotos sanitários, resíduos sólidos, restos de alimentos, dentre outros compostos, oriundos de atividades humanas, que às vezes ocorre de forma ilegal. Já as fontes autóctones são relacionadas aos processos naturais, como a ação de organismos produtores primários, e, também, pela ação decompositora dos microrganismos.

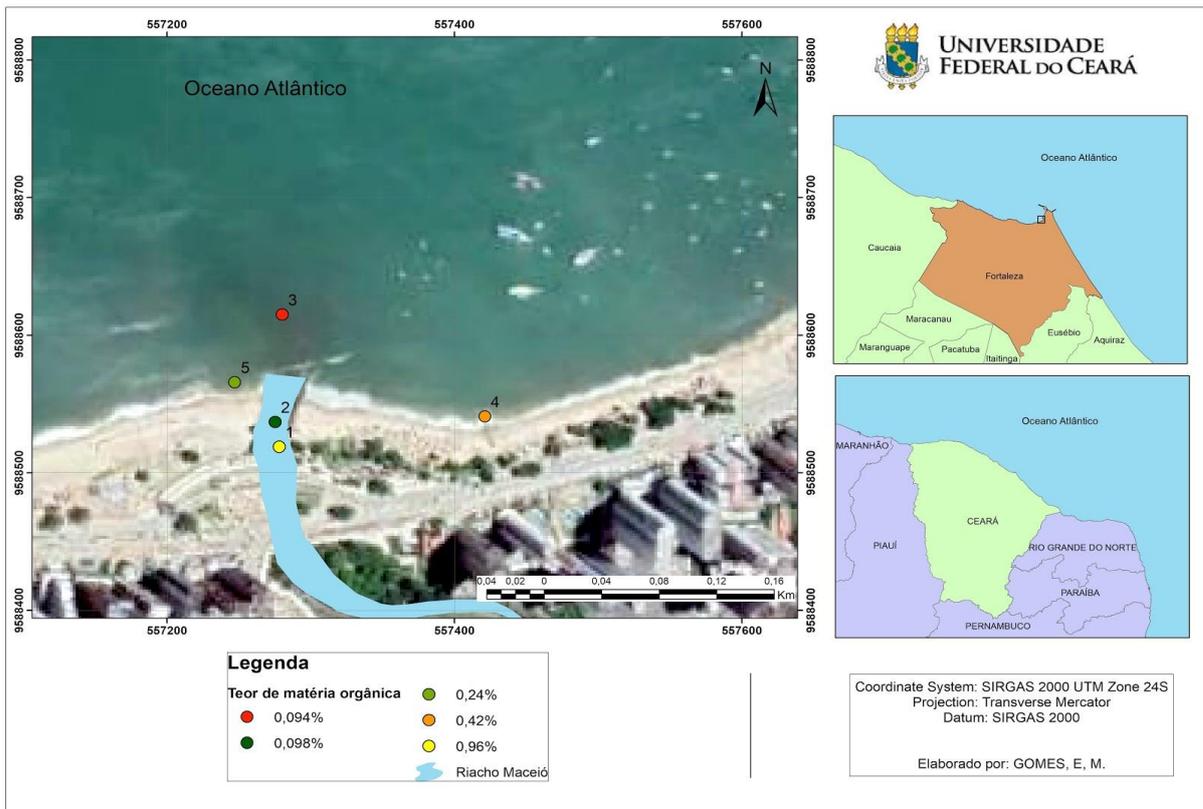
Ao longo das amostragens para a análise da concentração de matéria orgânica, foram identificados para a estação chuvosa uma variação de 0,094% a 0,96% e para a estação seca entre 0% a 0,58%, como pode ser observado no Gráfico 5. As figuras 16 e 17 mostram a distribuição pontual da concentração de matéria orgânica na área de estudo.

Gráfico 5: Distribuição da concentração de matéria orgânica nos sedimentos no período chuvoso e de estiagem.



