



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Centro de Educação e Humanidades

Faculdade de Formação de Professores

Andressa Santana Batista

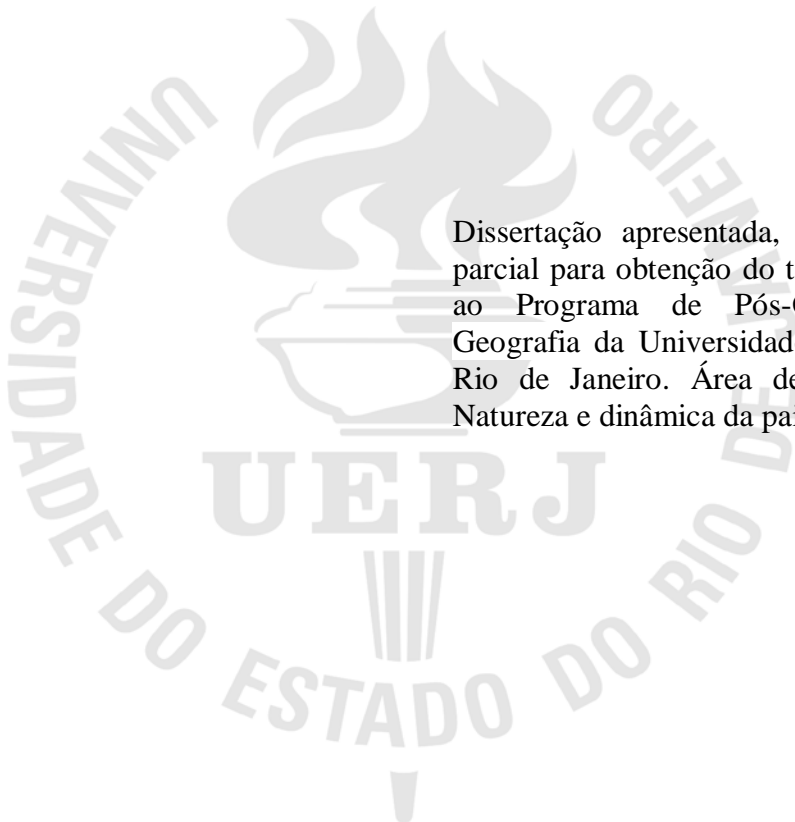
**Diagnóstico geoambiental da Lagoa de Maricá (RJ) como subsídio as
formas de uso e ocupação do litoral**

São Gonçalo

2018

Andressa Santana Batista

Diagnóstico geoambiental da Lagoa de Maricá (RJ) como subsídio as formas de uso e ocupação do litoral



Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Natureza e dinâmica da paisagem.

Orientador: Prof. Dr. André Luiz Carvalho da Silva
Coorientador: Prof. Dr. Rodrigo Coutinho Abuchacra

São Gonçalo

2018

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ/REDE SIRIUS/BIBLIOTECA CEH/D

B333 Batista, Andressa Santana.
Diagnóstico geoambiental da Lagoa de Maricá (RJ) como subsídio as formas de uso e ocupação do litoral / Andressa Santana Batista. – 2018. 112f.

Orientador: Prof. Dr. André Luiz Carvalho da Silva.
Coorientador: Prof. Dr. Rodrigo Coutinho Abuchacra.
Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Formação de Professores.

1. Impacto ambiental – Maricá (RJ) – Teses. 2. Água – Qualidade – Maricá (RJ) – Teses. 3. Lagoas – Teses. I. Silva, André Luiz Carvalho da. II. Abuchacra, Rodrigo Coutinho. III. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Faculdade de Formação de Professores. IV. Título.

CRB/7 - 4994 CDU 504.03(815.3)

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação, desde que citada a fonte.

Assinatura

Data

Andressa Santana Batista

Diagnóstico geoambiental da Lagoa de Maricá (RJ) como subsídio as formas de uso e ocupação do litoral

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Natureza e dinâmica da paisagem.

Aprovada em 28 de Setembro de 2018.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. André Luiz Carvalho da Silva (Orientador)

Faculdade de Formação de Professores – UERJ

Prof. Dr. Rodrigo Coutinho Abuchacra (Coorientador)

Faculdade de Formação de Professores – UERJ

Prof^a. Dra. Maria Luiza Félix Marques Kede

Faculdade de Formação de Professores – UERJ

Prof. Dr. José Antônio Baptista Neto

Universidade Federal Fluminense

Prof. Dr. Carlos Marclei Arruda Rangel

Universidade Federal Fluminense

São Gonçalo

2018

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos deusas e deuses que me protegem e guiam o meu caminho. Sei que nunca ando só...

À minha família querida, agradeço a minha mãezinha (Cristina) por me incentivar nas minhas empreitadas, aos meus irmãos (Angélica e Deidison) pelo companheirismo, força e chatices, e o meu tio (Jorge) por ser essa pessoa maravilhosa que sempre ficou do meu lado.

Ao meu amado companheiro Anderson Paulino pelo apoio e por me acalmar nos meus momentos críticos.

Aos meus irmãos de fé pelos ensinamentos, companheirismo e fortalecimento espiritual. Ao coletivo de Mulheres Negras Claudia Silva, por me ensinar o que é companheirismo e sororidade.

Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Faculdade de Formação de professores. Aos técnicos administrativos por manterem toda esta estrutura.

Aos professores por compartilharem seus conhecimentos e a disposição de ajudar.

Aos colegas da turma 2016.1, em especial, da linha de natureza. O nosso companheirismo nos tornou mais forte.

Aos meus colegas de pesquisa, todos que me auxiliaram com textos, artigos, sites, entre outros, em especial, Ana Beatriz Pinheiro e Valéria Cristina Pinto.

A toda equipe que deu suporte no campo e pós campo, os professores André e Rodrigo, e os colegas Bia, Val, Carol, Jerry, Manu, Andreia, Lucas e Lorena.

À Professora Paula Abuchacra pela paciência de me ensinar as metodologias de laboratórios.

Ao professor Humberto Marotta que emprestou os materiais para campo e estabeleceu a parceria com o laboratório UMMA.

Ao professor Estefan Monteiro que emprestou a sonda multiparâmetro.

Ao professor Gustavo de Vaz Melo que emprestou os materiais para campo.

Ao laboratório UMMA pelas análises de nutrientes e ao responsável pelas análises, professor Ricardo Pollery.

Tal parceria entre as universidades demonstra um elevado nível de cooperação científica entre as instituições públicas, por meio do qual a estrutura dos laboratórios e pesquisadores envolvidos tem viabilizado as análises e os custos necessários à realização das mesmas.

Ao barqueiro Peixe, que nos auxilia com seus grandes ensinamentos.

Ao motorista Fábio pela disposição em ajudar nos campos.

À banca examinadora da qualificação: professora Dra. Ana Valéria Freire Alemão Bertolino (UERJ) e o professor Dr. Carlos Marclei Arruda Rangel pelas importantes contribuições.

À banca examinadora: Dra. Maria Luiza Félix Marques Kede, Dr. Carlos Marclei Arruda Rangel e Dr. José Antônio Baptista Neto.

Ao professor Dr. Rodrigo Coutinho Abuchacra por todo o suporte dado nos campos e pela paciência de me ensinar a utilizar o ArcGis.

Ao meu orientador Prof. Dr. André Luiz Carvalho da Silva pelas orientações, pela paciência e pelo incentivo. E principalmente, por acreditar nessa empreitada.

À Comunidade de Pescadores artesanais de Zacarias pelo suporte dado nos campos.

À FAPERJ pela concessão de bolsa no primeiro ano de mestrado.

À CAPES pela concessão de bolsa no segundo ano de mestrado.

A todas pessoas que de forma direta ou indiretamente estiveram envolvidas no processo produtivo desta dissertação, muito obrigado!

RESUMO

BATISTA, Andressa Santana. *Diagnóstico geoambiental da lagoa de Maricá (RJ) como subsídio às formas de uso e ocupação do litoral*. 2018. 112f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Faculdade de Formação de Professores, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, São Gonçalo, 2018.

O presente estudo objetivou contribuir para o entendimento dos impactos antrópicos na Lagoa de Maricá, como subsídio às formas de uso e ocupação do litoral. Para isso, objetivou-se identificar os principais problemas ambientais causados pelas diversas atividades no entorno da laguna. Os impactos antrópicos nas lagoas costeiras podem causar a eutrofização e contaminação desse ambiente por meio do lançamento de esgoto sem tratamento, além de gerar problemas na saúde pública. Os danos causados aos ecossistemas no sistema lagunar tendem a comprometer a atividade pesqueira, feita de forma artesanal por pescadores locais há mais de um século. O estabelecimento de medidas voltadas para o manejo costeiro implica, necessariamente, no conhecimento das características de uma área impactada, suas especificidades e as fontes diretamente responsáveis pela degradação. É neste sentido que se faz importante identificar os principais problemas relacionados às formas de uso e ocupação desse litoral e os impactos nos sistemas lagunares, em especial na Lagoa de Maricá, a partir da análise dos parâmetros físico-químicos e nutrientes da água e clorofila *a*. Os resultados permitiram caracterizar os parâmetros temperatura, pH, oxigênio dissolvido, salinidade, turbidez, condutividade elétrica e Eh, em diferentes pontos na Lagoa de Maricá, nas estações seca e chuvosa. As concentrações de nutrientes foram analisadas para nitrito, nitrato, amônia, nitrogênio total e fosfato. Os níveis de clorofila *a* e feopigmentos também foram verificados neste estudo. A integração dos resultados permitiu identificar na laguna dois setores com características físico-químicas e concentrações de nutrientes acima do estabelecido pelo CONAMA 357 (2005) para este tipo de ambiente. O setor noroeste da laguna, próximo à desembocadura do canal de São Bento, é o mais preocupante. Nessa área foram observadas concentrações mais elevadas para a maioria dos parâmetros analisados e as menores concentrações de oxigênio dissolvido. Este local está visivelmente degradado, com abundância de materiais sólidos na água, que apresenta cor escura e forte cheiro de decomposição. As maiores concentrações de nutrientes foram observadas, em geral, nesse mesmo setor da lagoa, o que provavelmente se deve a maior carga de nutrientes provenientes de esgoto lançado sem tratamento nessa área. A porção norte da Lagoa de Maricá, com destaque para a área próxima a desembocadura do Rio Mumbuca, também apresentou concentrações elevadas de nutrientes, quando comparado às demais áreas. Na margem norte é grande a concentração de casas e condomínios. As concentrações dos parâmetros analisados e as concentrações de nutrientes decrescem gradualmente em direção à parte sul e sudeste da Lagoa de Maricá, onde se encontram localizadas a APA de Maricá e a Comunidade de Pescadores de Zacarias, respectivamente.

Palavras-chave: Lagoas Fluminenses. Impactos Ambientais. Qualidade de Água.

ABSTRACT

BATISTA, Andressa Santana. *Geoenvironmental diagnosis of the Lagoon of Maricá (RJ) as subsidy the forms of use and occupation of the coast*. 2018. 112f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Faculdade de Formação de Professores, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, São Gonçalo, 2018.

The present study aimed to contribute to the understanding of the anthropic impacts in the Lagoa de Maricá, as a subsidy to the forms of use and occupation of the coast. For this purpose, the objective is to identify the main environmental problems caused by the various activities around the lagoon. Anthropogenic impacts on coastal lagoons can cause eutrophication and contamination of this environment through the discharge of untreated sewage, in addition to generating public health problems. Damage to ecosystems in the lagoon system tends to jeopardize the fishing activity, which has been handmade by local fishermen for more than a century. The establishment of measures aimed at coastal management necessarily implies the knowledge of the characteristics of an impacted area, its specificities and the sources directly responsible for the degradation. It is in this sense that it is important to identify the main problems related to the forms of use and occupation of this coast and the impacts on the lagoon systems, especially in Maricá Lagoon, from the analysis of the physicochemical parameters and nutrients of water and chlorophyll *a*. The results allowed to characterize the parameters temperature, pH, dissolved oxygen, salinity, turbidity, electrical conductivity, Eh at different points in the Maricá Lagoon, in the dry and rainy seasons. The concentrations of nutrients were analyzed for nitrite, nitrate, ammonia, total nitrogen and phosphate. The levels of chlorophyll *a* and feopigments were also verified in this study. The integration of the results allowed to identify in the lagoon two sectors with physico-chemical characteristics and nutrient concentrations above that established by CONAMA 357 (2005) for this environment type. The northwest sector of the lagoon, near the mouth of the São Bento channel, is the most worrisome. In this area, higher values were observed for the majority of the analyzed parameters and the lower values of dissolved oxygen. This place is visibly degraded, with plenty of solid materials in the water, which presents dark color and strong smell of decomposition. The highest concentrations of nutrients were observed in the same sector of the lagoon, probably due to the higher nutrient load from untreated sewage in this area. The northern portion of the Maricá Lagoon, with emphasis on the area near the mouth of the Mumbuca River, also presented high concentrations of nutrients when compared to the other areas. In the north margin is great concentration of houses and condominiums. The values of the analyzed parameters and nutrient concentrations gradually decrease towards the south and southeast of the Maricá Lagoon, where the Maricá APA and the Zacarias Fishermen's Community, respectively, are located.

Keywords: Fluminense Lagoons. Environmental impacts. Water Quality.

TABELA DE FIGURAS

Figura 1 -	Localização da Lagoa de Maricá	16
Figura 2 -	Localização de algumas lagoas ao longo do litoral fluminense	20
Figura 3 -	Gráfico de pluviosidade de Maricá	26
Figura 4 -	Canal aberto artificialmente na Barra de Maricá para rebaixar o nível das lagoas de Maricá após a ocorrência de chuvas torrenciais em 2010 e em 2016	26
Figura 5 -	Lagoas costeiras de Maricá	27
Figura 6 -	Mapa de uso e cobertura da terra do município de Maricá do ano de 2014	29
Figura 7 -	Poluição chegando na lagoa de Maricá	30
Figura 8 -	Infográfico do projeto <i>Resort</i> Fazenda São Bento da Lagoa, 2014.	31
Figura 9 -	Sistema barreira-laguna e subambientes costeiros associados ..	32
Figura 10 -	Classificação morfológica das lagoas	33
Figura 11 -	Esquema contendo as diversas etapas relacionadas ao desenvolvimento do presente estudo	41
Figura 12 -	Trabalho de campo na lagoa	44
Figura 13 -	Locais selecionados para o monitoramento na Lagoa de Maricá	45
Figura 14 -	Filtragem de água	47
Figura 15 -	Análise de clorofila <i>a</i>	49
Figura 16 -	Colorimetria com análise por injeção em fluxo (FIA)	50
Figura 17 -	Sintetização dos dados	51
Figura 18 -	Resultado de temperatura (°C), estação seca	55
Figura 19 -	Resultado de temperatura (°C), estação úmida	55

Figura 20 -	Resultados de pH (potencial hidrogeniônico), estação seca	56
Figura 21 -	Resultados de pH (potencial hidrogeniônico), estação úmida ..	57
Figura 22 -	Resultados de oxigênio dissolvido (OD), estação seca	58
Figura 23 -	Resultados de oxigênio dissolvido (OD), estação úmida	58
Figura 24 -	Resultados de salinidade, estação seca	59
Figura 25 -	Resultados de salinidade, estação úmida	60
Figura 26 -	Resultados de turbidez (UNT), estação seca	61
Figura 27 -	Resultados de turbidez (UNT), estação úmida	62
Figura 28 -	Resultados de condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$), estação seca	63
Figura 29 -	Resultados de condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$), estação úmida ..	63
Figura 30 -	Resultados de oxi-redução/Eh (mV), estação seca	64
Figura 31 -	Resultados de oxi-redução/Eh (mV), estação úmida	65
Figura 32 -	Resultados de nitrato (μM), estação seca	66
Figura 33 -	Resultados de nitrato (μM), estação úmida	66
Figura 34 -	Resultados de nitrito (μM), estação seca	67
Figura 35 -	Resultados de nitrito (μM), estação úmida	68
Figura 36 -	Resultados de amônia (μM), estação seca	69
Figura 37 -	Resultados de amônia (μM), estação úmida	69
Figura 38 -	Resultados de nitrogênio total (μM), estação seca	70
Figura 39 -	Resultados de nitrogênio total (μM), estação úmida	71
Figura 40 -	Resultados de fosfato (μM), estação seca	72
Figura 41 -	Resultados de fosfato (μM), estação úmida	72
Figura 42 -	Resultados de clorofila <i>a</i> ($\mu\text{g}/\text{L}$), estação seca	74
Figura 43 -	Resultados de clorofila <i>a</i> ($\mu\text{g}/\text{L}$), estação úmida	74

Figura 44 -	Resultados de feopigmentos ($\mu\text{g/L}$), estação seca	75
Figura 45 -	Resultados de feopigmentos ($\mu\text{g/L}$), estação úmida	76
Figura 46 -	Interpolação dos dados: temperatura ($^{\circ}\text{C}$), pH (potencial hidrogeniônico), oxi-redução/Eh (mV)	81
Figura 47 -	Mapa indicando a concentração de matéria orgânica na Lagoa de Maricá	82
Figura 48 -	Mapa indicando a concentração de matéria orgânica na Lagoa de Maricá.	83
Figura 49 -	Areia rica em conchas na margem leste	84
Figura 50 -	Setor oeste da Lagoa de Maricá dentro da APA	84
Figura 51 -	Interpolação dos dados	86
Figura 52 -	Interpolação dos dados	87
Figura 53 -	Granulometria dos sedimentos de fundo e margem da Lagoa de Maricá	88
Figura 54-	Interpolação dos dados.....	90
Figura 55 -	Interpolação dos dados.....	91
Figura 56 -	Interpolação dos dados	93