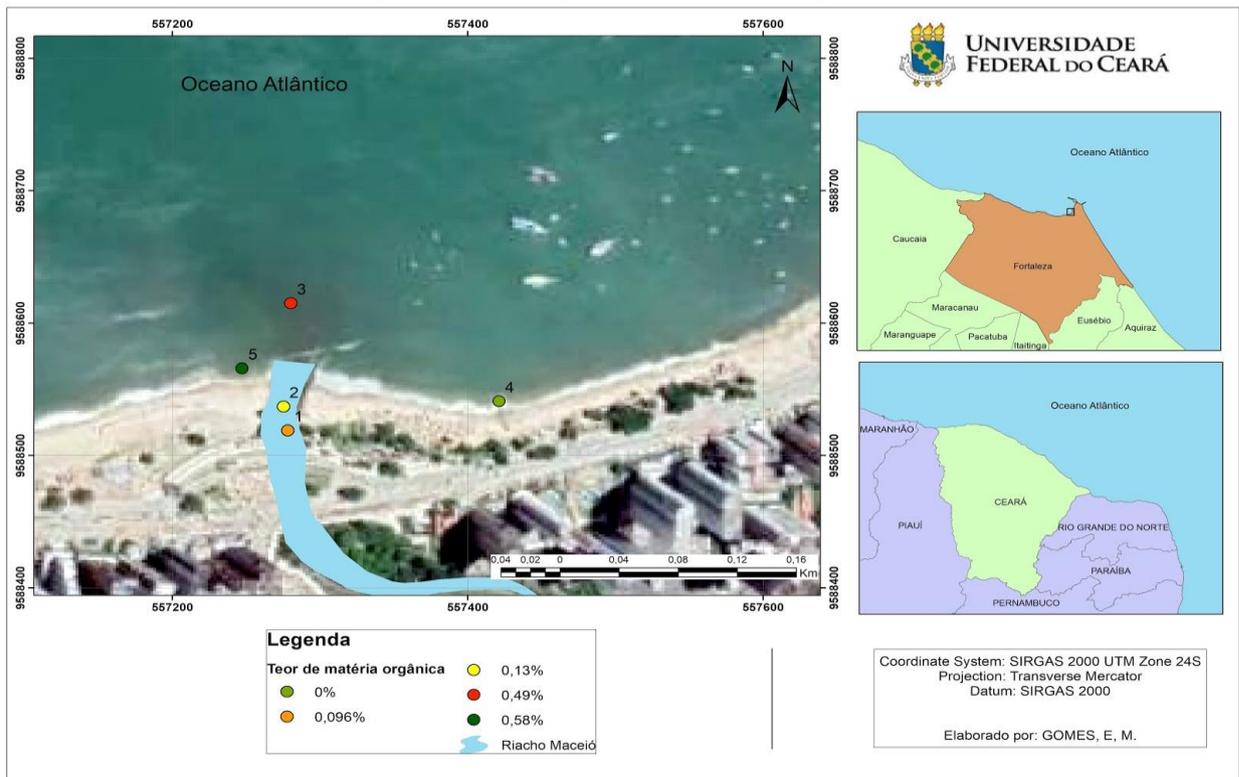
Fonte: Autor, 2020.

Figura 16: Concentração de matéria orgânica no sedimento no período chuvoso (17/06/2019)



Fonte: Autor, 2020.

Figura 17: Concentração de matéria orgânica no sedimento no período seco (16/09/2019).



Fonte: Autor, 2020

Portanto, a presença de matéria orgânica na foz é um grande indicador de poluição externa ao ambiente, oriundo principalmente de efluentes domésticos e resíduos sólidos, sendo suas maiores concentrações presentes na época chuvosa, onde ocorre um maior aporte desses rejeitos e materiais.

O Quadro 2 mostra uma síntese de todos os valores constatados para os parâmetros sedimentológicos analisados.

Quadro 2 - Parâmetros sedimentológicos obtidos na Foz do Riacho Maceió e na Praia do Mucuripe.