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Coordenados Geográficas dos pontos de monitoramento	45
Tabela 2 -	Padrões da resolução CONAMA 357 (2005)	53
Tabela 3-	Resultados de temperatura (°C)	54
Tabela 4 -	Resultados de pH	56
Tabela 5 -	Resultados de oxigênio dissolvido	57
Tabela 6 -	Resultados de salinidade (‰)	59
Tabela 7 -	Resultados de turbidez (UNT)	61
Tabela 8 -	Resultados de condutividade elétrica($\mu\text{S}/\text{cm}$)	62
Tabela 9 -	Resultados de oxi-redução/Eh (mV)	64
Tabela 10 -	Resultados de nitrato ($\mu\text{M}/\text{L}$)	66
Tabela 11 -	Resultados de nitrito ($\mu\text{M}/\text{L}$)	67
Tabela 12 -	Resultados de amônia ($\mu\text{M}/\text{L}$)	68
Tabela 13 -	Resultados de nitrogênio total ($\mu\text{M}/\text{L}$)	70
Tabela 14 -	Resultados de fosfato ($\mu\text{M}/\text{L}$)	71
Tabela 15 -	Resultados de clorofila <i>a</i> ($\mu\text{g}/\text{L}$)	73
Tabela 16 -	Resultados de feopigmentos ($\mu\text{g}/\text{L}$)	75
Tabela 17 -	Coeficientes de correlação entre os parâmetros químico físico, nutrientes e clorofila <i>a</i> na estação seca	78
Tabela 18 -	Coeficientes de correlação entre os parâmetros químico físico, nutrientes e clorofila <i>a</i> na estação úmida	79

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

$\mu\text{g/L}$	Micrograma por Litro
$\mu\text{M/L}$	Micromoles por Litro
$\mu\text{S/cm}$	Microsiemens por Centímetro
ANA	Agência Nacional de Águas
APA	Área de proteção ambiental
CEMADEN	Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
Eh	Oxi-redução
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FEEMA	Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente
FIA	Análise de Injeção por Influxo
IDW	Inverse Distance Weighted
LAMOM	Laboratório de Microscopia Óptica e Morfoscopia
mg/L	Miligrama por litro
Mm	Milímetro
mV	Milivolt
NH ₃	Amônia

NH ₄ +	íon de amônio
NO ₂ -	Nítrito
NO ₃ -	Nitrato
OD	Oxigênio dissolvido
P	Fósforo
pH	Potencial hidrogeniônico
RPM	Rotações por minuto
SEMADS	Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável
UFF	Universidade Federal Fluminense
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
UMMA	Unidade Multiusuário de Análises Ambientais
UNT	Unidades Nefelométricas de Turbidez
WHO	World Health Organization
ZOC	Zona de proteção controlada

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO	15
1	OBJETIVOS	18
2	FUNDAMENTAÇÃO TEORICA	19
2.1	Sistemas lagunares no litoral fluminense	19
2.2	Lagoa de Maricá	24
2.3	Geomorfologia, sedimentação e processos	32
2.4	Parametros físicos-quimicos da água	36
3	METODOLOGIA	41
3.1	Pesquisa bibliográfica	42
3.2	Metodologia de campo	42
3.2.1	<u>Aquisição dos parâmetros físicos-quimicos</u>	42
3.2.2	<u>Coleta de amostras</u>	46
3.2.3	<u>Filtragem de água: nutrientes e clorofila <i>a</i></u>	46
3.3	Análises laboratoriais	47
3.3.1	<u>Análise de Clorofila <i>a</i></u>	47
3.3.2	<u>Análise de nutrientes</u>	50
3.4	Processamento dos dados	50
3.4.1	<u>Apresentação dos resultados georreferenciados no ArcGIS</u>	50
3.4.2	<u>Correlação estatística de Spearman</u>	51
3.4.3	<u>Interpolação espacial de dados do ArcGis</u>	52
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	53
4.1	Parâmetros físico-químicos	54

4.2	Nutrientes	65
4.3	Clorofila <i>a</i>	73
4.4	Correlações estatísticas	76
4.5	Diagnóstico geoambiental e principais impactos ambientais decorrentes das diferentes formas de uso e ocupação no entorno da Lagoa de Maricá	80
	CONCLUSÃO	96
	REFERÊNCIAS	98
	APÊNDICE A – Resultados dos parâmetros físico-químicos	110
	APÊNDICE B – Resultados de Nutrientes	111
	APÊNDICE C – Resultados de Clorofila <i>a</i> e Feopigmentos	112

INTRODUÇÃO

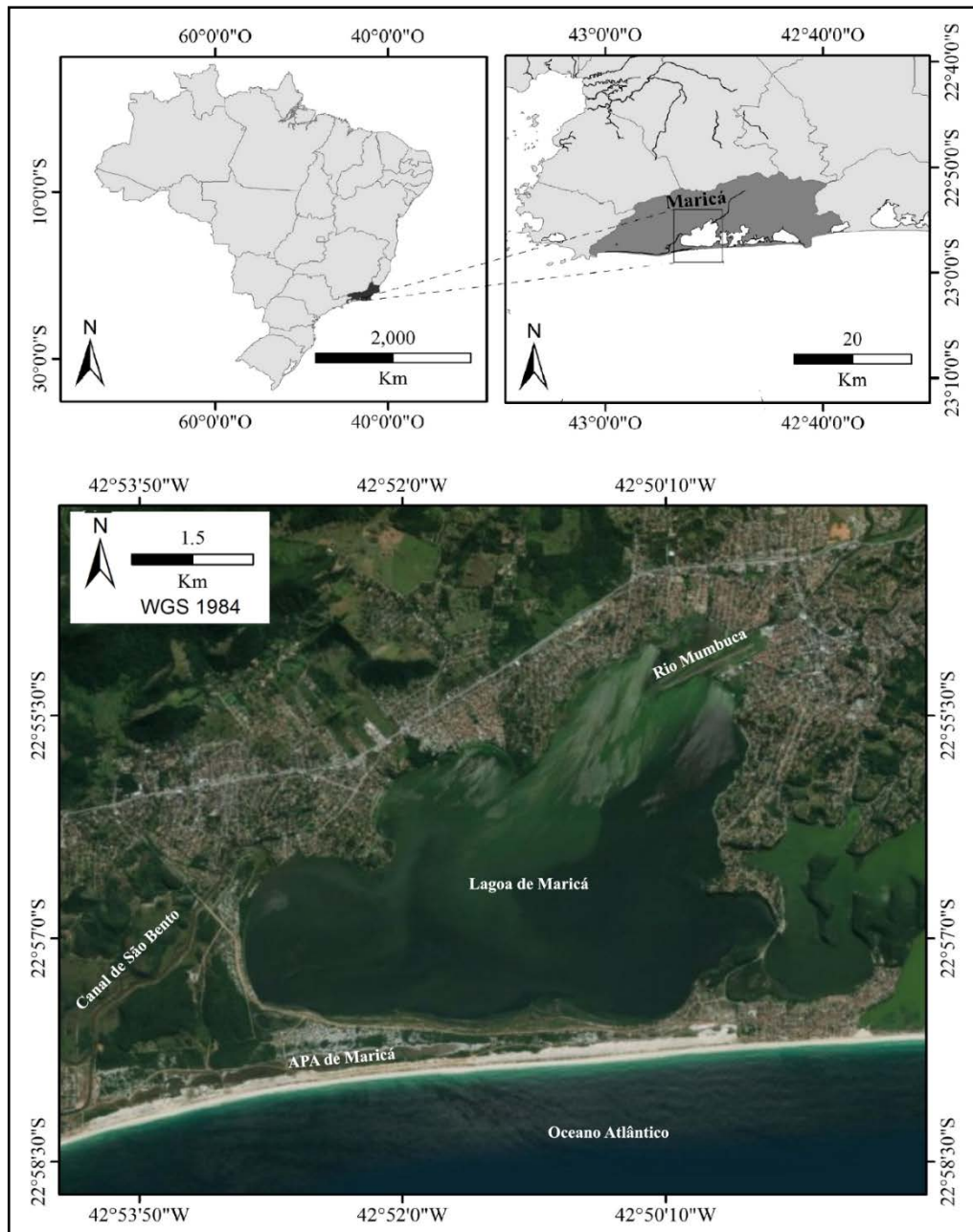
O litoral de Maricá, com 46 quilômetros de extensão, localiza-se a leste da Baía de Guanabara na região metropolitana do Rio de Janeiro, entre os municípios de Niterói (a oeste) e Saquarema (a leste). A economia deste município é fortemente dependente das atividades ligadas ao turismo devido a existência de belas praias e lagoas ao longo do litoral. É o primeiro município da chamada Costa do Sol (TCERJ, 2003). A geomorfologia desse litoral é composta por uma extensa planície costeira formada por sistemas de barreiras arenosas (SILVA et al., 2011; SILVA et al., 2014a; SILVA et al., 2014b), com praias de elevada dinâmica (SILVA et al., 2008; SILVA et al., 2014c), e também por um imponente complexo lagunar representado pelas lagoas de Maricá, Barra, Padre, Guarapina e Jaconé (SILVESTRE & SILVA, 2016; SILVESTRE et al., 2017).

A lagoa de Maricá (Figura 1), escolhida para o desenvolvimento deste estudo, possui uma área de 19 km², sendo a maior entre todas as lagoas do município. Este ambiente faz parte da Bacia Hidrográfica do Sistema Lagunar de Maricá, que compreende uma área de 330 km² (SEMADS, 2001). Ao sul da lagoa de Maricá, encontra-se localizada a Área de Proteção Ambiental de Maricá, motivo pelo qual esta área ainda se mantém relativamente preservada e, portanto, de grande importância para estudos científicos voltados para diversas áreas de conhecimento (HOLZER et al., 2004; DINIZ et al., 2015).

Os ambientes costeiros são historicamente afetados pelo crescimento urbano, pelas diversas atividades ligadas ao turismo e expansão das indústrias na região. Como consequência, houve um aumento considerável do desmatamento das áreas de restinga e Mata Atlântica, além da poluição causada por materiais sólidos, esgoto doméstico e industrial, que chegam em grandes quantidades às lagoas do litoral (CARMOUZE et al., 1995).

O litoral de Maricá é marcado por uma variedade de conflitos relacionados em grande parte aos interesses econômicos ligados aos setores imobiliário, hoteleiro e industrial. Esses interesses se contrapõem às necessidades de moradores locais, em especial da Comunidade de Pescadores Tradicionais de Zacarias, que há mais de um século praticam a pesca artesanal na lagoa e vem buscando sobreviver à expansão dessas atividades (LOUREIRO et al., 2010). O rápido adensamento de construções no entorno das lagoas tem causado uma série de problemas, como o descarte inadequado de lixo e lançamento de esgoto nas águas das lagoas em Maricá (RODRIGUES et al., 2015).

Figura 1- Localização da Lagoa de Maricá no estado do Rio de Janeiro



Fonte: A autora, 2018.

A descarga irregular de esgoto no ambiente costeiro aumentou nas últimas décadas. A alta demanda de água nas cidades acresce o volume de águas residuais (GRUBER et al., 2003). O esgoto lançado *in natura* degrada os ambientes aquáticos e a qualidade da água decai podendo gerar uma excessiva quantidade de nutrientes causando o crescimento rápido de algas; ou deixar altas concentrações de elementos traços (chumbo, cobre, mercúrio, entre outros), podendo ser tóxico a qualquer organismo (CASTRO & HUBER, 2012). O atual uso e ocupação da cobertura do solo nessa região compromete também a qualidade dos aquíferos,

que apresentam elevado grau de vulnerabilidade (ALMEIDA e JUNIOR, 2007; SEABRA, 2007). A poluição ambiental causada pelo despejo de substâncias não tratadas em ecossistemas aquáticos é um dos grandes desafios da sociedade. Apesar de muitas pesquisas, a sociedade ainda não sabe exatamente como lidar com os rejeitos produzidos em suas atividades cotidianas (COUTO, 2008). Nesse sentido, o presente trabalho busca realizar uma análise geoambiental na Lagoa de Maricá a partir da caracterização dos parâmetros físico-químicos, da concentração de nutrientes inorgânicos dissolvidos e clorofila *a*, para estabelecer um diagnóstico acerca da qualidade da água e, principalmente, compreender a relação entre a dinâmica natural e as contribuições antrópicas neste ambiente.

1 OBJETIVOS

Objetivo geral:

Este trabalho tem como objetivo geral analisar os parâmetros físico-químicos e as concentrações de nutrientes inorgânicos da Lagoa de Maricá, em associação com a dinâmica atual, como indicativos da qualidade ambiental e para a identificação das diferentes fontes responsáveis pelo atual nível de degradação deste ambiente.

Objetivos específicos:

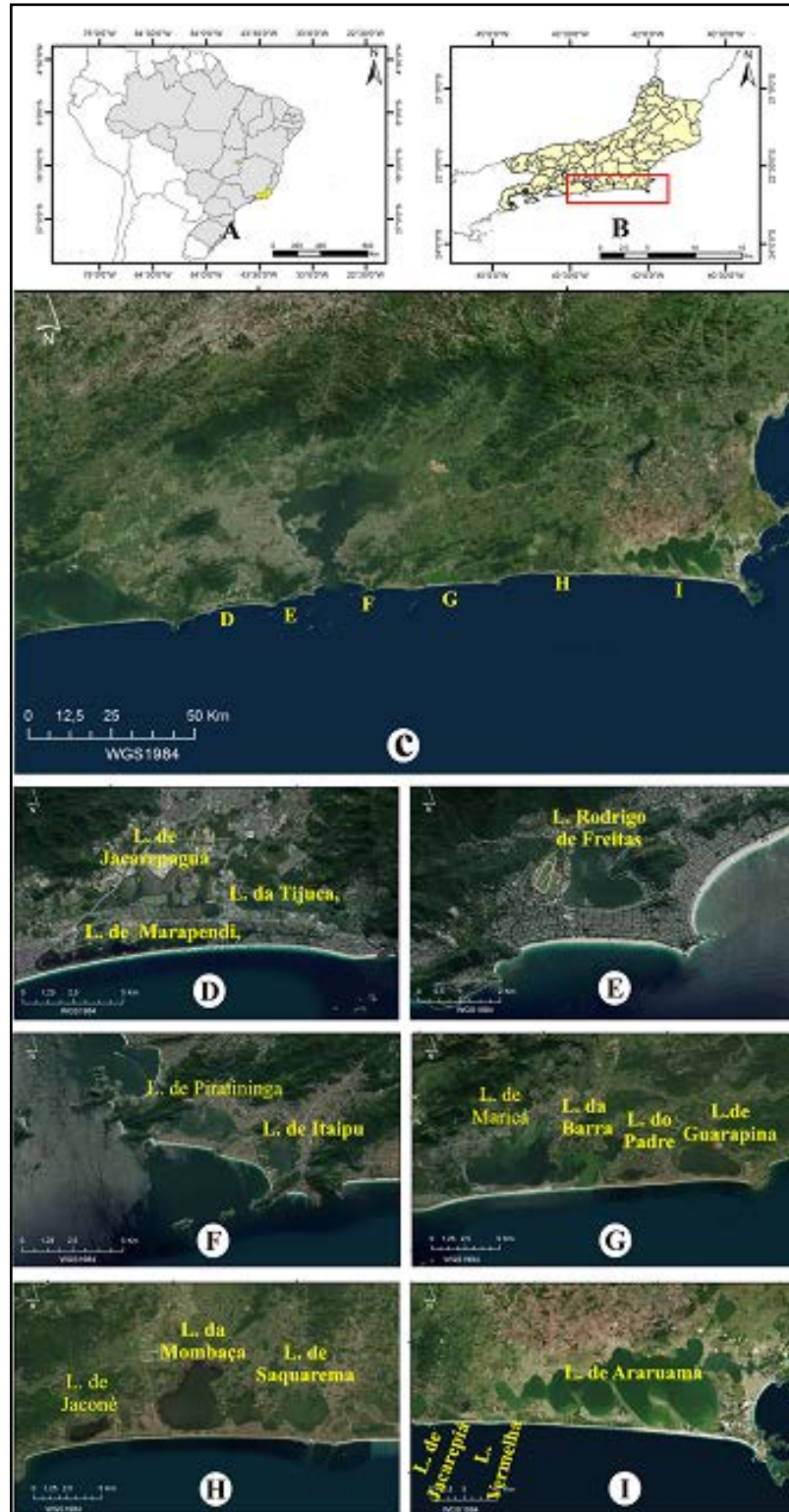
1. Realizar uma análise geoambiental da Lagoa de Maricá a partir dos seguintes parâmetros: temperatura, pH (potencial hidrogeniônico), OD (oxigênio dissolvido), salinidade, condutividade elétrica, turbidez e Eh (oxi-redução).
2. Identificar as concentrações de nutrientes inorgânicos dissolvidos (nitrato, nitrito, amônia e fosfato) e clorofila *a*, para entender os potenciais processos de poluição por estes elementos e os setores mais impactados no sistema aquático estudado.
3. Identificar as principais atividades e fontes poluidoras da Lagoa de Maricá, através de uma visão integrada dos elementos físicos e biológicos a partir de uma perspectiva geográfica.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Sistemas lagunares no litoral fluminense

Lagoas costeiras estão presentes em toda a costa brasileira, especialmente nos estados do Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul (ESTEVEES, 1998b). O litoral fluminense (Figura 2A e B) é composto por diversas lagoas de tamanhos variados, que ocupam diferentes posições na planície costeira (Figura 2B e C). As principais são representadas pelo complexo lagunar de Jacarepaguá (Figura 2D) e Lagoa Rodrigo de Freitas (Figura 2E), na cidade do Rio de Janeiro; sistema lagunar Piratininga-Itaipu (Figura 2F), em Niterói; sistema lagunar de Maricá-Guarapina, em Maricá (Figura 2G); Lagoa de Jaconé, em Maricá; sistema lagunar de Saquarema, em Saquarema (Figura 2H); Lagoa de Araruama, nos municípios de Araruama, Iguaba Grande, São Pedro da Aldeia, Cabo Frio e Arraial do Cabo (Figura 2I). Existem vários fatores que individualizam as lagoas costeiras, para isso utilizamos inúmeros autores que pesquisaram sobre os mecanismos de formação, características ambientais e problemas relacionados à poluição e degradação destes ambientes.

Figura 2 - Localização de algumas lagunas ao longo do litoral fluminense



Legenda: Localização de algumas lagunas ao longo do litoral fluminense (A, B e C); Complexo lagunar de Jacarepaguá (D); Lagoa Rodrigo de Freitas (E); Lagoa Piratininga e Itaipu (F); Sistema lagunar de Maricá-Guarapina (G); Lagoa de Jaconé e Complexo lagunar de Saquarema (H); Lagoa de Araruama (I).

Fonte: A autora, 2018.