Pontos de coleta	Período	Diâmetro médio (ϕ)	Classificação Wentworth (1922)	Grau de seleção	Classificação Falk & Ward (1957)	Teor de Carbonato de Cálcio (%)	Teor de Matéria Orgânica (%)
1 - Foz do Riacho Maceió	Chuvosa	1,3789	Areia Média	0,5629	Moderadamente selecionado	4,05	0,96
	Seca	2,1926	Areia Fina	0,5426	Moderadamente selecionado	6,9	0,096
2 - Foz do Riacho Maceió	Chuvosa	1,8242	Areia Média	0,5712	Moderadamente selecionado	4,95	0,098
	Seca	1,81	Areia Média	0,8021	Moderadamente selecionado	2,76	0,13
3 - Praia do Mucuripe - em frente ao Riacho Maceió	Chuvosa	1,681	Areia Média	0,6667	Moderadamente selecionado	4,05	0,094
	Seca	1,9494	Areia Média	0,6318	Moderadamente selecionado	5,98	0,49
4 - Praia do Mucuripe - montante da foz do Riacho Maceió	Chuvosa	2,7227	Areia Fina	0,6874	Moderadamente selecionado	9	0,42
	Seca	2,6799	Areia Fina	0,4698	Bem selecionado	5,98	0
5 - Praia do Mucuripe - jusante da foz do Riacho Maceió	Chuvosa	1,5892	Areia Média	0,712	Moderadamente selecionado	4,5	0,24
	Seca	2,1522	Areia Fina	0,958	Moderadamente selecionado	5,52	0,58

Fonte: Autor, 2020.

5.2 Qualidade da água

A Resolução do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) nº 357, de 17 de março de 2005, dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Na resolução os corpos hídricos de água doce, salobra e salina são classificados de acordo com a qualidade requerida para seus usos preponderantes.

Dessa forma, na área de estudo, os pontos 1 e 2 por se localizarem na Foz do Riacho Maceió, apresentam valores de salinidade inferiores a 0,5 ppm, enquadrando-se nas águas doces de classe 4, sendo destinadas à navegação e à harmonia paisagística. Os demais pontos de coleta (3, 4 e 5), localizados na Praia do Mucuripe, apresentam salinidade maiores que 30 ppm, enquadrando-se na categoria de água salinas de classe 2 sendo seus usos destinados à pesca amadora e à recreação de contato secundário. Além dos usos específicos da classe 2 estabelecida por lei, ela também abrange os usos menos exigentes das classes inferiores, como: à navegação e à harmonia paisagística. É válido salientar que na estação seca, os pontos 4 e 5 tornam-se apropriados à recreação de contato primário por apresentarem níveis de coliformes termotolerantes menores que 1000 NMP/100mL.

A foz do Riacho Maceió funciona como uma fonte de poluição pontual na praia do Mucuripe, atingindo o corpo d'água marítimo de forma concentrada no espaço, trazendo consigo uma série de poluentes. As águas que chegam na praia são drenadas dos bairros Papicu e Varjota, além de parte dos bairros Mucuripe, Meireles, Aldeota, Dionísio Torres, Cocó, Cidade 2000, De Lourdes e Vicente Pinzon; carregando resíduos sólidos e efluentes domésticos que são lançados ao ambiente lótico, muitas vezes de forma clandestina.

Águas contaminadas por efluentes domésticos e resíduos sólidos, representam um grande risco à saúde dos banhistas e à integridade do equilíbrio ambiental da área, pois juntos com esses poluentes ocorre o transporte de vários microrganismos patogênicos. De acordo com Von Sperling (2005), os microrganismos encontrados nos esgotos podem ser saprófitas, comensais, simbioses e parasitos, sendo a última categoria patogênica, capazes de causar doenças aos homens e nos animais, representados pelas bactérias, vírus, protozoários e helmintos.

A origem desses agentes patogênicos nos esgotos é predominantemente humana, mas também pode ser de procedência animal, cujos dejetos são eliminados através da rede de esgoto. A detecção de todos esses microrganismos no corpo hídrico é extremamente difícil, em razão das suas baixas concentrações, no qual demandaria a análise de grandes volumes da amostra para a detecção dos poucos seres patogênicos (VON SPERLING, 2005).

Diante dessa problemática, utiliza-se o estudo dos organismos indicadores de contaminação fecal. Esses organismos não são patogênicos, mas dão uma indicação de quando uma água apresenta contaminação por fezes humanas ou de animais e, sua potencialidade para transmitir doenças. Os organismos mais comuns utilizados como indicadores são as bactérias pertencentes ao grupo coliforme, sendo os coliformes termotolerantes escolhidos como indicadores na presente pesquisa.