Um estudo pioneiro realizado no litoral fluminense por Lamego (1940; 1945) destaca que a formação das lagoas costeiras neste litoral ocorreu a partir do fechamento de antigas enseadas por cordões litorâneos. Amador (2006), cita como exemplos de lagoas fluminenses formadas a partir da barragem por cordões litorâneos as lagoas Feia, Araruama, as do complexo lagunar de Maricá (Maricá, Guarapina, do Padre, da Barra), Saquarema, Jaconé, Rodrigo de Freitas, Itaipu, Piratininga e Imboacica. Para o referido autor, essas lagoas possuem aportes diferenciados de sedimentos, salinidade e apresentam comunicação com o mar variando de acordo com o contexto litorâneo. Contrapondo o modelo de evolução dos sistemas barreira-laguna apontado por Lamego (1940; 1945) para o litoral fluminense, as flutuações do nível do mar foram consideradas um fator determinante para a evolução da planície costeira no Rio de Janeiro (PERRIN, 1984; MUEHE E CORRÊA, 1989, TURCQ et al., 1999, SILVA et al., 2011).

Segundo Dias & Kjerfve (2009) a planície sedimentar fluminense é de baixa altitude, pois caracteriza-se por inúmeras lagoas costeiras represadas à retaguarda dos cordões litorâneos. As lagoas costeiras do estado do Rio de Janeiro apresentam formação distinta: (a) lagoas do Pleistoceno superior, lagoas de água doce devido à pouca influência marinha; (b) lagoas associadas ao transgressivo holocênico como Araruama, Maricá, Jacarepaguá e Feia (c) lagoas relacionadas com a submersão holocênica, com intercordões de restinga como Macaé – Massambaba (DIAS & KJERFVE, 2009).

As lagoas costeiras fluminenses são paralelas ao litoral e classificadas como lagoas sufocadas (*Choked*), por terem restrita troca de água com o mar (KJERFVE, 1986; KJERFVE & MAGILL, 1989; KJERFVE, 1994). Em lagoas costeiras sufocadas, o canal de entrada serve como um filtro dinâmico que reduz ou elimina as flutuações da água das marés e correntes de maré (KJERFVE 1986; KJERFVE & KNOPPERS, 1999). As lagoas costeiras localizadas entre as cidades de Niterói e Cabo Frio apresentam extensão variando entre 0,5 a 270 km², com profundidade média entre 1 e 2 m (KNOPPERS et al., 1991).

As fontes de suprimentos de algumas lagoas costeiras fluminenses podem ser classificados em externas, marginais e internas: (1) as fontes externas são constituídas por sedimentos provenientes da bacia fluvial contribuinte, associado ao ingresso de águas marinhas, e pela ação eólica como as lagoas de Jacarepaguá e Feia; (2) fontes marginais, que consistem na erosão das margens, no ingresso de sedimentos de mangues/pântanos e no retrabalhamento de areias como a Lagoa de Araruama de Maricá (erosão das falésias); e (3) fontes internas, que consistem nos sedimentos gerados dentro da lagoa e que podem ser de

origem biológica ou química, como ocorre na Lagoa de Maricá e de Araruama (FEEMA, 1985).

A salinidade de uma lagoa pode variar bastante dependendo do regime de chuvas, do *spray* marinho, da entrada de água salgada durante a maré alta e formação de canais artificiais e naturais. O sistema lagunar de Maricá-Guarapina (Maricá, Barra, Padre e Guarapina), por exemplo, apresenta-se sob a influência de águas salobras, devido ao aporte significativo dos pequenos rios misturando água doce e salgada (BÁRBIERE, 1985). No complexo lagunar de Saquarema, a abertura do canal da Barra Franca causou um aumento considerável na salinidade desse ambiente (DIAS et al., 2017). A Lagoa de Araruama, em especial, é considerada um exemplo de sistemas lagunares hipersalinos em estado permanente. Essa laguna se encontra sob clima semiárido, com baixa precipitação e aporte de água doce em relação ao seu volume total (BARBIÉRE, 1985; KJERFVE et al., 1996; KNOPPERS & KJERFVE, 1999).

A abertura da barra arenosa para a troca de água do mar com a lagoa tende a ocorrer naturalmente durante as inundações periódicas, mas também pode ocorrer de forma induzida pelo homem (ESTEVES, 1998a; 1998b). Em Maricá, há registros da abertura da barreira arenosa a frente da lagoa da Barra pelos pescadores há décadas, para viabilizar a entrada de peixes, siris e camarões e favorecer a pesca artesanal (OLIVEIRA et al. 1955; PINHEIRO, 2015; MELLO e VOGEL, 2017). Entretanto, a própria dinâmica costeira se encarregava de fechar esses canais, após um curto período, permitindo a troca de nutrientes e a entrada de peixes na Lagoa de Maricá (OLIVEIRA et al., 1955). Segundo Esteves (1998b) na região norte fluminense eram feitas aberturas artificiais pelo menos uma vez ao ano. Do ponto de vista ecológico, esse procedimento não é recomendável, pois promove alterações bruscas nos parâmetros físico-químicos da água, aumento da turbidez interferindo nas comunidades fitoplanctônicas, zooplanctônicas e zoobentônicas, reduz ou elimina as macrófitas aquáticas, os peixes e camarões de água doce, e permite a entrada de peixes marinhos. Na Lagoa Rodrigo de Freitas, o Canal do Jardim de Alah está constantemente aberto, permitindo a entrada de poluentes e o assoreamento deste ambiente, dificultando e restringindo a renovação das águas da Lagoa (SOARES et al., 2012); sendo necessárias operações de dragagem frequentes para que o mesmo se mantenha aberto (LIMA e ROSMAN, 2017). Na Lagoa de Saquarema, a abertura permanente de sua barra (canal Barra Franca) não contribuiu para a melhoria na qualidade da água. As concentrações de alguns nutrientes diminuíram, entretanto aumentou a quantidade de nitrito e nitrato, devido o aporte de esgoto (CARLONI et al., 2010; DIAS et al., 2017). No complexo lagunar Piratininga-Itaipu a construção do canal melhorou a

hidrodinâmica e a circulação interna neste ambiente, o que auxiliou na diminuição da quantidade de matéria orgânica nessas lagoas (CERDA et al. , 2013). Estudos sobre os impactos ecológicos causados pela abertura artificial de canais cortando as barreiras arenosas é essencial, principalmente para que se possa estabelecer o período de tempo necessário para garantir a troca biológica apropriada (YÁÑEZ-ARANCIBIA,1987).

Os impactos ambientais em lagoas costeiras tendem a se acentuar devido a sua pequena dimensão, pela pouca profundidade e por estarem localizadas em áreas de grande importância turística e imobiliária. Impactos por despejo de esgoto sem tratamento e recebimento de maiores volumes de sedimentos ocorre com mais intensidade em áreas de alta densidade populacional, como no complexo lagunar de Piratininga-Itaipu (VALLEGO, 1999; MENDES, 2011), em Jacarepaguá (SAMPAIO, 2008), na Lagoa Rodrigo de Freitas (ARAÚJO, 2010; SOARES et al., 2012), no complexo lagunar de Saquarema (MENDES, 2011, DIAS et al., 2017), na Lagoa de Araruama (MAGALHÃES, 2012), e em diversas outras localizadas ao longo do litoral fluminense.

A eutrofização de ambientes lagunares ocorre com frequência e uma das consequências é a ocorrência de florações de cianobactérias tóxicas, que podem causar a contaminação e trazer prejuízos a biota local e mortandade de peixes, como ocorre no complexo lagunar de Jacarepaguá (SAMPAIO, 2008; GOMES et al., 2009), na Lagoa Rodrigo de Freitas (DOMINGOS et al, 2012), na Lagoa de Araruama (OLIVEIRA et al., 2011), na Lagoa de Maricá, relacionados a períodos prolongados de estiagem (RODRIGUES et al., 2015). As florações de microalgas provocaram mudanças na comunidade fitoplanctônica e desencadeiam eventos de mortandade de toneladas de peixes associada à queda nos teores de oxigênio dissolvido (OLIVEIRA et al., 2011). Nas lagoas de Araruama, Rodrigo de Freitas e da Tijuca foram verificadas reduções da riqueza de macroalgas (espécies tardias e de ciclo de vida longo), com concomitante predomínio de espécies oportunista (AMARAL, 2014). Há grandes probabilidades de espécies tóxicas serem capazes de mineralizar formas orgânicas para as formas inorgânicas de nitrogênio e fósforo que são mais rapidamente assimiladas pelas algas (MAGALHÃES, 2012). Eventos de mortandade maciça de peixes em lagoas costeiras fluminense são frequentes, principalmente no verão. Nesse período do ano, apesar do aporte de chuvas, as altas temperaturas contribuem para a redução da disponibilidade de oxigênio dissolvido na água (DOMINGOS, 2006). As dificuldades de troca hídrica com o mar aumentam os eventos de mortandade de peixes, que passaram a ocorrer com frequência na Lagoa Rodrigo de Freitas (MACHADO, 2009; SOARES et al., 2012).

A contaminação por metais pesados também é um problema presente nas lagoas costeiras fluminenses. Há inúmeros trabalhos avaliando as concentrações deste elemento traço nas águas e nos sedimentos das lagoas, e na biota marinha (macrófitas e peixes). O aporte de esgoto doméstico pode aumentar as concentrações de metais na coluna d'água. Esses materiais ficam biodisponíveis nos sedimentos e são remobilizados nas dragagens, concentrando elementos-traço nos tecidos das macroalgas e macrófitas aquática na Lagoa Rodrigo de Freitas (LOUREIRO, 2006; ARAÚJO, 2010; LOUREIRO, 2010), e na Lagoa da Tijuca (REBELO, 2016). A matéria orgânica e as frações de silte-argila podem funcionar como carreador de elementos traço. Estudo realizado por Mendes (2011) constatou que estes se encontram disponíveis na fauna bentônica presente nos sistemas lagunares de Piratininga-Itaipu e Saquarema-Jaconé. Há casos de poluição por deposição atmosférica de metais pesados e por micropoluentes orgânicos de origem industrial, como verificado por Knoppers et al. (1990) na Lagoa de Guarapina.

Outro problema ambiental constantemente relatado em diversos estudos, refere-se a redução do espelho d'água a partir de sucessivos aterros para ampliação de áreas destinadas à ocupação. Tal problema foi evidenciado no complexo lagunar de Piratininga-Itaipu (LAVENÉRE-WANDERLEY, 1999; FONTENELLE & CORRÊA, 2014). Extensas áreas foram reduzidas no entorno da Lagoa da Tijuca nas últimas décadas (manguezais, restingas e áreas de brejos). A faixa marginal da lagoa sofreu inúmeras alterações e o corpo lagunar apresenta um estado de degradação avançado (MENA et al., 2014). Os sucessivos aterros com a finalidade de aumentar áreas para construção de casas, comércios e condomínios, também ocorreu durante décadas na Lagoa de Araruama, promovendo a redução do espelho d'água. Os aterros atingiram áreas marginais do canal de Itajuru, reduzindo as trocas de água entre a lagoa e o mar (BIDEGAIN & BIZERRIL, 2002)

2.2 Lagoa de Maricá

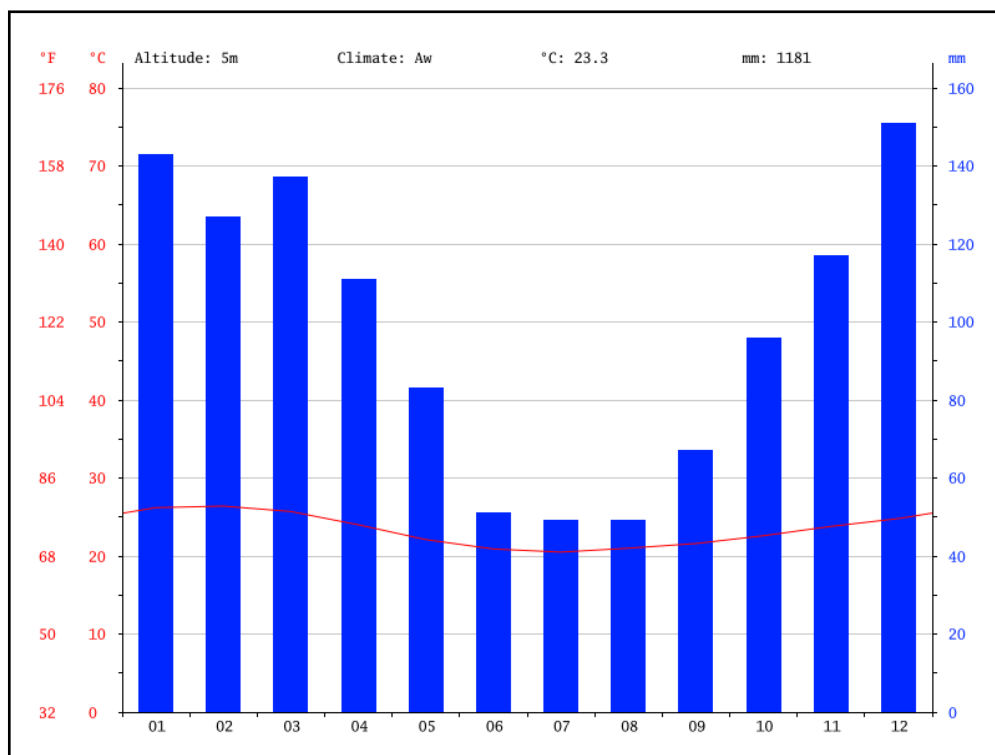
A Lagoa de Maricá (Figuras 1), também conhecida como Lagoa de São José, está localizada a aproximadamente 50 km a leste da cidade do Rio de Janeiro. Essa lagoa possui cerca de 6,3 km de extensão e 4,5 km de largura na porção mais larga. Apresenta cerca de 19 km² de área e uma profundidade máxima em torno de 2 m, com um fundo suave e em forma de prato (BARBIÉRE, 1985; SILVESTRE et al., 2017). O fundo plano é o resultado da

redistribuição de sedimentos pela hidrodinâmica interna influenciada, principalmente, pelo regime de ventos (TURCQ & AZEVEDO, 1984).

Conforme destacado por Silvestre et al. (2017), trata-se da maior e mais interna entre todas as lagoas que formam o sistema lagunar Maricá-Guarapina. Segundo estes autores, as lagoas deste litoral estão conectadas por diversos canais que formam um único sistema lagunar, com uma área de 37 km² aproximadamente (Figura 2). A conexão com o oceano ocorre pelo canal de Ponta Negra construído artificialmente na Lagoa de Guarapina no ano de 1951 através de um programa governamental de saneamento (OLIVEIRA et al., 1955; SEMADS, 2001). A construção deste canal causou o rebaixamento do nível de água de todo sistema lagunar de Maricá (SEMADS, 2001). Entre a Lagoa de Maricá e a praia de Itaipuaçu (a oeste) a conexão com o mar se dá por meio do Canal da Costa, que possui cerca de 15 km de extensão e é responsável pela drenagem desta parte da planície costeira (SEMADS, 2011). O Canal da Costa, atualmente, não contribui para a troca de água entre a laguna e o mar e apresenta condições degradadas devido o descarte de esgoto (PRADEL e BARROCAS, 2017). A Lagoa de Maricá recebe descarga fluvial do Rio Mumbuca e dos córregos Imbassaí, Itapeba, Buriche, Cunha e Cancio (POLLERY, 1995; SEMADS, 2011). Trata-se de uma laguna do tipo sufocada (KJERFVE & MAGILL, 1989; KJERFVE, 1986 apud KJERFVE, 1994). Nesse tipo de laguna a renovação da água é dificultada pela pouca abertura e ligação com o mar; conseqüentemente, um ambiente com potencial para acumular matéria orgânica fornecida por plânctons e macrófitas aquáticas - principalmente a *Typha Domingues* (FERNANDES, 1993; CARMOUZE e RODRIGUES, 2001).

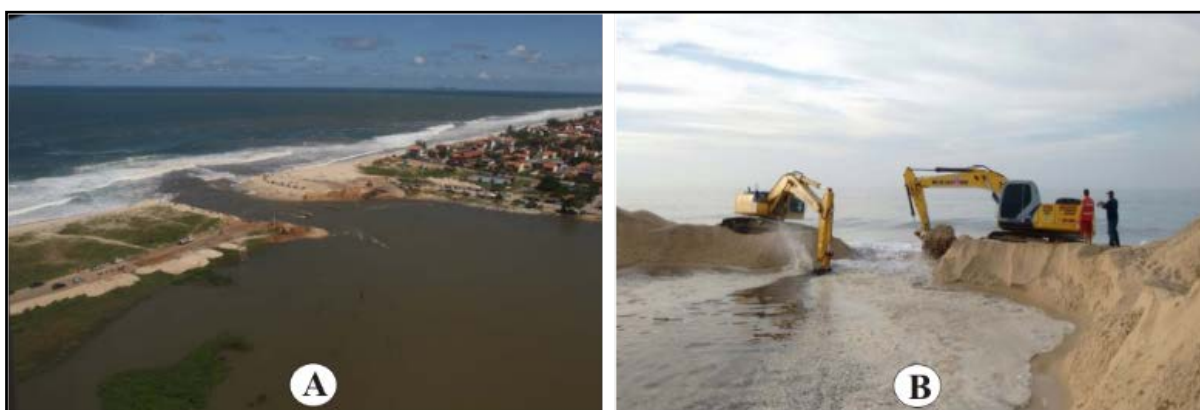
O município de Maricá possui um clima tropical, com temperatura média anual de 23.3 °C e pluviosidade média anual de 1181 mm. Em condições normais, chove mais no verão do que no inverno (Figura 3) (CLIMATE-DATA, 2017). Em alguns anos ocorrem eventos de chuvas intensas, comumente no fim do verão. No mês de Abril de 2010, choveu 300 mm de chuva em apenas 3 dias. E em fevereiro de 2016 choveu 258 mm em apenas um único dia, aumentando o nível de todo o sistema lagunar de Maricá. Para resolver o problema das enchentes causadas em decorrência das fortes chuvas, o governo local realiza a abertura do Canal da Barra de Maricá, para o escoamento das águas do sistema lagunar (Figura 4 A e B) (PRADEL e BARROCAS, 2017).

Figura 3 - Gráfico de pluviosidade de Maricá



Fonte: Climate-Data, 2017.