Os coliformes termotolerantes (fecais) são bactérias pertencentes ao grupo dos coliformes totais caracterizadas pela presença da enzima β -galactosidase e pela capacidade de fermentar a lactose com produção de gás em 24 horas à temperatura de 44-45°C, em meios contendo sais biliares ou outros agentes tenso-ativos com propriedades inibidoras semelhantes. Além de presentes em fezes humanas e de animais podem, também, ser encontradas em solos, plantas ou quaisquer efluentes contendo matéria orgânica.

De acordo com a Resolução do CONAMA nº 274, de 29 de novembro de 2000, responsável por definir os critérios de balneabilidade em águas brasileiras, estabelece que as águas consideradas próprias para banho, serão subdivididas em: Excelentes, quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo, 250 CF/100mL; Muito boa, quando houver no máximo 500 CF/100mL; e Satisfatória quando houver no máximo 1000 CF/100mL. Enquanto, para as amostras que ultrapassem o valor de 1000 CF/100mL, serão classificadas como imprópria.

Os resultados das análises da concentração dos coliformes fecais presentes na água, observou-se que no período chuvoso, os cinco pontos de amostragens apresentaram valores acima dos 1000 NMP/100mL estabelecidos por lei, classificando a área como imprópria para banho. No período seco, apenas os pontos 1, 2 e 3 apresentaram valores acima dos limites da resolução, contudo, os pontos 4 e 5 estão classificados como próprios para a balneabilidade. O quadro 3 mostra os valores das concentrações de coliformes termotolerantes para a estação chuvosa e seca.

Quadro 3 - Concentração de coliformes termotolerantes na água nas estações chuvosa e seca.

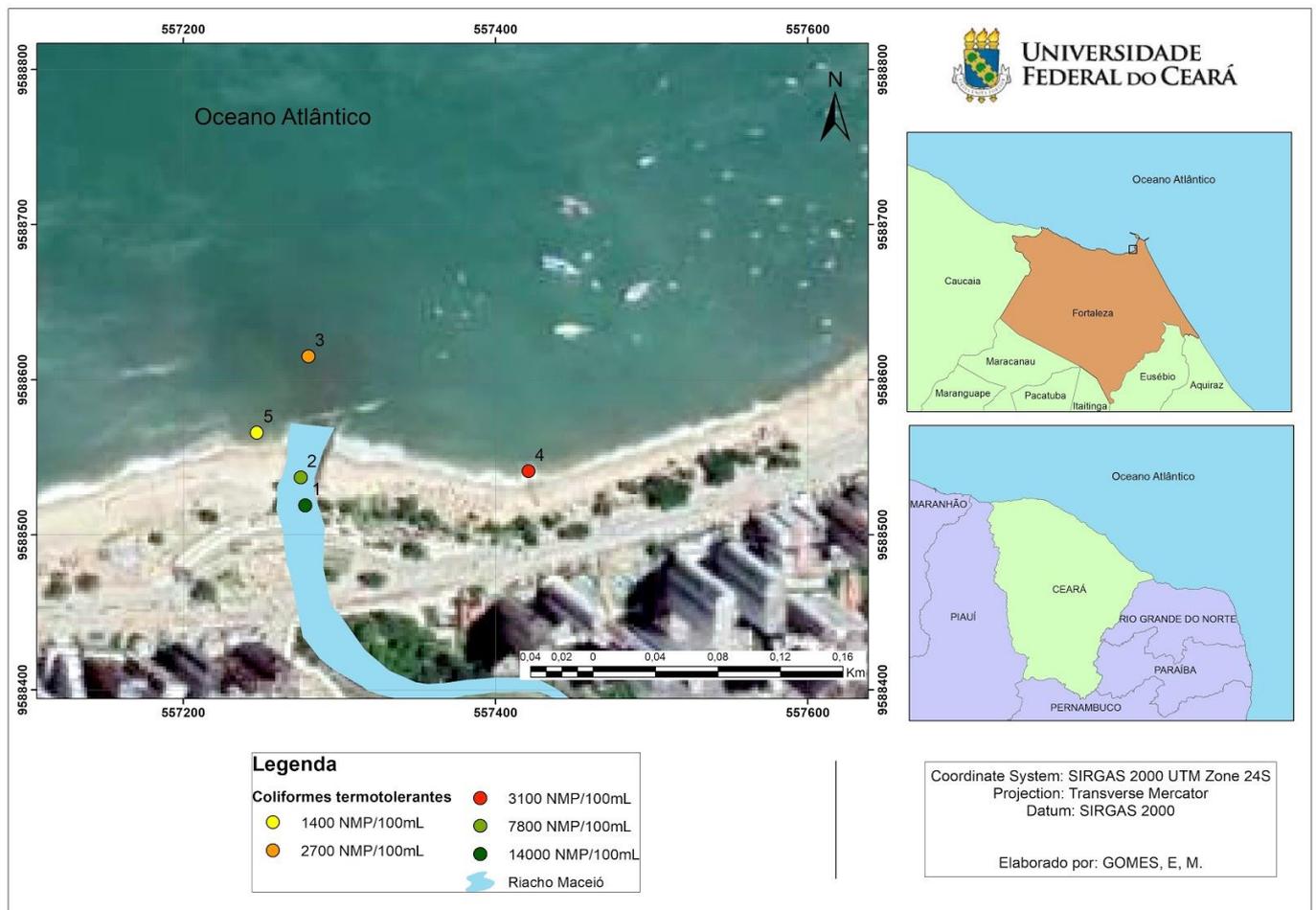
Pontos de Amostragens	Limite do CONAMA	Estação chuvosa	Estação Seca
P1	>1000 NMP/100mL	14000 NMP/100mL	17000 NMP/100mL
P2	>1000 NMP/100mL	7800 NMP/100mL	13000 NMP/100mL
P3	>1000 NMP/100mL	2700 NMP/100mL	3100 NMP/100mL
P4	>1000 NMP/100mL	3100 NMP/100mL	<180 NMP/100mL
P5	>1000 NMP/100mL	1400 NMP/100mL	400 NMP/100mL