Figura 4 - Canal aberto artificialmente na Barra de Maricá para rebaixar o nível das lagoas de Maricá após a ocorrência de chuvas torrenciais



Fonte: A- Carlos Magno, 2010; e B- Prefeitura de Maricá, 2016.

Segundo Silvestre et al. (2017), o complexo lagunar de Maricá compõe a Área de Proteção Ambiental (APA) das Lagoas, criada pela Lei municipal nº 416, de 04 de setembro de 1984. Como consta neste mesmo decreto, a Lagoa Maricá está situada na Zona de Ocupação Controlada (ZOC). Entre as lagoas que formam o sistema-lagunar de Maricá, a Lagoa de Maricá é a que apresenta a menor salinidade (entre 0 e 18 ‰), dependendo das

condições meteorológicas e do tempo de abertura do canal de Ponta Negra (KJERFVE e KNOPPERS, 1999; LACERDA e GONÇALVES, 2001; GUERRA et al., 2011; citados por SILVESTRE et al., 2017). A balneabilidade da Lagoa de Maricá é quase sempre imprópria, como consequência da baixa renovação da água (KJERFVE e KNOPPERS, 1999; GUERRA et al., 2011 citado por SILVESTRE et al., 2017).

A planície costeira de Maricá apresenta duas barreiras arenosas separadas por uma série de pequenas lagoas colmatadas e pelas lagoas de Maricá, Barra, Padre e Guarapina, formando o complexo lagunar Maricá-Guarapina (Figura 5). Apresenta três compartimentos morfológicos: uma barreira arenosa de idade holocênica; uma planície estreita, formada também no Holoceno com lagoas colmatadas; e a barreira arenosa pleistocênica localizada na parte mais interna da planície costeira (SILVA et al., 2014c). A Lagoa de Maricá, localizada à retaguarda da barreira interna, faz parte desse sistema formado no Pleistoceno (TURCQ et al., 1999; SILVA, 2011; SILVA et al., 2014a; SILVA et al., 2014b).

Figura 5 - Localização de algumas lagoas ao longo do litoral fluminense



Fonte: Guichard (2009).

A evolução geológica da planície costeira de Maricá foi fortemente controlada por variações do nível do mar. Essas mudanças foram essenciais para a formação das unidades deposicionais costeiras e para a migração das barreiras arenosas, causando progradação e retrogradação (SILVA, 2011). Silva et al. (2014b,c) apresentou a evolução geológica dos sistemas barreira-lagunares no litoral de Maricá. O autor dividiu o pacote costeiro em três sequências deposicionais: Sequência Costeira Pleistocênica I, Sequência Costeira Pleistocênica II (datada entre 40.000 e 46.000 anos AP) e Sequência Costeira Holocênica (8110±30 anos AP), todas associadas a sistemas de barreiras e lagunas desenvolvidos ao longo do Quaternário.

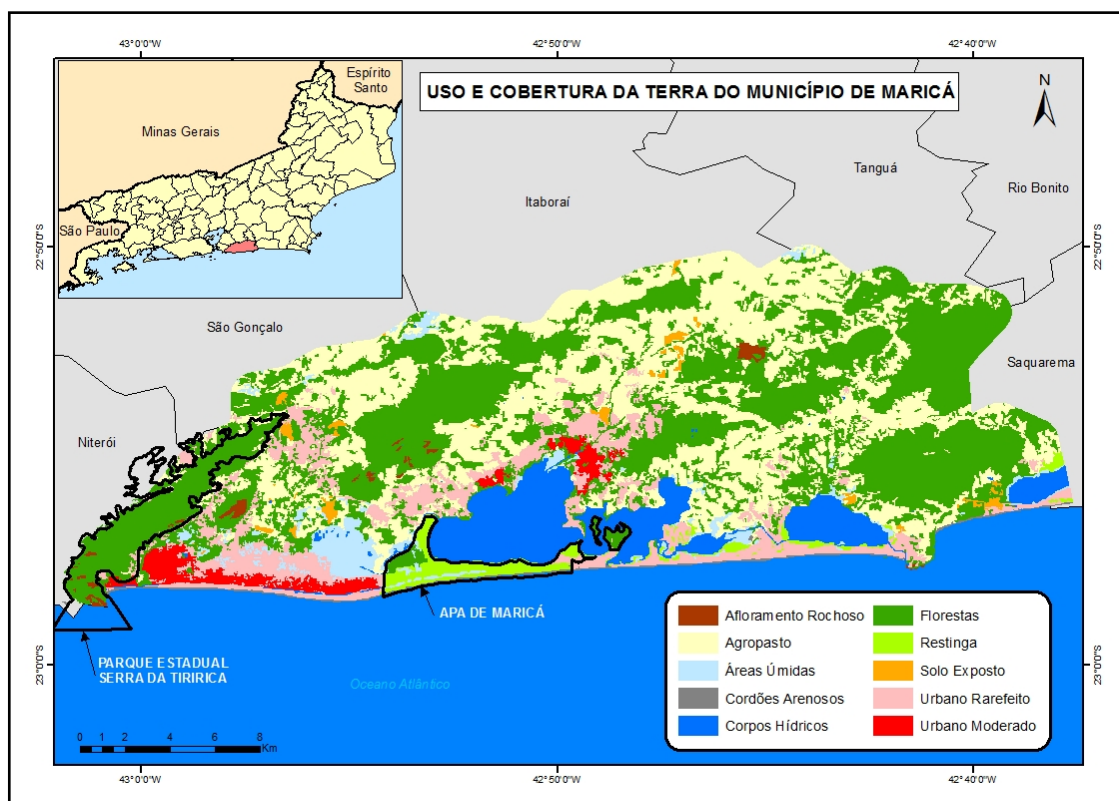
Estudo realizado por Silvestre et al. (2017) permitiu a caracterização sedimentar da Lagoa de Maricá. Os sedimentos do fundo lagunar são compostos basicamente por silte arenoso e areia siltosa, como resultado da contribuição de pequenos rios que drenam para a lagoa. Areia siltosa (com argila) é depositada pelo Rio Mumbuca no setor nordeste formando um pequeno delta dentro da lagoa. Na margem lagunar norte predominam areia cascalhosa e cascalho arenoso pobremente selecionado, resultantes da erosão dos afloramentos Pré-Cambrianos e da urbanização no entorno desta laguna. Na margem associada à restinga predominam sedimentos nas frações areia grossa e média, semelhante à das barreiras arenosas localizadas na APA de Maricá. Essas areias são quartzosas com presença de feldspato, micas, minerais pesados, com conchas e fragmentos de conchas (SILVESTRE et al., 2017).

Os ventos de tempestade e a transposição de ondas representam os processos responsáveis pelo transporte de areias das barreiras para a laguna ao longo do tempo (SILVESTRE et al., 2017). Os ventos também são responsáveis pela formação de ondas capazes de retrabalhar os sedimentos das margens e do fundo lagunar (SILVESTRE et al., 2017; TURCQ e AZEVEDO, 1989). A descarga fluvial, os ventos fortes e as ondas representam, portanto, os principais processos responsáveis pela dinâmica e distribuição dos vários tipos de sedimentos presentes na Lagoa de Maricá (SILVESTRE et al., 2017). As ondas superficiais podem gerar correntes internas que quebram a estabilidade térmica e mistura as águas da laguna (ESTEVEZ, 1992).

Apesar de estar localizada em uma área urbana o entorno da Lagoa de Maricá ainda apresenta ambientes relativamente preservados (áreas de brejos, restingas, falésias, entre outros). A urbanização no entorno dessa lagoa é mais evidente na margem norte e, principalmente, na porção nordeste da mesma (Figura 6). Este complexo ambiental é bastante expressivo do ponto de vista da preservação da biodiversidade, da produtividade dos ecossistemas, e na conservação do patrimônio paisagístico, cultural e histórico (HOLZER et

al., 2004). Tal característica, faz desta área um local propício ao desenvolvimento de estudos científicos voltados para as mais diversas áreas de conhecimento (HOLZER et al., 2004; DINIZ et al., 2015).

Figura 6 - Mapa de uso e cobertura da terra do município de Maricá do ano de 2014



Fonte: Correia (2014).

A ocupação desordenada das áreas no entorno das lagoas costeiras no município de Maricá tem gerado impactos provenientes das atividades desenvolvidas na região, tais como: o crescimento imobiliário, loteamentos irregulares a pecuária. Da mesma forma, as atividades no entorno como a extração ilegal de areia e a exploração mecanizada de argila, tendem a contribuir com o descarte de poluentes domésticos e industriais na laguna, promovendo alterações na qualidade da água, culminando no desequilíbrio do ecossistema aquático (eutrofização) (CRUZ et al., 1996).

As lagoas costeiras em Maricá sofreram grandes alterações decorrentes da expansão urbana e das atividades econômicas no seu entorno. A falta de um planejamento adequado frente a esse intenso processo de ocupação, principalmente no que diz respeito a falta de saneamento básico, tem causado a eutrofização de sistemas aquáticos devido a elevada disponibilização de poluentes no meio, como ressalta Ruttenberg (2003). O litoral de Maricá

sofre com a poluição do sistema lagunar que recebe uma grande quantidade de esgoto sem tratamento dos bairros localizados nas áreas próximas (Figura 7A e B). O esgoto *in natura*, que chega no sistema lagunar por meio dos rios e canais compromete a qualidade da água, causa mau cheiro e produz uma espuma facilmente observada nas margens de algumas lagoas (Figura 7C). Essas condições têm causado a mortandade de peixes, mais frequente nos períodos prolongados de estiagem (Figura 7D). Diversos eventos envolvendo a mortandade de peixes foram registrados nos últimos anos, conforme destacado por Souza (2015).

Figura 7 - Poluição chegando na lagoa de Maricá



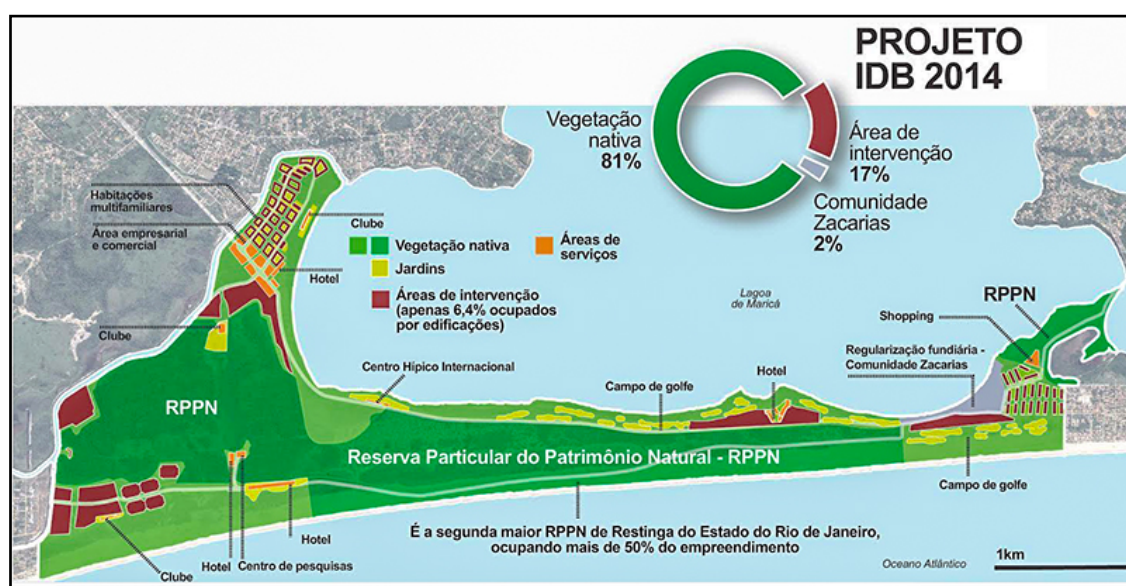
Lengenda: Poluição chegando na lagoa de Maricá, proveniente de um pequeno rio que nela deságua (A e B). Espuma concentrada na margem sul da lagoa de Maricá com forte cheiro de decomposição (C). Mortandade de peixes ocorrida na lagoa da Barra de Maricá no dia 17 de janeiro de 2015 (D).
 Fonte: Fotos A e B, Desirée Guichard (2009); C, André Silva (2014); D, João Henrique (2015).

Nas áreas preservadas às margens das lagoas é comum a ação de criminosos praticando a caça de animais silvestres e o extrativismo de plantas nas áreas de restinga, como o que ocorre com frequência em relação as orquídeas e bromélias. A Lagoa de Maricá é a que apresenta situação mais preocupante com relação à ocupação urbana no seu entorno, onde se

observa com facilidade o lançamento de esgoto *in natura* em suas águas, situação agravada por sua baixa profundidade (em média 1 metro) e um frágil ecossistema costeiro (RODRIGUES et al., 2015). Os rios e canais que desaguam na lagoa de Maricá, apesar de poucos, contribuem para a degradação das lagoas devido à quantidade de esgoto que transportam (POLLERY, 1995; SANTIAGO, 2008).

Um projeto voltado para a implantação de um *Resort* denominado Fazenda São Bento da Lagoa (Figura 8), dentro da APA de Maricá coloca em risco os ecossistemas presentes na restinga e na Lagoa de Maricá. Este projeto previa inicialmente mudanças na dinâmica da lagoa, por meio de dragagens e abertura de um canal para a criação de uma marina (LOUREIRO et al., 2010; SOUZA, 2015). O projeto foi modificado, diminuindo consideravelmente o percentual de áreas inicialmente previstas para construções dentro da APA (SOUZA, 2015). O ambicioso projeto de construção, caso seja liberado deverá contar com a implantação de um *resort*, construção de uma marina privada com capacidade para aproximadamente 1000 embarcações, a construção de um novo canal ligando a lagoa de Maricá ao oceano, grandes zonas desportivas (campos de golfe), parque empresarial, piscinas, hotéis, entre outros (INEA, 2014). A crescente ocupação das áreas costeiras para especulação imobiliária, loteamentos e empreendimentos turísticos criam conflitos e resistências por parte de pescadores artesanais de Maricá, já que representam uma ameaça à sua permanência (PEREIRA e MELLO, 2011; LOUREIRO et al., 2010; SOUZA, 2015).

Figura 8 - Infográfico do projeto *Resort* Fazenda São Bento da Lagoa

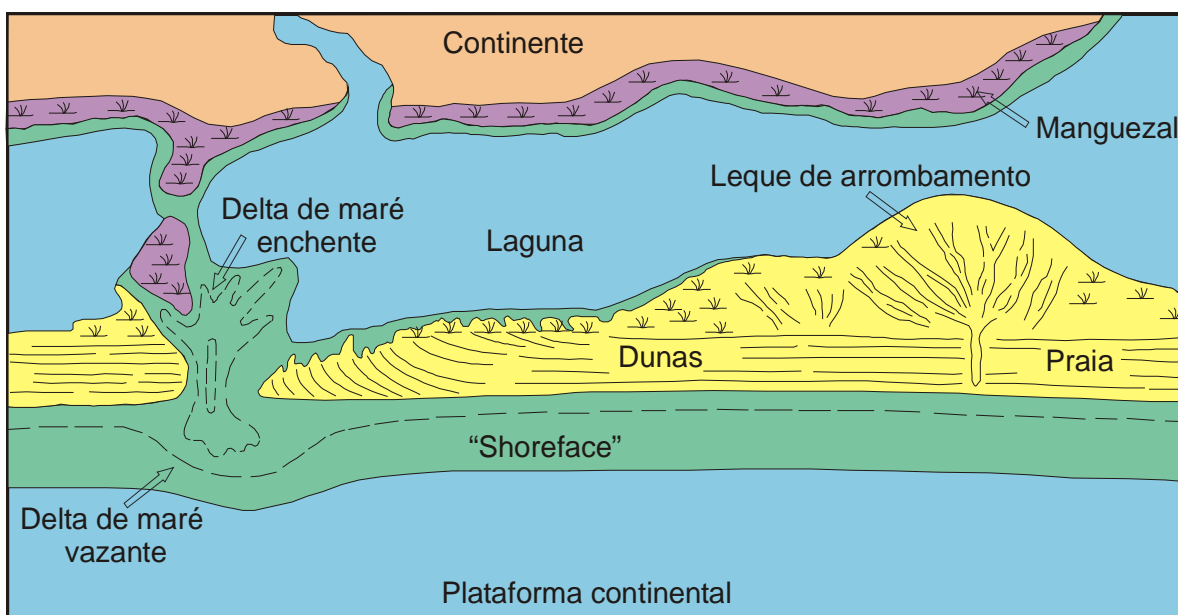


Fonte: Grupo Cetya, 2014

2.3 Geomorfologia, sedimentação e processos

As lagoas costeiras estão geralmente associadas as barreiras arenosas, formando um sistema barreira-laguna (Figura 9), constituído por diversos subambientes, como praias, dunas, canais de maré, leques de arrombamento, mangues, etc. (DAVIS Jr. & FITZGERALD, 2008). As barreiras arenosas (também conhecidas como cordões litorâneos) são depósitos de sedimentos moldados pela dinâmica das ondas, correntes e ventos. A formação e evolução de uma barreira arenosa possibilita o fechamento de enseadas e baías, criando com isso as condições necessárias ao desenvolvimento de lagoas à retaguarda (BIRD, 2008).

Figura 9 - Sistema barreira-laguna e subambientes costeiros associados



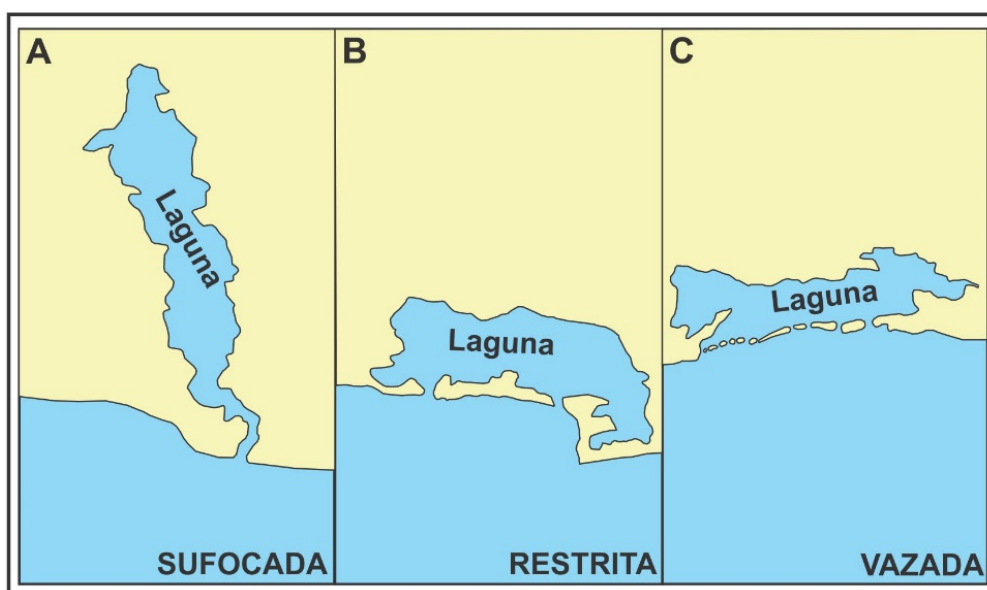
Fonte: Modificada de Scholle e Spearing (1982) por Silva (2011).