Fonte: Autor, 2020.

Foi possível observar que na estação chuvosa os valores de coliformes termotolerantes apresentaram-se acima do limite da legislação, devido a chuva aumentar o aporte de água nos corpos hídricos que, porventura, carregam uma maior quantidade de microrganismos para a praia. Entretanto, na estação seca, os valores dos pontos 1, 2 e 3, se

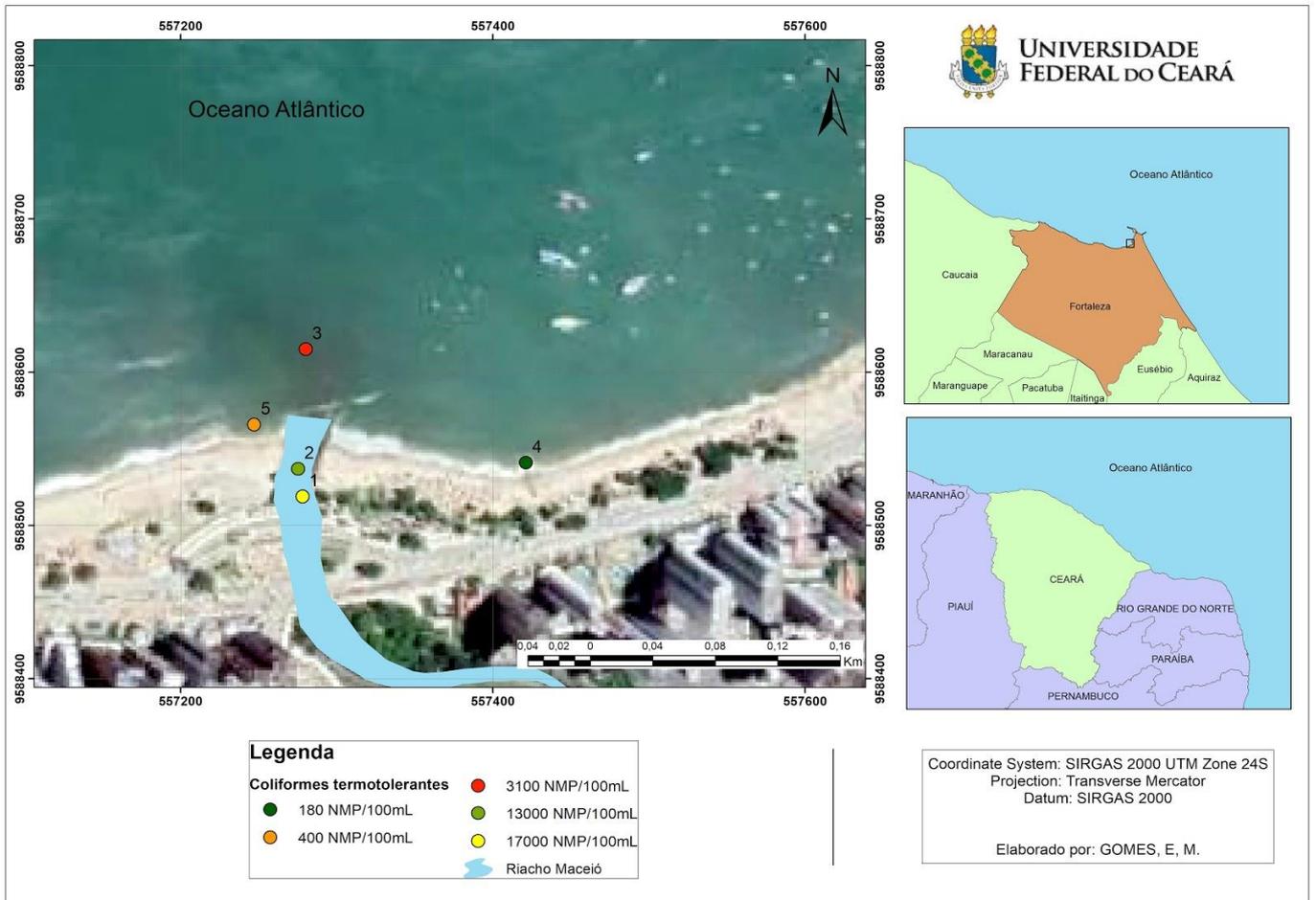
mostraram acima do limite, se mostrando maior até mesmo que os pontos 1 e 2 na estação chuvosa, isso se deve, principalmente, pela existência de ligações clandestinas de esgotos que contaminam o complexo hídrico Papicu/Maceió ao longo do ano. As figuras 18 e 19, mostram, respectivamente, as concentrações de coliformes termotolerantes na estação chuvosa e de estiagem.