As lagoas costeiras estão presentes em 13% dos litorais de todo o mundo. São ambientes rasos, que se desenvolvem geralmente paralelos à linha de costa e podem estar conectados ao oceano por um ou mais canais de maré (KJERFVE, 1994; DAVIS Jr. & FITZGERALD, 2008; BIRD, 2008). Nesses ambientes, a conexão com o mar é restrita, podendo haver uma ou várias aberturas (seccionando as barreiras), mantida principalmente devido à ação das correntes de maré contra o efeito da onda (Figura 9) (ISLA, 1995). Dependendo das condições climáticas locais, da conexão com o mar e da interação com os

processos costeiros a salinidade de uma laguna pode variar bastante (KJERFVE, 1994; BARNES, 2001).

A geomorfologia das lagoas costeiras é bastante variada, o que depende basicamente da taxa e da magnitude da troca de água e sedimentos com o oceano. Sendo assim, as lagoas podem ser classificadas em: (a) sufocadas, quando estas são formadas por uma série de células elípticas conectadas ao oceano por um único canal longo e estreito, geralmente em litorais com ondas de alta energia e corrente de deriva litorânea (Figura 10A); (b) restritas, quando são morfologicamente representadas por corpos d'água grandes e largos, conectadas a dois ou mais canais de maré, possuem uma circulação de corrente bem definida, influenciadas por ventos locais (Figura 10B); e (c) vazadas, com morfologia alongada, muitos canais e correntes de maré vigorosas e fortes o bastante para impedir o fechamento de canais pela ação das ondas e da corrente de deriva litorânea; apresentam salinidades próximas a da água do mar (Figura 10C) (KJERFVE & MAGILL, 1989; KJERFVE, 1986; KJERFVE, 1994).

Figura 10 - Classificação morfológica das lagoas



Fonte: Modificado de KJERFVE, 1986 por Silvestre, 2014.

A formação das lagoas costeiras ocorre principalmente em litorais de margens passivas, em função da baixa declividade da planície costeira; sob condição de micromaré (0 a 2 m de amplitude) e mesomaré (2 a 4 m); e são também influenciadas pelas variáveis climáticas responsáveis pela frequência e magnitude dos eventos meteorológicos de alta energia (BARNES, 2001; DAVIS Jr. & FITZGERALD, 2008; BIRD, 2008).

Os sistemas lagunares são fortemente influenciados pelas flutuações do nível do mar, que causam o afogamento de planícies e canais fluviais (KJERFVE, 1994). Lagoas costeiras são formadas como resultado do aumento do nível do mar durante o Holoceno ou Pleistoceno e a construção de barreiras por processos marinhos que se desenvolveram em resposta as flutuações do nível do mar (KJERFVE, 1994; ISLA, 1995). Por serem vulneráveis as subidas do nível do mar são consideradas geologicamente transitórias e efêmeras (BARNES, 2001).

A circulação das águas nas lagoas costeiras dificilmente é afetada pelo aporte de água doce. A comunicação com o mar é restrita devido à presença da barreira arenosa. Os principais movimentos de água no interior das lagoas costeiras são impulsionados pelas correntes de maré, quando esta se encontra conectada ao mar ou por pequenas ondulações geradas por ventos (BOGGS, 1995).

O suprimento de sedimentos fornecidos pelos rios, a dinâmica de ondas e as variações do nível do mar representam os fatores mais importantes no desenvolvimento de lagoas costeiras. Para Nichols e Boon (1994) os processos de sedimentação das lagoas costeiras são influenciados direta e indiretamente pelas variações climáticas, como: mudança do nível do mar, o fornecimento de fontes de sedimento e a intensidade dos processos de transporte. O clima influencia as fontes de sedimentos terrestres, pois controla a intensidade do intemperismo da rocha e também a disponibilidade de sedimentos, através da precipitação. Segundo Isla (1995), as lagoas costeiras de baixa latitude são condicionadas pela evaporação, sedimentação (relacionada a deltas tropicais), atividade biogênica (lagoas de corais, manguezais) ou eventos episódicos (furacões, monções). Quando a evaporação excede a entrada de água doce, os sais começam a precipitar, como carbonatos, cloretos ou sulfatos.

Os sedimentos de lagoas são misturas derivadas de múltiplas fontes, algumas correntes externas ou do mar, outras internas dentro do próprio sistema. O sedimento não é fornecido uniformemente a uma lagoa, alguns materiais são injetados em fontes pontuais e não são fornecidos de forma simultânea. Os processos de sedimentação de uma lagoa costeira consistem em quatro componentes: (a) erosão nas áreas fontes, (b) transporte de materiais, (c) deposição e acumulação, e (d) acumulação de sedimentos na bacia receptora. Esses processos são produzidos em lagoas pela dissipação de energia do fluxo do rio, das correntes de marés, ondas, gradientes de densidade e forças meteorológicas. À medida que a energia se dissipa, os sedimentos são transportados, misturados ou acumulados. A direção e a intensidade dos processos são determinados não só pela hidrodinâmica, mas também pelo comportamento das partículas, que varia de tamanho, forma, densidade, composição e processamento biológico (NICHOLS & BOON, 1994).

A sedimentação de fundo de uma laguna é constituída principalmente por sedimentos finos (silte e argila), por serem depositados em um ambiente de baixa energia. Esses sedimentos podem ser eventualmente perturbados por organismos (bioturbação) que vivem no fundo da lagoa. A sedimentação arenosa está associada aos processos marinhos que deslocam sedimentos da barreira e da região *offshore* para dentro da laguna através dos canais de maré. Esses canais podem ser fonte de sedimentos grossos (areia e cascalho), devido à alta velocidade das correntes dentro dos canais. Sedimentos na fração areia são encontrados também nas margens das lagunas, onde as pequenas ondulações tendem a inibir a deposição de sedimentos mais finos (KJERFVE, 1994; BOGGS, 1995).

Uma laguna costeira pode ou não estar sujeita à mistura de marés, com condições de água variando entre doce a hipersalina, dependendo do equilíbrio hidrológico (KJERFVE, 1994; BOGGS, 1995). As lagunas formadas em regiões costeiras áridas ou semi-áridas são geralmente hipersalinas, por ocorrer menos influxo de água doce. Em regiões mais úmidas esses ambientes tendem a apresentar água salobra. A salinidade dentro das lagunas pode variar de acordo com as taxas sazonais de precipitação e evaporação, e também pode não ser uniforme em toda a laguna (BOGGS, 1995). Em regiões onde a evaporação excede as precipitações durante todo ou parte do ano, as lagunas são muitas vezes hipersalinas (BARNES, 2001). É de extrema importância compreender o equilíbrio de salinidade de uma laguna costeira, já que esta característica desempenha um papel importante na determinação das características estuarinas da laguna e também serve como determinante biológico. Eventos meteorológicos podem, portanto, produzir variações significativas nos padrões de salinidade (SMITH, 1994).

As lagunas costeiras são extremamente suscetíveis às atividades humanas, devido as intervenções na bacia hidrográfica costeira e também no próprio corpo d'água. Os problemas de qualidade da água ocorrem geralmente pela entrada de poluentes através do sistema de drenagem, pela deposição atmosférica e pela contaminação a partir da interação desta com as águas subterrâneas (KENNISH & PAERL, 2010). Os estuários e lagunas são ecossistemas de intensa fertilização e produtividade primária. A produtividade dos níveis tróficos tem sido uma preocupação constante desde a virada do século, uma vez que os sistemas marinhos e costeiros geralmente recebem o escoamento de grandes áreas continentais, bem como, a descarga de esgoto das principais cidades (NIXON et al., 1986).

Além disso, as atividades humanas também podem alterar drasticamente o suprimento de sedimentos, por meio da construção de barragens e utilização de áreas ao longo das bacias hidrográficas para a agricultura. Cria-se uma nova fonte de sedimentos nas lagunas que inclui:

lodo de esgoto, partículas de carvão, cinzas volantes, entulhos de construção civil, hidrocarbonetos, assim como, uma variedade de resíduos industriais sólidos e químicos (NICHOLS & BOON, 1994). Para Suzuki (2005) os distúrbios que ocorrem nas lagoas costeiras são o resultado de: despejo de esgoto doméstico e industrial; diminuição de áreas alagáveis a partir de aterros; assoreamento a partir da exploração mineradora e, no caso de lagunas separadas do mar, a abertura de canais. Com isso, modifica-se a hidrodinâmica, os nutrientes e a biodiversidade. A aceleração desses processos pode acarretar na colmatção da laguna, como resultado de um rápido processo de assoreamento desta bacia.

2.4 Parâmetros físico químicos na água

O entendimento dos parâmetros físico-químicos, bem como, da dinâmica atual em associação com os processos sedimentares de ambientes lagunares, torna-se de extrema importância para o planejamento e implementação de estratégias de gestão costeira (KJERFVE, 1986). As frações químicas dos elementos na natureza são influenciadas por fenômenos físico-químicos, tais como o potencial hidrogênio (pH), potencial redox (Eh), oxigênio dissolvido, salinidade, temperatura, a complexação por partículas orgânicas e inorgânicas, argilo-minerais e as reações de troca que ocorrem na interface água-sedimento (BERBEL, 2008). O incremento de nutrientes inorgânicos dissolvidos, principalmente através do lançamento de esgotos domésticos e efluentes industriais, ocasiona o aumento da biomassa contribuindo, portanto, com a degradação da qualidade da água por causa do oxigênio dissolvido, essencial para o desenvolvimento e equilíbrio da biota nos ecossistemas aquáticos (RUTTENBERG, 2003).

A temperatura das águas superficiais é influenciada por inúmeros fatores como: latitude, altitude, estação do ano, radiação solar, circulação de ar, fluxo e profundidade do corpo d'água. É um parâmetro importante, pois afeta os processos físicos, químicos e biológicos em corpos d'água e, portanto, a concentração de muitas variáveis (CHAPMAN & KIMSTACH, 1996). A elevação de temperatura aumenta as taxas de reações químicas e físicas, a transferência de gases e a diminuição da solubilidade de gases (VON SPERLING, 2005; BRAGA et al., 2005).

O pH representa a concentração de íons hidrogênio em solução e atua de forma significativa podendo interferir no transporte iônico entre os organismos e o meio. Indica a

condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água. As variações deste parâmetro ocorrem através dos sólidos e gases dissolvidos (CETESB, 2009). O equilíbrio ácido-base natural de um corpo d'água pode variar dependendo da contribuição fluvial, da entrada dos efluentes domésticos e industriais, das características das águas do lençol freático e da bacia de drenagem (CHAPMAN & KIMSTACH, 1996). Para a manutenção da vida aquática é necessário um pH em torno de 6 a 9. As alterações de pH podem ter origem natural (dissolução de rochas, fotossíntese, entre outras) ou antropogênica (despejos domésticos e industriais). Os principais constituintes da alcalinidade são os bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos (FUNASA, 2014). Com o aumento do pH há possibilidade de formação de óxido de cálcio, que pode provocar corrosão do epitélio branquial e das nadadeiras dos peixes, levando-os à morte. A amônia quando presente no meio em pH acima de 9 e altas temperaturas tende a ser altamente tóxica (CETESB, 2009). A acidez ocorre principalmente na presença de gás carbônico livre na água. A origem da acidez tanto pode ser natural (CO_2 absorvido da atmosfera ou resultante da decomposição de matéria orgânica, presença de gás sulfúrico), como antropogênica (despejos industriais, passagem da água por minas abandonadas, entre outros) (FUNASA, 2014). O pH muito alto ou muito baixo pode ter um efeito direto no usuário como irritações cutâneas e irritações ocular (WHO, 2003).

O oxigênio é considerado uma das variáveis mais importantes na dinâmica e caracterização dos ecossistemas aquáticos. O CO_2 e o O_2 são os gases mais relevantes nos processos biológicos, como a fotossíntese, a respiração e a decomposição da matéria orgânica (PEREIRA, 2004). É o principal parâmetro na caracterização da poluição orgânica derivada de esgotos domésticos (VON SPERLING, 2005). O consumo de oxigênio dissolvido na água dos ambientes aquáticos pode ocorrer em decorrência do lançamento de efluentes, e dessa maneira se torna um importante indicador da qualidade da água. Quando há reduções significativas nas taxas de oxigênio dissolvido, estas podem ser ocasionadas pelo lançamento de quantidades expressivas de matéria orgânica nos ambientes aquáticos, principalmente, por despejos domésticos e industriais causando o aumento da população de micro-organismos (ZUIN et al., 2009). A dissolução de gases na água é influenciada por fatores ambientais como temperatura, pressão e salinidade. Para a manutenção da vida aquática aeróbica são necessários teores mínimos de oxigênio dissolvido, em torno de 2 mg/L a 5 mg/L, considerado o necessário para a sobrevivência das espécies (FUNASA, 2014). O oxigênio dissolvido não terá efeito direto nos usuários, entretanto influenciará a atividade microbiana e o estado de oxidação química de vários metais (WHO, 2003).

A turbidez refere-se à quantidade de partículas em suspensão na água diminuindo a intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessá-la. A turbidez pode estar associada a suspensão de partículas de silte e argilas e na proliferação de algas e outros micro-organismos. Ela pode ser intensificada pelo lançamento de efluentes domésticos e industriais sem tratamento, reduzindo a penetração de luz e, conseqüentemente, prejudicando a fotossíntese (VON SPERLING, 2005). A turbidez é alta, principalmente em regiões com solos erosivos, locais onde a precipitação pode carrear partículas de sedimentos finos, fragmentos de rocha e óxidos metálicos (FUNASA, 2014). Lagunas costeiras de regiões tropicais podem receber grandes quantidades de água e sedimentos fluviais e são geralmente turvas devido a presença de sedimentos em suspensão (BIRD, 1994).

Com base em valores de referência estabelecidos por meio da resolução CONAMA 357 (2005), as águas são consideradas: (a) doce, quando apresentam salinidade igual ou inferior a 0,5‰; (b) salobras, com salinidade superior a 0,5‰ e inferior a 30‰; (c) e salinas, com salinidade igual ou superior a 30‰. As concentrações de salinidade podem se elevar em regiões tropicais onde ocorre maior evaporação dos corpos d'água; nas regiões temperadas a salinidade tende a apresentar concentrações mais baixas (RÉ, 2000). Nas regiões tropicais úmidas, as lagunas costeiras são constantemente alimentadas pelas águas das chuvas e pelo escoamento de suas bacias de drenagem. Nas regiões mais áridas, a salinidade das lagunas aumenta consideravelmente e pode tornar-se hipersalina, com salinidade superior à da água do mar (35‰). As características hidrológicas são determinadas pelo equilíbrio entre as taxas de precipitação e a entrada de água do mar (BIRD, 1994).

A condutividade (ou condutância específica) consiste numa medida de capacidade da água para conduzir uma corrente elétrica (CHAPMAN & KIMSTACH, 1996). É sensível às variações nos sólidos dissolvidos, principalmente sais minerais. Refere-se, portanto, a capacidade que uma determinada solução possui para conduzir ou transportar uma corrente elétrica. Para tal, depende basicamente da presença de espécies de íons carregados, como cálcio, sódio, cloreto de magnésio, entre outros (TRICK et al., 2008). É nesse sentido que nos auxilia na medida de concentração de poluentes, pois a condutividade aumenta à medida que há mais sólidos dissolvidos (CETESB, 2009). A condutividade da maioria das águas varia de 10 a 1.000 $\mu\text{S cm}^{-1}$, mas pode exceder 1.000 $\mu\text{S cm}^{-1}$, especialmente em águas poluídas. Além de ser um indicador aproximado de conteúdo mineral, a condutividade elétrica pode estabelecer uma zona de poluição em torno de uma descarga de efluentes ou a extensão da influência das águas de escoamento (CHAPMAN & KIMSTACH, 1996).

O Eh caracteriza o estado de redução de oxidação das águas naturais. Como medida elétrica, este parâmetro se relaciona diretamente com a oferta e a deficiência de elétrons, ocasionalmente, quando os valores são mínimos e há risco de toxicidade para o ambiente (NORDSTROM & WILDE, 2005). Alguns sistemas orgânicos são os mais influentes na determinação do Eh. Em águas naturais o Eh pode variar de - 500 mV a + 700 mV. Em águas superficiais e subterrâneas, com altas concentrações de oxigênio dissolvido, geralmente são caracterizadas por valores de Eh entre + 100 mV e + 500 mV. Os valores de Eh podem chegar a + 700 mV, quando as concentrações de oxigênio dissolvido aumentarem. Quando há presença de sulfato de hidrogênio, por exemplo, geralmente se observa uma diminuição acentuada em Eh (de até 100 mV ou mais). O Eh de águas minerais associadas com depósitos de petróleo é menor do que zero e pode até alcançar o valor limite de - 500 mV (CHAPMAN & KIMSTACH, 1996).

O aumento das concentrações de nutrientes em ambientes aquáticos pode gerar o aumento da produtividade resultando na eutrofização do corpo d' água. A eutrofização natural é lenta e contínua devido ao aporte de nutrientes trazidos pela chuva e pelo escoamento superficial. A eutrofização antrópica pode ocorrer por diversas fontes como: (a) efluentes agropastoreiros (uso de fertilizantes nitrogenados e fosfatados), (b) domésticos (produtos de limpezas sintéticos e lançamentos de excrementos humanos), (c) industriais (efluentes orgânicos, ricos em fósforo e nitrogênio) e (d) chuvas (regiões de intensa poluição). A eutrofização é um processo que modifica qualitativamente e quantitativamente as comunidades aquáticas (ESTEVES, 1998a). O fósforo e o nitrogênio são os nutrientes mais importantes para a ocorrência da eutrofização nos ecossistemas aquáticos (BRAGA et al., 2000).

A presença de nitrogênio aumenta a oferta de nutrientes na laguna, o que tende a acelerar o crescimento de algas (VON SPERLING, 2005). A determinação de nitrato, nitrito e amônia podem contribuir para a identificação do estado nutricional e o nível de poluição orgânica, ou seja, pode fornecer um diagnóstico acerca do estágio de poluição. No ambiente, o nitrogênio inorgânico ocorre em uma variedade de estados de oxidação como: nitrato (NO_3^-), nitrito (NO_2^-), e o íon de amônio (NH_4^+). Estes, sofrem transformações biológicas e não biológicas no meio ambiente, como parte do ciclo do nitrogênio (CHAPMAN & KIMSTACH, 1996).

Nas áreas rurais e suburbanas, o uso de fertilizantes inorgânicos a base de nitrato pode ser uma fonte significativa de nutriente. As altas concentrações de nitrito são geralmente indicativos de efluentes industriais. Altas concentrações de amônia (NH_3) são tóxicas para a vida aquática. Concentrações elevadas podem ser uma indicação de poluição orgânica, como

de esgotos domésticos, resíduos industriais e fertilizantes, um indicador útil da poluição orgânica (CHAPMAN & KIMSTACH, 1996).

O fósforo (P) ocorre na natureza quase que exclusivamente como fosfato. Em águas naturais é encontrado na forma dissolvida como resultado do intemperismo natural e dissolução de minerais fosfatados, nos processos de erosão e fertilização do solo, e também produto da utilização de substâncias fosfatadas em detergentes industriais, bem como, por processos de tratamento de água (resíduos em águas domésticas e industriais) (ZHANG, 1995; WANG et al., 1996). Na sua origem natural, o fósforo é fundamental para o metabolismo dos seres vivos. Origina-se da decomposição de organismos de origem alóctone e artificialmente aparecem nos esgotos domésticos e industriais, fertilizantes agrícolas, etc. Uma grande concentração tende a provocar a proliferação de algas, que por sua vez provoca a eutrofização, influenciando na alteração dos parâmetros físico-químicos do sistema aquático (ESTEVES, 1998a).

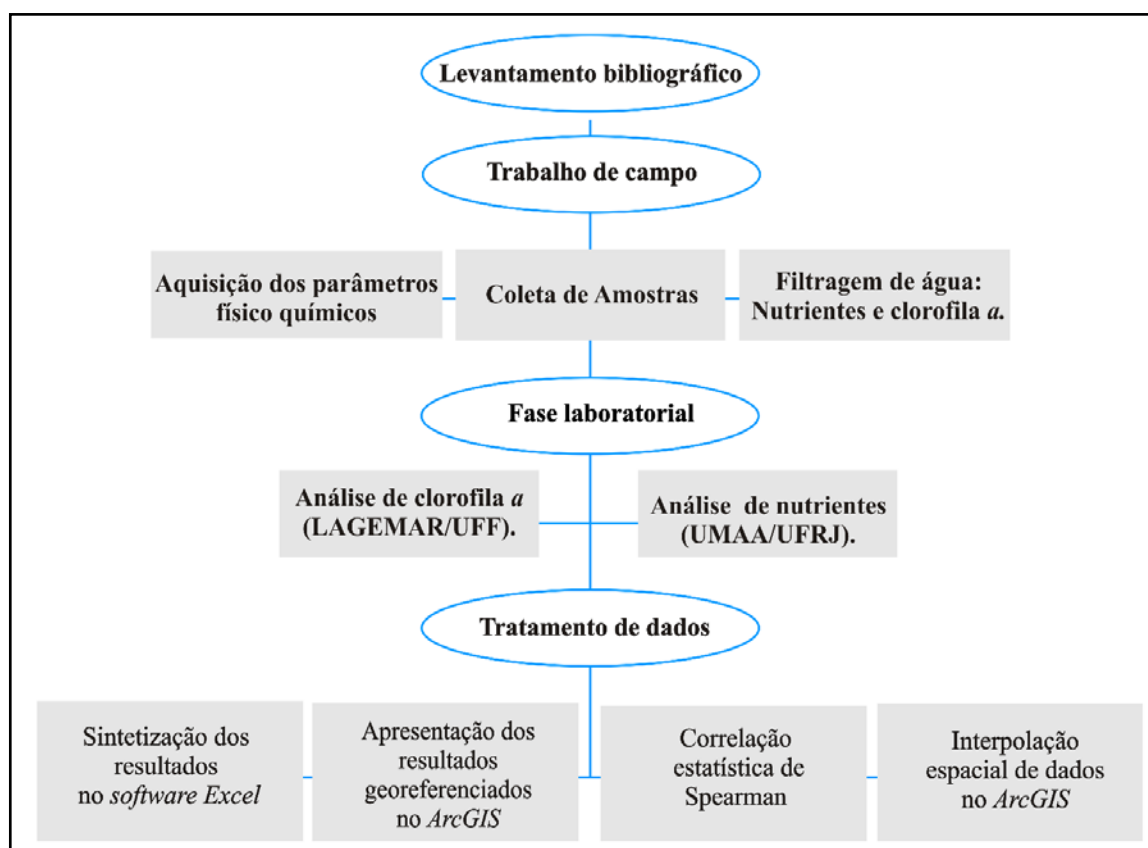
A concentração de pigmentos fotossintetizantes é extensivamente utilizada para estimar a biomassa do fitoplâncton (BARROSO & LITTLEPAGE, 1998). Embora as concentrações de pigmento sejam geralmente correlacionadas com a biomassa do fitoplâncton, essas concentrações de pigmento podem variar a partir do metabolismo, da luz, da temperatura, da disponibilidade de nutrientes e de muitos outros fatores (WETZEL & LIKENS, 1991). Materiais orgânicos podem atuar como uma fonte de nutrientes que estimula o crescimento do fitoplâncton. Uma concentração elevada de nutrientes pode causar um rápido crescimento de algas, diminuindo o nível de oxigênio disponível no ambiente (YÁÑEZ-ARANCIBIA, 1987).

Os feopigmentos (produto da degradação dos pigmentos de clorofila de algas) encontrados em ecossistemas aquáticos são relativamente estáveis e interferem nas determinações espectrofotométricas ou fluorimétricas da clorofila (WETZEL & LIKENS, 1991). A determinação de clorofila *a* e feofitina *a* é uma ferramenta útil na interpretação de resultados de análises físicas e químicas, para a avaliação do grau de eutrofização de um determinado ambiente aquático (CETESB, 2014).

3 METODOLOGIA

A metodologia adotada para o desenvolvimento deste estudo baseou-se primeiramente em um amplo levantamento bibliográfico sobre a geomorfologia e a geoquímica de lagunas costeiras; realização de trabalhos de campo para a aquisição de dados dos parâmetros físico-químicos e coleta de água para a determinação das concentrações de nutrientes em diferentes locais na Lagoa de Maricá; análises diversas feitas no Laboratório de Sedimentologia da Universidade Federal Fluminense e na Unidade Multiusuário de Análises Ambientais (UMAA) da Universidade Federal do Rio de Janeiro; processamento e integração dos resultados obtidos ao longo do desenvolvimento da dissertação (Figura 11).

Figura 11- Esquema contendo as diversas etapas metodológicas



Fonte: A autora, 2018.

3.1 Pesquisa bibliográfica

Objetivando alcançar um melhor entendimento sobre os temas relacionados com o desenvolvimento deste estudo foram feitas pesquisas bibliográficas em bibliotecas (Geociências e Geoquímica da UFF) e, principalmente, por meio de sites de periódicos (nacionais e internacionais), banco de teses e dissertações, livros, jornais, e textos técnicos. As principais contribuições envolvendo estudos em sistemas barreira-laguna foram dadas por Kjerfve (1986); Kjerfve & Magill (1989); Kjerfve (1994); Dias & Kjerfve (2009) Nichols & Boon (1994); Boggs (1995); Bird (1994); Isla (1995); Barnes (1994); Yáñez-Arancibia (1987); Knopper et al., (1991); Muehe (1994); Muehe (2006); Lamego (1940, 1945); Daves JR & Fitzgerald (2008); Kennish & Paerl (2010); Silva (2011); Silva et al. (2014a, 2014b, 2014c). Sobre as diversas metodologias utilizados nesta pesquisa estão as contribuições de: Lorenzen (1967); Von Sperling (1995); Esteves (1998a; 1998b); WHO (2003); Chapman & Kimstach (1996); Trick et al., (2008); Wetzel & Likens (1991); CONANA (2005); CETESB (2011; 2014); Barroso & Linttlepage (1998); entre outras. Dentre os principais estudos sobre geoquímica de ambientes lagunares, limnologia, qualidade de água no litoral do Rio de Janeiro destacam-se: Oliveira et al., (1955); Barbière (1985); Carmouze et al. (1995); Kjerfve et al., (1996); Soares et al., (2012) Fernandes et al. (1989); Turcq e Azevedo (1989); Esteves (1993); Fernandes (1993); Pollery (1995); Knorppes e Moreira (1990); Knorppes et al. (1991); Nascimento e Azevedo (1999); entre outros.

3.2 Metodologia de campo

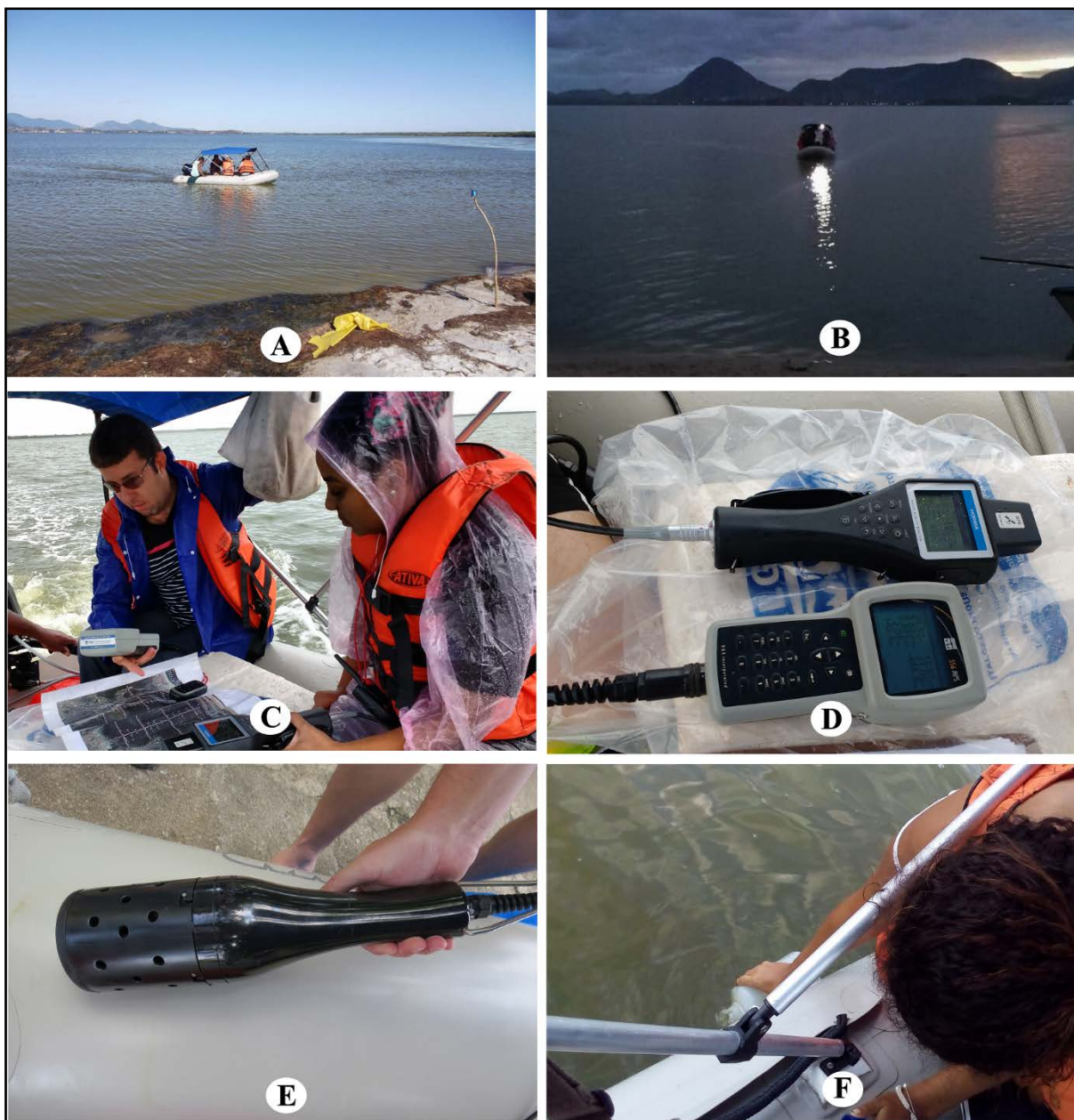
3.2.1 Aquisição dos parâmetros físicos-químicos

Foram realizados dois trabalhos de campo nas estações seca e chuvosa, para a caracterização dos parâmetros físicos-químicos e coleta de amostras de água para análise de nutrientes sob condições diversas (Figura 12). O monitoramento da estação seca foi realizado no mês de outubro de 2016 e o da estação úmida ocorreu em abril de 2017. Para os trabalhos de campo na lagoa de Maricá, utilizou-se um bote inflável da marca REMAR, equipado com

motor de popa de 25 HP (Figura 12A, B), de propriedade do Laboratório de Dinâmicas da Natureza (LABDIN) da FFP-UERJ.

Para a determinação dos locais de monitoramento foi realizada a distribuição de cada ponto a partir das imagens do *Google Earth*, para a obtenção das coordenadas geográficas e confecção do mapa de navegação usado por ocasião dos trabalhos de campo na lagoa. Os locais foram escolhidos com o objetivo de caracterizar de forma representativa os diferentes setores e formas de poluição ao longo dos 19 km² de área na lagoa. Foram selecionados um total de 25 pontos de monitoramento para a aquisição de dados e coleta de amostras de água na Lagoa de Maricá (Figura 13 e Tabela 1), distribuídos de forma a contemplar boa parte da área da mesma, incluindo os locais próximos a desembocadura do rio Mumbuca e canal de São Bento. Algumas áreas não foram alcançadas devido a dificuldades de navegação e de acesso.

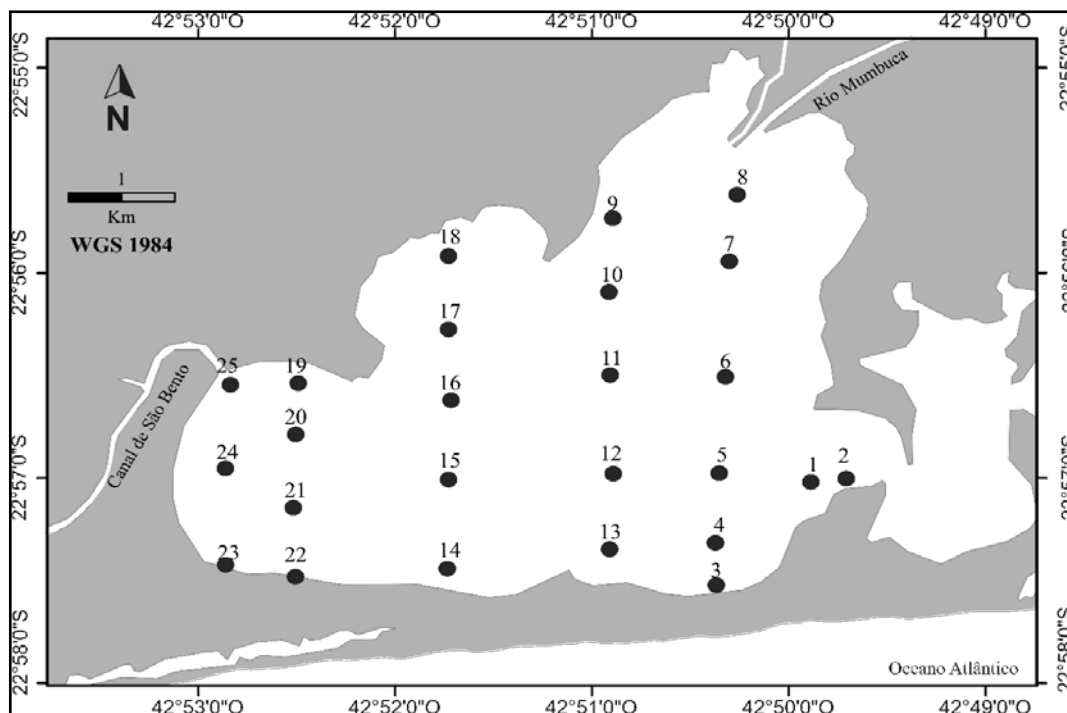
Figura 12 - Trabalho de campo na lagoa de Maricá



Legenda: Trabalho de campo na lagoa com bote inflável equipado com motor de popa de 25 HP (A e B).
Aquisição de dados com o Multi-sensor YSI 556 (C). Multi-sensor YSI 556 MPS e Horiba (D) e sonda
U-50 Multiparameter Water Quality Meter - Horiba (E). Coleta de água na Lagoa de Maricá (F).

Fonte: A autora, 2018.

Figura 13 - Locais selecionados para o monitoramento na Lagoa de Maricá



Fonte: A autora, 2016.