Figura 18: Concentração de coliformes termotolerantes na água na estação chuvosa (17/06/2019).



Fonte: Autor, 2020.

Figura 19: Concentração de coliformes termotolerantes na água na estação seca (16/09/2019).



Fonte: Autor, 2020.

6. Conclusão

A análise sedimentológica demonstrou o predomínio da fração arenosa nos cinco pontos de coleta, sendo seu diâmetro variando de areia fina a areia média, sendo a última predominante no período chuvoso e a areia fina predominante na época de estiagem. Observou-se a ausência de silte e argila nas amostras de sedimento coletadas na área, indicando um ambiente de média energia hidrodinâmica. Quanto ao grau de seleção, foi constatado o predomínio de sedimentos moderadamente selecionados para o período chuvoso e seco, contudo, ocorreu na etapa seca a presença de um único ponto com características de bem selecionado. Os graus de seleção encontrados indicam um ambiente com relativo transporte de sedimentos.

Os valores de carbonato de cálcio encontrados nos sedimentos apresentaram valores mínimos de 2,76% e máximos de 9%, nas amostras do período chuvoso e de estiagem. Conforme a classificação de Larssonneur (1977), os resultados revelam que o substrato da área de estudo é formado por sedimentos litoclásticos, provavelmente originados pela ação do intemperismo e erosão sobre rochas continentais, sendo transportados pelo riacho até o litoral, revelando que os sedimentos da foz são constituídos por partículas biotróficas, provavelmente, oriundas de fragmentos de conchas e algas calcárias, além de grãos de quartzo que formam as areias.

A concentração de matéria orgânica presente nos sedimentos variou de 0% a 0,96% nos dois períodos de amostragem, indicando a possível contaminação por fontes exógenas, como as galerias pluviais ou ligações clandestinas que se ligam ao longo de todo o sistema hídrico Papicu/Maceió, mas também podem ser oriundos de fontes autóctones, devido a presença de algas e microrganismos decompositores.