Tabela 1 - Coordenadas geográficas dos locais de monitoramento

ID	Coordenadas	
1	22°57'00.2\"S	42°49'52.5\"W
2	22°56'57.6\"S	42°49'43.2\"W
3	22°57'31.2\"S	42°50'22.1\"W
4	22°57'17.9\"S	42°50'21.1\"W
5	22°56'57.4\"S	42°50'20.3\"W
6	22°56'30.0\"S	42°50'19.3\"W
7	22°55'55.6\" S	42°50'18.1\"W
8	22°55'36.1\"S	42°50'14.0\"W
9	22°55'43.9\"S	42°50'53.6\"W
10	22°56'04.6\"S	42°50'53.9\"W
11	22°56'29.1\"S	42°50'54.0\"W
12	22°56'56.9\"S	42°50'54.2\"W
13	22°57'19.9\"S	42°50'54.4\"W
14	22°57'25.3\"S	42°51'43.3\"W
15	22°56'59.1\"S	42°51'43.3\"W
16	22°56'36.3\"S	42°51'43.3\"W
17	22°56'15.4\"S	42°51'43.3\"W
18	22°55'53.5\"S	42°51'43.3\"W
19	22°56'31.3\"S	42°52'30.3\"W
20	22°56'46.3\"S	42°52'30.3\"W
21	22°57'07.7\"S	42°52'30.3\"W
22	22°57'26.6\"S	42°52'30.3\"W
23	22°57'26.0\"S	42°52'50.7\"W
24	22°56'56.6\"S	42°52'51.1\"W
25	22°56'31.3\"S	42°52'51.1\"W

Fonte: A autora, 2018.

A aquisição dos parâmetros físico-químicos da água foi realizada para monitorar a qualidade efetiva da laguna em cada ponto de monitoramento e amostragem, com base na metodologia proposta por Trick et al. (2008). A análise e integração de todos os dados relativos aos parâmetros físico-químicos da água e o conteúdo de nutrientes permitiu a caracterização do grau de degradação da Lagoa de Maricá e o conhecimento das principais atividades e usos responsáveis pelo comprometimento da qualidade deste ambiente. Os parâmetros físicos-químicos (temperatura, salinidade, condutividade, turbidez, pH, Eh e oxigênio dissolvido) foram medidos na superfície (30 cm) *in situ*, com duas sondas multiparâmetros dos modelos YSI 556 MPS e U-50 *Multiparameter Water Quality Meter* – Horiba (Figura 14C, D), de propriedade do Departamento de Geologia e Geofísica da UFF. Todas as medições foram também registradas em uma planilha por ocasião dos trabalhos de campo.

3.2.2 Coleta de amostras

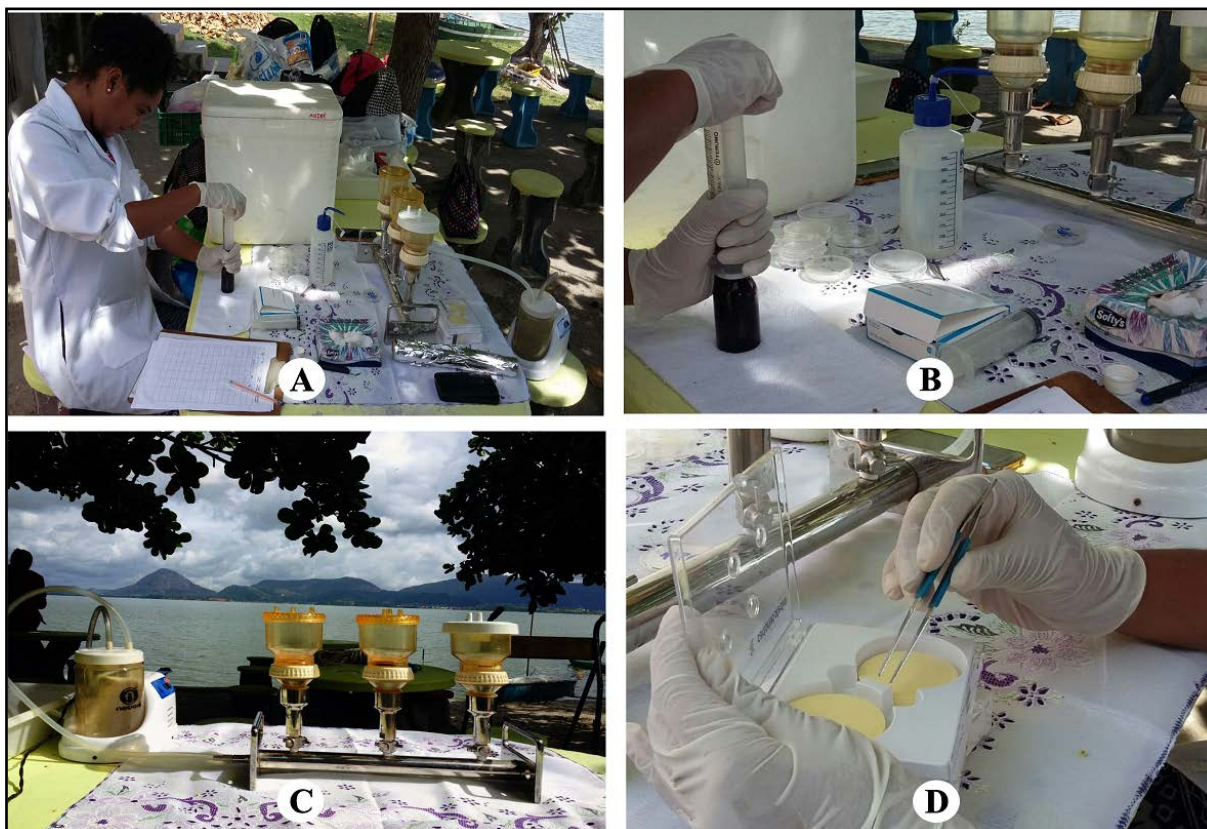
A coleta de água seguiu os critérios técnicos estabelecidos no Manual de Procedimentos de Amostragem e Análise Físico-Química de Água da EMBRAPA (PARON et al., 2011) e o Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras da CESTESB e ANA (2011). A coleta foi feita com garrafa de polietileno submersa a uma profundidade entre 15 e 30 centímetros para a retirada de cerca de 1 litro de água (Figura 12F). As amostras de água foram imediatamente refrigeradas em caixas de isopor e encaminhadas para a filtragem por ocasião do trabalho de campo (Figura 14).

3.2.3 Filtragem de água: nutrientes e clorofila *a*

Para a determinação do teor de nutrientes inorgânicos dissolvidos, as amostras foram filtradas com a membrana filtrante Whatman GF/F, com 47 mm de diâmetro armazenadas em frascos de polietileno e imediatamente congeladas (Figura 14 A, B). Para a determinação das concentrações de Clorofila *a* foi feita a filtragem com o auxílio de uma bomba a vácuo (Figura 14C), utilizando o método de Lorenzen (1967), que consiste na filtragem de 250 ml de

cada amostra em filtros de acetato de celulose *Millipore*, com porosidade de 0,8 mm e diâmetro de 47 mm (Figura 14D). Em seguida, cada filtro com o material retido foi congelado em placas de petri, devidamente envolvidas em papel alumínio para minimizar o efeito da luminosidade sobre a mesma.

Figura 14 - Filtragens para a determinação dos nutrientes dissolvidos e clorofila *a*



Legenda: Filtragem para a determinação dos nutrientes dissolvidos (A); Membrana filtrante Whatman GF/F, com 47 mm de diâmetro (B); Filtragem para a determinação de clorofila *a* (C); Filtros de acetato de celulose *Millipore* (D).

Fonte: A autora, 2018.

3.3 Análises laboratoriais

3.3.1 Análise de Clorofila *a*

Para a determinação de Clorofila *a* e Feofitina *a* foram utilizados os métodos de Lorezen (1967) e a norma técnica proposta pela CETESB (2014). Todos os procedimentos

foram realizados tomando-se os cuidados necessários para minimizar a luminosidade. Os filtros foram devidamente catalogados, armazenados e congelados. Os principais procedimentos laboratoriais realizados para a determinação de Clorofila *a* e Feofitina *a* nas amostras consistiram em:

- 1) Extração dos filtros, que foram retirados das placas de petri com auxílio de uma pinça de inox; posteriormente, foram colocados dentro de tubos com 10 ml de acetona 90%. Os materiais foram refrigeradas por 16 horas.
- 2) Centrifugação das amostras, que foram retiradas do refrigerador e imediatamente centrifugadas durante 20 minutos a aproximadamente 3.000 rpm (rotações por minutos).
- 3) Leitura espectrofotométrica, por meio do qual foram colocadas aproximadamente 3 mL de água destilada em cubeta espectrofotométrica de 1 cm; em seguida, foram feitas as leituras com o branco de acetona 90% nos comprimentos de onda de 664 e 750 nm. A cubeta contendo um branco do reagente, serve como controle negativo da análise (Figura 15). A acetona 90% usada no branco do mesmo lote foi utilizada para a extração de todas as amostras (Figura 15 A, B).
- 4) Correção para feofitina *a*, que foi realizada através da acidificação da solução contida nas cubetas, após a 1ª leitura (664 e 750 nm); foram adicionadas 2 gotas de ácido clorídrico e, após 90 segundos, foi feita a releitura para determinar as densidades ópticas após a acidificação em 750 e 665 nm (665 nm - pico máximo de absorção da feofitina (Figura 15).
- 5) Os resultados dos dados: foram registrados e armazenados no *Software Pelkin Elmer* (Figura 15C) na forma de tabelas, e, posteriormente, foi necessário o cálculo de concentração da clorofila *a* e feofitina *a*.

Cálculo de concentração:

$$\text{Clorofila } a = 26,73 \times (D_{664} c - D_{665} c) \times \left(\frac{v}{V \times L} \right)$$

$$\text{Feofitina } a = 26,73 \times [(1,7 - D_{665} c) - D_{664} c] \times \left(\frac{v}{V \times L} \right)$$

Onde:

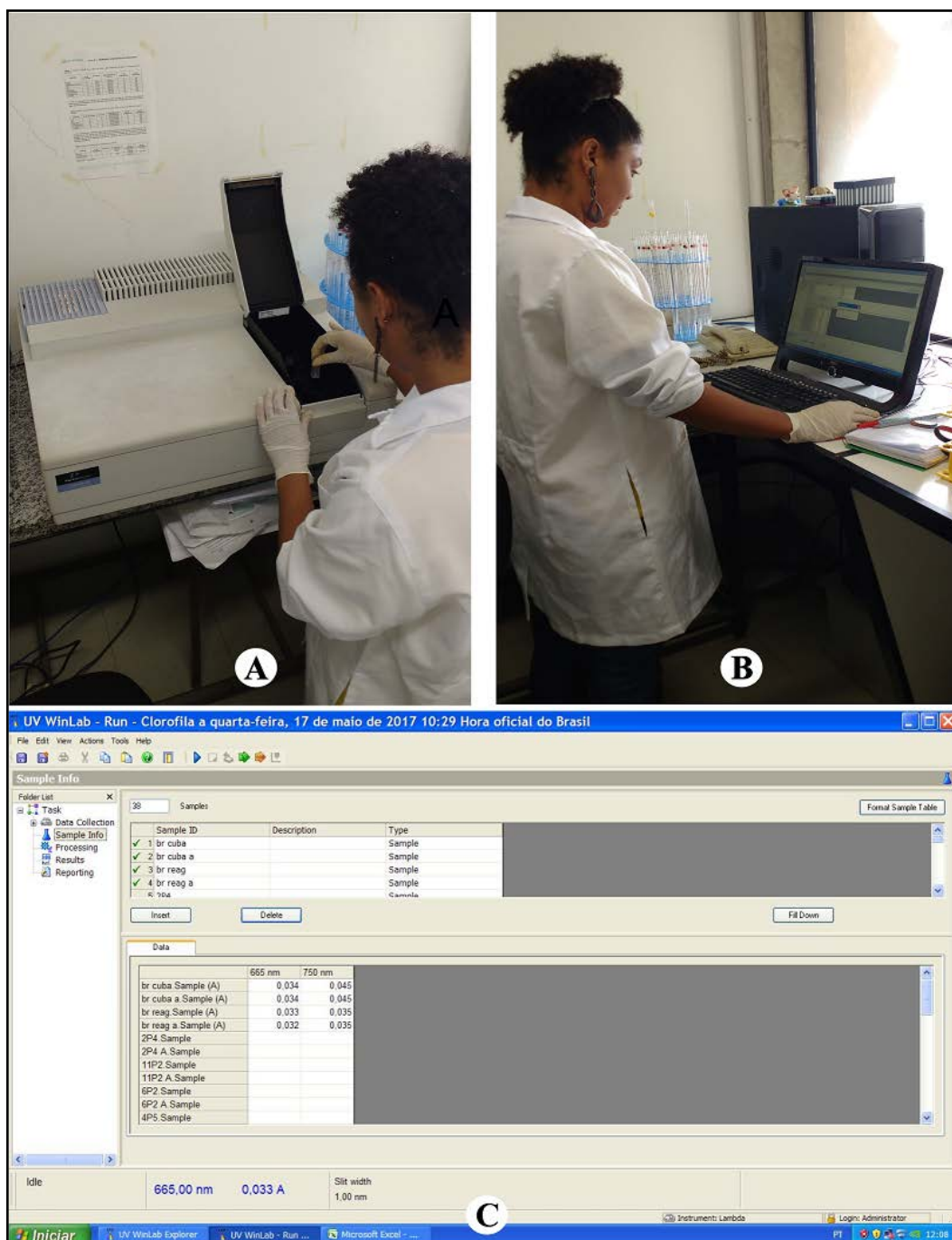
V= Volume, em litros, da amostra filtrada

v= Volume, em mL, de acetona 90% usada para extração

L= Caminho óptico, em cm, da cubeta espectrofotométrica usada

D₆₆₄c= Densidade óptica a 664nm, corrigida

D₆₆₅c= Densidade óptica a 665nm, corrigida

Figura 15 - Análise de clorofila *a*

Legenda: Análise de clorofila *a* no Cromatógrafo de Íons modelo Metrohm 861h (A); Análise dos resultados de Clorofila *a* no programa *Perkin Elmer* (B); Análise de resultados de Clorofila *a* no software *Perkin Elmer* (C).

Fonte: A autora, 2018.

3.3.2 Análise de nutrientes

As análises de nutrientes (fosfato, nitrato, nitrito e amônia) foram realizadas pelo método de Colorimetria com análise por injeção em fluxo (FIA) (Figura 16). As amostras foram processadas no laboratório Unidade Multiusuário de Análises Ambientais (UMAA) da Universidade Federal do Rio de Janeiro, sob a coordenação do professor Dr. Ricardo Cesar Gonçalves Pollery.

Figura 16 - Colorimetria com análise por injeção em fluxo (FIA)



Fonte: A autora, 2018.

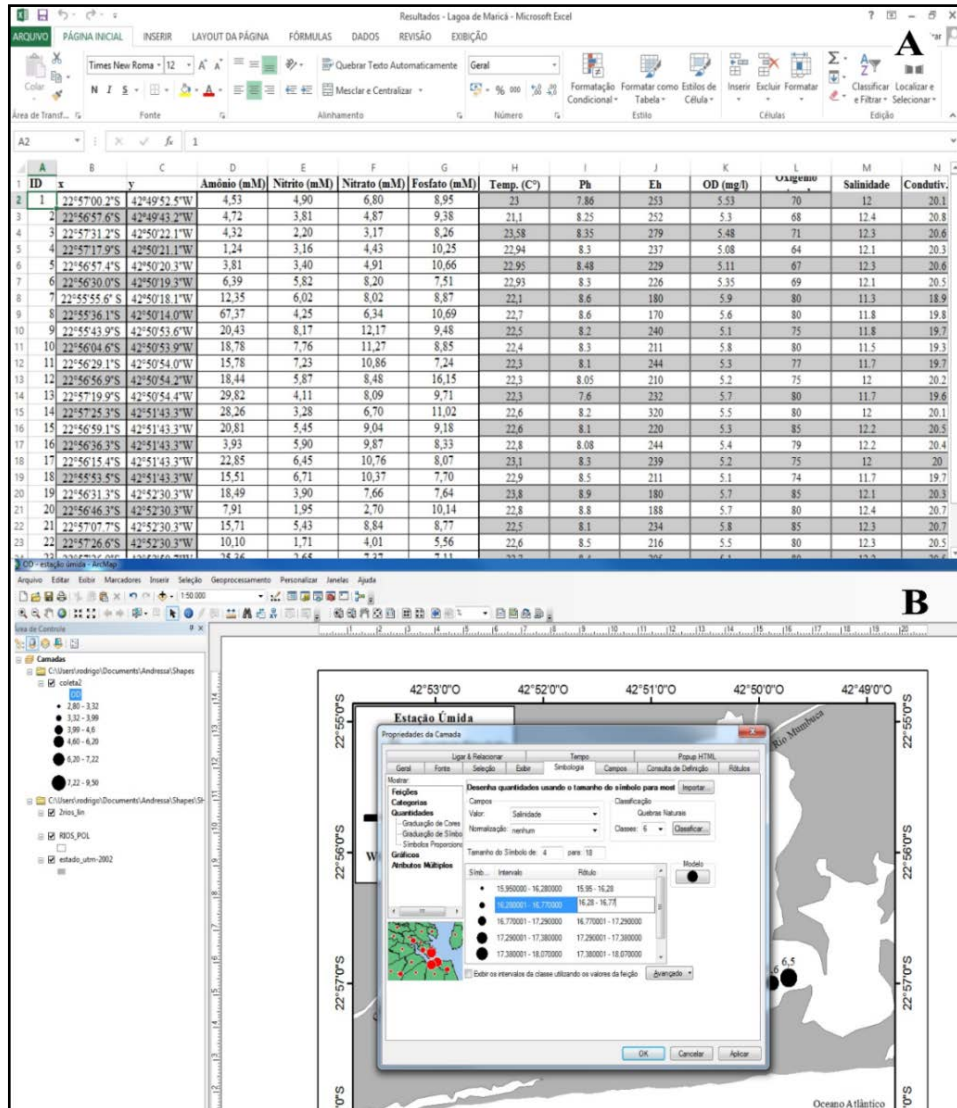
3.4 **Processamento de dados**

3.4.1 Apresentação dos resultados georreferenciados no ArcGIS

Os resultados das diversas análises e medições dos parâmetros físico-químicos da água foram organizados em planilhas no *Software Excel* (Figura 17A). Posteriormente, foram determinados as concentrações e a identificação do comportamento dos parâmetros e suas implicações no entendimento da qualidade ambiental da água da Lagoa de Maricá. Todos os

resultados foram geograficamente espacializados e representados no *Software ArcGIS*, para a confecção de mapas georeferenciados, contendo os dados resultantes das análises e medições (Figura 17B).