Em relação a qualidade da água, foram feitas análises bacteriológicas utilizando como indicador de contaminação fecal os microrganismos denominados coliformes termotolerantes. Foram encontrados altos valores do NMP de coliformes termotolerantes variando de 1400 à 14000 NMP/100mL na estação chuvosa e de <180 à 17000 NMP/100mL na estação seca. Interpretando esses valores é possível observar que no período chuvoso todos os pontos de amostragem apresentaram valores acima do limite de 1000 NMP/100mL, que conforme a Resolução do CONAMA nº 274, corpos hídricos que apresentam valores de coliformes termotolerantes acima do limite citado anteriormente, são classificadas como imprópria para banho, podendo causar riscos à saúde e bem estar dos banhistas. Tal diagnóstico é corroborado pelos boletins de balneabilidade emitidos pela Superintendência

Estadual do Meio Ambiente (SEMACE). Também é válido salientar que no período seco, devido as menores taxas de água carreada pelo sistema hídrico, ocorreu em dois pontos, valores abaixo do limite de 1000 NMP/100mL. Contudo, nos demais pontos, os valores de coliformes termotolerantes continuaram altíssimos, indicando a clara influência do lançamento de efluentes domésticos neste recurso hídrico.

Para a mitigação e controle dos impactos existentes na foz do Riacho Maceió, é necessário um conjunto de ações que visem a conservação do ambiente, como: identificar e eliminar todas as ligações clandestinas que deságuam ao longo do ecossistema aquático; fiscalização na tentativa de evitar ações poluidoras e crimes contra o meio ambiente; estabelecer ações de saneamento básico, principalmente, a coleta de esgoto, nas residências que localizam-se nas margens do sistema hídrico; caso seja necessário, a realocação das famílias que residem nesses locais; implantar um programa de educação ambiental visando a sensibilização da sociedade civil em torno da preservação dos ecossistemas; colocar sinalização na praia indicando a condição imprópria para banho e por fim, uma revitalização em certos trechos do complexo hídrico.

Consequentemente, para que sejam efetivadas com sucesso as ações propostas, é necessária a ação conjunta entre governo municipal, seu órgão ambiental, entidades privadas, ONGs e a sociedade civil em geral, de médio a longo prazo, buscando uma melhora na qualidade do corpo hídrico para as atuais e futuras gerações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, D. C.; ROMEIRO, A. R. **Serviços ecossistêmicos e sua importância para o sistema econômico e o bem-estar humano**. Campinas: IE/UNICAMP, n. 155, fev. 2009.
- BARROS, E. L. **Caracterização faciológica da plataforma continental interna de Icapuí, Ceará**. 2014. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.
- BRANDÃO, R. L. **Diagnóstico geoambiental e os principais problemas de ocupação do meio físico da Região Metropolitana de Fortaleza**. CPRM. Volume 01. Fortaleza, 1998.
- BRANDÃO, R. L.; FREITAS, L. C. B. **Geodiversidade do estado do Ceará**. Fortaleza: CPRM, 2014.
- BRASIL. Resolução Conama: nº 274, de 29 de novembro de 2000, define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, 25 jan. 2001.
- _____. Resolução Conama: nº 357, de 17 de março de 2005, dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, 18 mar. 2005.
- CALLIARI, L. J. Sedimentação Marinha. In: CASTELLO, J. P; et al. **Introdução às Ciências do Mar**. Pelotas: Ed. Textos, 2015. Cap. 4.
- CEARÁ. Superintendência Estadual do Meio Ambiente. Reestruturação e atualização do mapeamento do projeto Zoneamento Ecológico-Econômico do Ceará - zona costeira e unidades de conservação costeira. **Relatório final de caracterização ambiental e dos mapeamentos**. Fortaleza: SEMACE, 2016.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo, Edgard Blucher, Cap. 5. Geomorfologia Litorânea, 1974.
- DOMINGUEZ, J. M. L; BITTENCOURT, A. C. S. P; MARTIN, L. O. O papel da deriva litorânea de sedimentos arenosos na construção das planícies costeiras associadas às desembocaduras dos Rios São Francisco (SE-AL), Jequitinhonha (BA), Doce (ES) e Paraíba do Sul (RJ). **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v.13, p. 98-105, jun. 1983.
- ESTEVES, K. E; ARANHA, J. M. R. Ecologia trófica de peixes de riachos. In. CARAMASCHI, E. P.; MAZZONI, R. & PERES-NETO, P. R. (Eds.). Ecologia de peixes de riachos. **A ecologia Brasiliensis**. PPGE-UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil, v. 6, p. 157-182, 1999.
- FECHINE, J. A. L. **Alterações no perfil natural da zona costeira da cidade de Fortaleza, Ceará, ao longo do século XX**. 2007. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.
- FOLK, R. L. e WARD, W.C. Brazos river bar: A study in significance of grain size parameters. **Journal of Sed. Petrol.**, n. 27, p. 3-27, 1957.

FORTALEZA. **Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de Fortaleza – PDDU/FOR/92.** Prefeitura Municipal de Fortaleza, 1992.

LARSONNEUR, C. La cartographie des dépôts meubles sur le plateau continental français: méthode mise au point et utilisée en **Manche**. **J.Rech.Oceanogra.**, 2:34-39, 1977.

LIMA, E. L.V. **Das areias da praia às areias da moradia: um embate socioambiental em Fortaleza - CE.** 2005. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2005.

LIMA, S. F.; SILVA FILHO, W. F.; FREIRE, G. S. S.; MAIA, L.P.; DANTAS, R. P.; MONTEIRO, L. H. U. ANASED 5.0i, **Programa de Análise, Classificação e Arquivamento de Parâmetros Sedimentológicos.** 2001.

MAIA, E. B. **Dinâmica geoambiental do sistema Hídrico Maceió/Papicu, Fortaleza - Ceará.** 2010. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.

MAIA, L.P. **Procesos Costeros y Balance Sedimentario a lo Largo de Fortaleza (NE-Brasil):** Implicaciones para una gestión adecuada de la zona litoral. 1998. Tesis (Doctorado en Geología) - Universitat de Barcelona, 1998.

MENDONÇA, F; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia:** noções básicas. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

MORAIS, J.O. Aspectos do Transporte de Sedimentos no Litoral do Município de Fortaleza, Estado do Ceará, Brasil. **Arq. Ciên. do Mar**, Fortaleza, v. 20, p. 71-100, dez. 1980.

MORAIS, J. O; et al. Ceará. In: MUEHE, D. **Erosão e progradação do litoral brasileiro.** 2. ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2006. Cap 4

ODUM, E. P. **Ecologia.** Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan S. A. 1988

PINHEIRO, L. S.; MORAIS, J. O.; MAIA, L. P. **The Beaches of Ceará.** In: Short, A. D.; KLEIN, A. H. F. (Org.). **Brazilian Beach System.** 1 ed.: Springer International Publishing Switzerland, v. 1, 2016, p.175-199.

PRESS, F. et al. **Para entender a Terra.** 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

RIBEIRO, J. A. P; CAVALCANTE, I. N; COLARES, J. Q. S. **Caracterização Sedimentar e Hidrogeológica da faixa Costeira Leste da Região Metropolitana de Fortaleza - CE.** In: I CONGRESSO MUNDIAL INTEGRADO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 1, 2000, Fortaleza.

SAES, R. V. S. T. S. et al. **Princípios de oceanografia.** Teresina: EDUFPI, 2018.

SILVA, C. G.; JUNIOR, A. G. F.; BREHME, I. Granulados Litoclásticos. **Brazilian Journal of Geophysics**, Rio de Janeiro, v. 20, p. 319-320, ago. 2001.

SILVA, F. J. A. Indisponibilidade de esgotamento sanitário e a poluição dos cursos de água. **Revista Tecnologia**, Fortaleza, v. 14, p. 09-16, dez. 1993.

SILVA, P. R. F. G. **Indicadores ambientais do complexo hídrico Papicu/Maceió, Fortaleza - Ceará**. 2003. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2003.

_____. **Avaliação ambiental da área marinha do sistema de disposição oceânica dos esgotos sanitários e das praias do litoral oeste de Fortaleza, Ceará, Brasil**. 2012. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

SOARES, R. S. **Novas proposições metodológicas para o calcímetro de bernard e caracterização dos sedimentos marinhos do Espírito Santo**. 2017. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte, MG. Editora: UFMG, 2005

WENTWORTH, C.K. A scale of grade and class terms for clastics sediments. **Journal of Geology**, 30 (1): 377-392, 1922.