Figura 17 - Processamento de dados



Legenda: Sintetização dos dados no Microsoft Excel (A); Confecção dos resultados georeferenciados no software ArcGIS (B).

Fonte: A autora, 2018.

3.4.2 Correlação estatística de Spearman

A partir da obtenção dos dados, utilizou-se a correlação de Spearman para avaliar as relações envolvendo variáveis ordinais. Trata-se de um método não paramétrico, já que os

dados dispersos não pertencem a uma escala de medida padrão. Entretanto, os mesmos possuem uma ordem, o que permite a correlação (BAUER, 2007). O coeficiente de correlação de Spearman varia entre -1 e 1, o que indica o nível de correlação negativo ou positivo. Quanto mais perto de zero, menor é o nível de correlação, ou até mesmo a ausência de correlação. Para a análise dos dados utilizou-se o *software* Statistica®, versão 7.0.

3.4.3 Interpolação espacial de dados do ArcGIS

O procedimento de interpolação pela Ponderação do Inverso da Distância (IDW) foi realizado no *software* ArcGIS. Esse método usa uma combinação linear ponderada dos pontos amostrados. Os pontos mais próximos possuem maiores correlações entre os valores, enquanto a influência da ponderação diminui em relação aos pontos mais distantes (GIACOMIN et al., 2014).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Um diagnóstico acerca da qualidade da água permite que se examinem os efeitos de atividades específicas sobre um determinado ambiente. A seleção das variáveis analisadas foi estabelecida em função dos objetivos da pesquisa e no sentido de possibilitar uma verificação das atuais condições ambientais da Lagoa de Maricá. Os resultados das medições dos parâmetros físico-químicos e das análises dos nutrientes presentes na água foram comparados aos valores de referência estabelecidos na Resolução CONAMA 357 (2005) para água salobra (0,5 a 30‰) de Classe 1.

Tabela 2 - Padrões de referência da resolução CONAMA 357 (2005)

Parâmetros	Água doce (Classe 2)*	Água salobra (Classe 1)	Água salina (Classe 1)
Salinidade	< 0,5‰	0,5 a 30‰	> 30‰
pH	6 a 9	6,5 a 8,5	6,5 a 8,5
OD	Não inferior a 5 mg/L	Não inferior a 5 mg/L	Não inferior a 6 mg/L
Turbidez	até 40 UNT	ND **	ND**
Clorofila <i>a</i>	10 ug/L	ND**	ND**
Fosforo	0,030 mg/L	0,124 mg/L	0,062 mg/L
Nitrato	10,0 mg/L	0,40 mg/L	0,40 mg/L
Nitrito	1,0 mg/L	0,07 mg/L	0,07 mg/L
Amônia	3,7 mg/L para pH ≤ 7,5 2,0 mg/L para 7,5 < pH ≤ 8,0 1,0 mg/L para pH 8,0 < pH ≤ 8,5 0,5 mg/L para pH > 8,5	0,40 mg/L	0,40 mg/L

Legenda: * Segundo a resolução CONAMA 357 (2005) se não comprovadas os respectivos enquadramentos, as águas doces são consideradas classe 2, as salinas e salobras classe 1.** Não foram determinados pelo CONAMA 357 (2005).

Fonte: A autora, 2018.

“Classe 1: águas que podem ser destinadas, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000:

- a) à recreação de contato primário,
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à aquicultura e à atividade de pesca;
- d) ao abastecimento para consumo humano após tratamento convencional ou avançado; e
- e) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película, e à irrigação de

parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto” (BRASIL, 2005, p.5).

4.1 Parâmetros físico-químicos

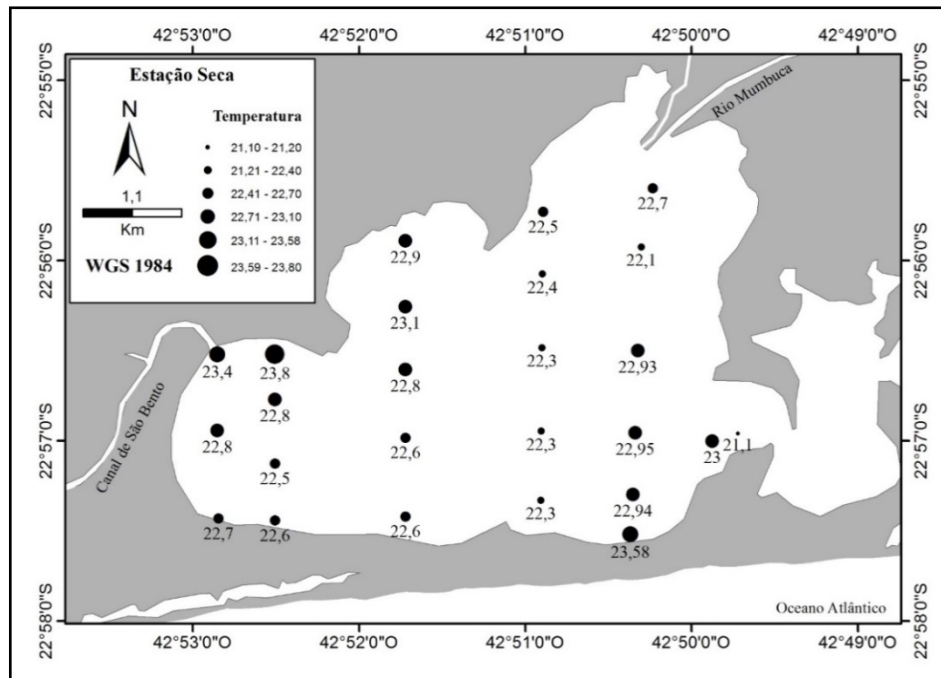
A temperatura influencia vários parâmetros físico-químicos, sendo um dos parâmetros mais importantes em sistemas lagunares. A temperatura dos corpos d’água varia não só com as estações do ano, como também ao longo do dia. O lançamento de efluentes pode aumentar as temperaturas nos corpos d’água (CHAPMAN & KIMSTACH, 1996). A resolução CONAMA 357 (2005) não determina valores de referência para a temperatura. A temperatura média verificada na Lagoa de Maricá durante a estação seca foi de 22,71 °C, com variações discretas entre a mínima de 21,1 e a máxima de 23,8 °C (Tabela 3; Figura 18). Na estação úmida a temperatura média foi de 25,66 °C, ligeiramente superior a observada na estação seca; a mínima e a máxima temperatura medida correspondeu a 21,85 e 27,28 °C (Tabela 3; Figura 19), respectivamente, evidenciando uma maior amplitude entre os locais de monitoramento. Neste caso, os maiores valores de temperatura da água foram registrados perto da entrada do Canal de São Bento, local visivelmente degradado, com materiais sólidos, cor da água escura (marrom) e forte cheiro de decomposição (Figura 7A e B).

Tabela 3 - Resultados de temperatura (°C)

	Média	Mínima	Máxima	Mediana	Des.Padrão
Estação seca	22.71	21.1	23.8	22.7	0.52
Estação úmida	25.66	21.85	27.28	26.15	1.36

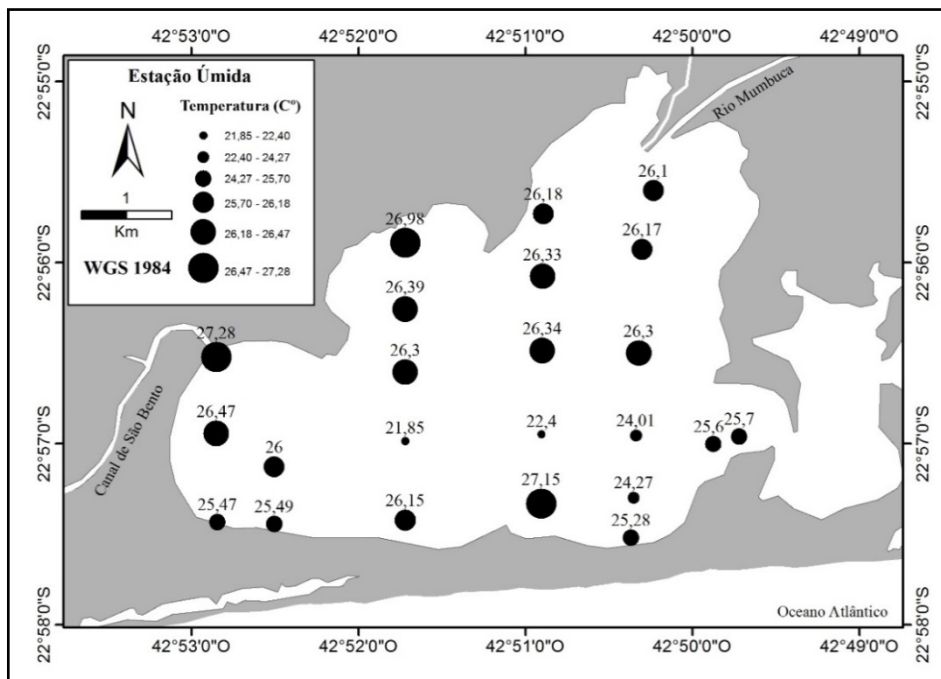
Fonte: A autora, 2018.

Figura 18 - Resultado de temperatura (°C) na estação seca



Fonte: A autora, 2018.

Figura 19 - Resultado de temperatura (°C) na estação úmida



Fonte: A autora, 2018.

Os valores de pH verificados na Lagoa de Maricá durante a estação seca apresentaram uma média de média 8,29, com variações entre a mínima de 7,6 e a máxima de 8,9, entre os locais de monitoramento ao longo da laguna (Tabela 4; Figura 20). Esses valores indicam uma

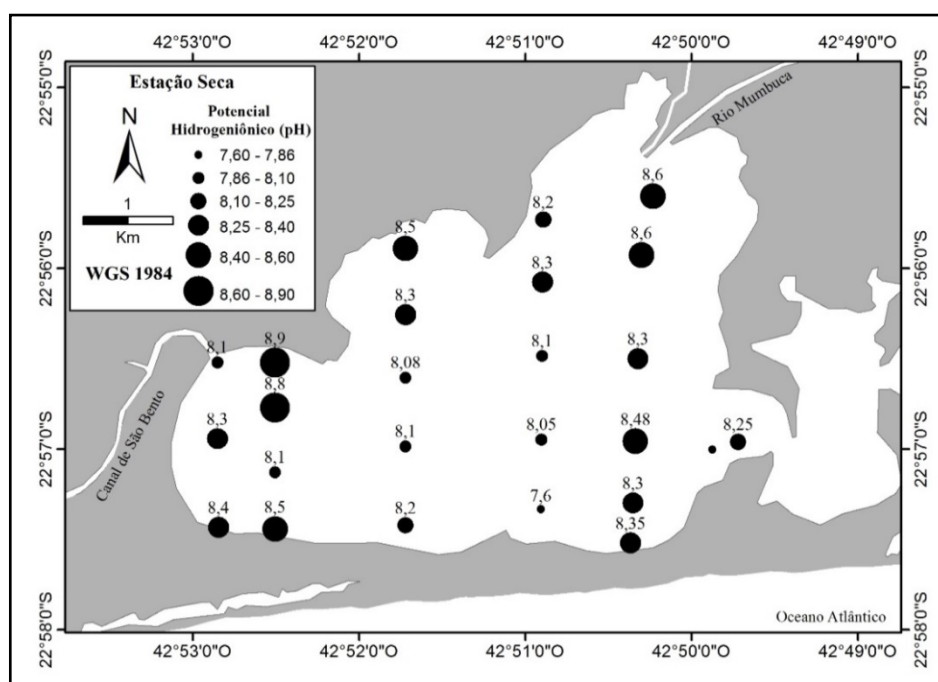
condição de pH básico, com alguns pontos de monitoramento tendendo à neutralidade. Entretanto, alguns locais perto da entrada do canal de São Bento e da desembocadura do Rio Mumbuca apresentaram valores acima do que é estabelecido na legislação (Tabela 4; Figura 20). Na estação úmida a média do pH foi de 8,98, com variações expressivas entre a mínima de 4,37 e a máxima de 9,97. Todos os valores de pH registrados na estação úmida se encontram fora dos limites estabelecidos pelo CONAMA 357 (2005) (Figura 2; Tabela 4). Os resultados indicam uma condição de pH alcalino para a Lagoa de Maricá. Entretanto, perto da entrada do Canal de São Bento (P24) verificou-se uma condição de acidez, com pH 4,37. Segundo o CONAMA 357 (2005) os valores de pH para água salobra devem variar de 6,5 a 8,5 (Tabela 2).

Tabela 4 - Resultados de pH

	Média	Mínima	Máxima	Mediana	Des.Padrão
Estação seca	8,29	7,6	8,9	8,3	0,28
Estação úmida	8,98	4,37	9,97	9,1	1,04

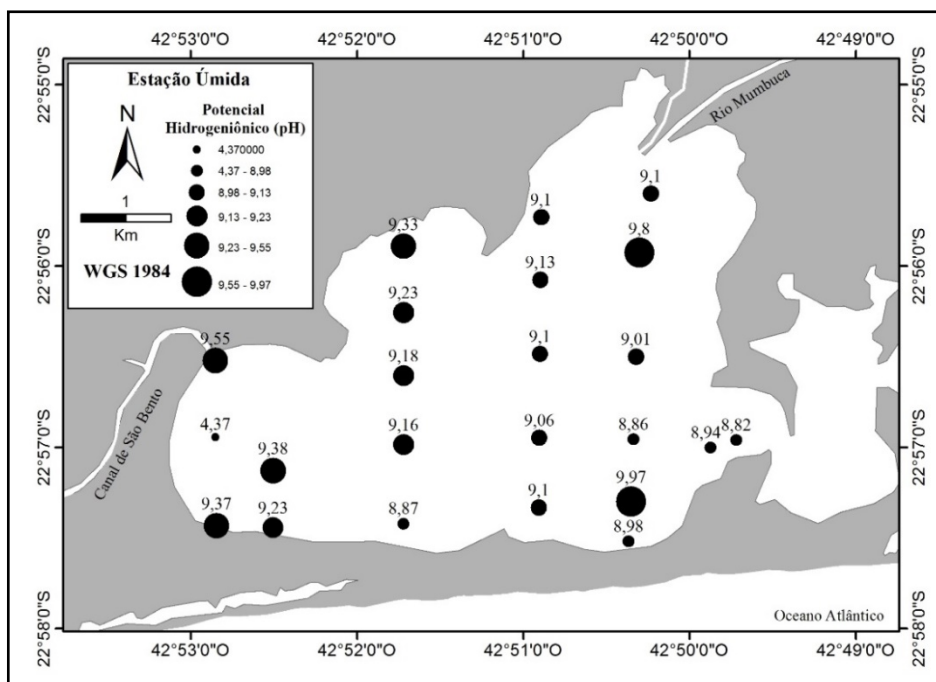
Fonte: A autora, 2018.

Figura 20 - Resultados de pH (potencial hidrogeniônico) na estação seca



Fonte: A autora, 2018.

Figura 21 - Resultados de pH (potencial hidrogeniônico) na estação úmida



Fonte: A autora, 2018.

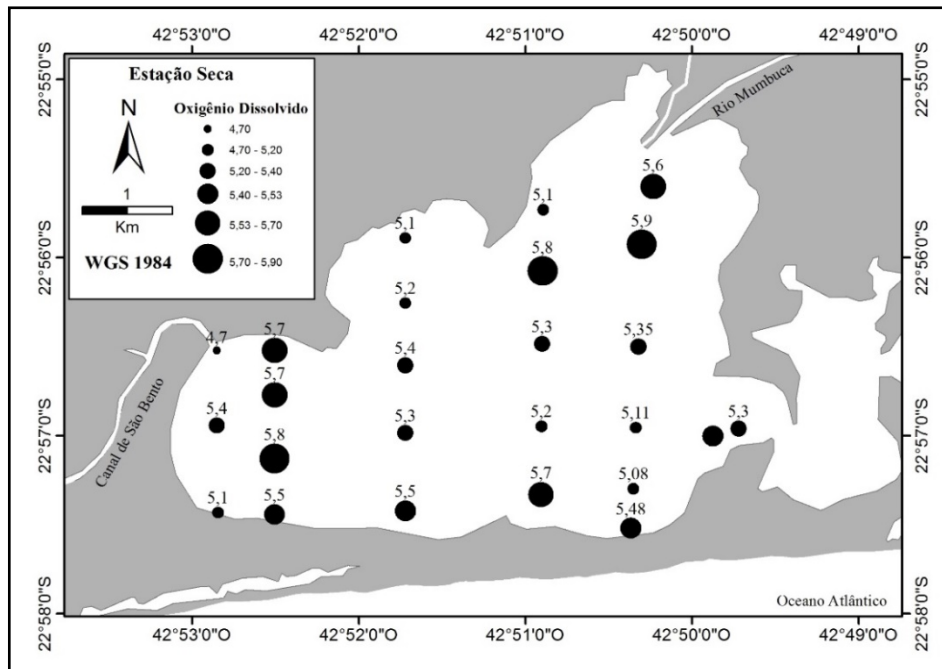
Os valores de oxigênio dissolvido (OD) verificados na Lagoa de Maricá durante a estação seca correspondem a média de 5,39 mg/L, com variações entre a mínima de 4,7 e máxima de 5,9 mg/L (Tabela 5; Figura 22). A maioria dos valores de OD encontrados estão de acordo com a legislação; contudo, na área da lagoa próxima a desembocadura do Canal de São Bento (ponto 25) o valor encontrado corresponde a 4,7 mg/L, fora dos padrões estabelecidos (Tabela 5; Figura 22). A média verificada na estação úmida foi de 5,43 mg/L, com variações entre a mínima de 2,8 e a máxima de 9,5 mg/L. Os menores valores apresentaram-se majoritariamente na porção oeste da laguna. Os valores mais altos foram encontrados na parte leste/sul da laguna, aparentemente devido a influência do Canal do Boqueirão (Tabela 5; Figura 23). O CONAMA 357 (2005) estabelece que o oxigênio dissolvido (OD) em água salobra não poderá ser inferior a 5 mg/L (Tabela 2).

Tabela 5 - Resultados de oxigênio dissolvido (OD)

	Média	Mínima	Máxima	Mediana	Des.Padrão
Estação seca	5.39	4.7	5.9	5.4	0.29
Estação úmida	5.43	2.8	9.5	5.86	1.14

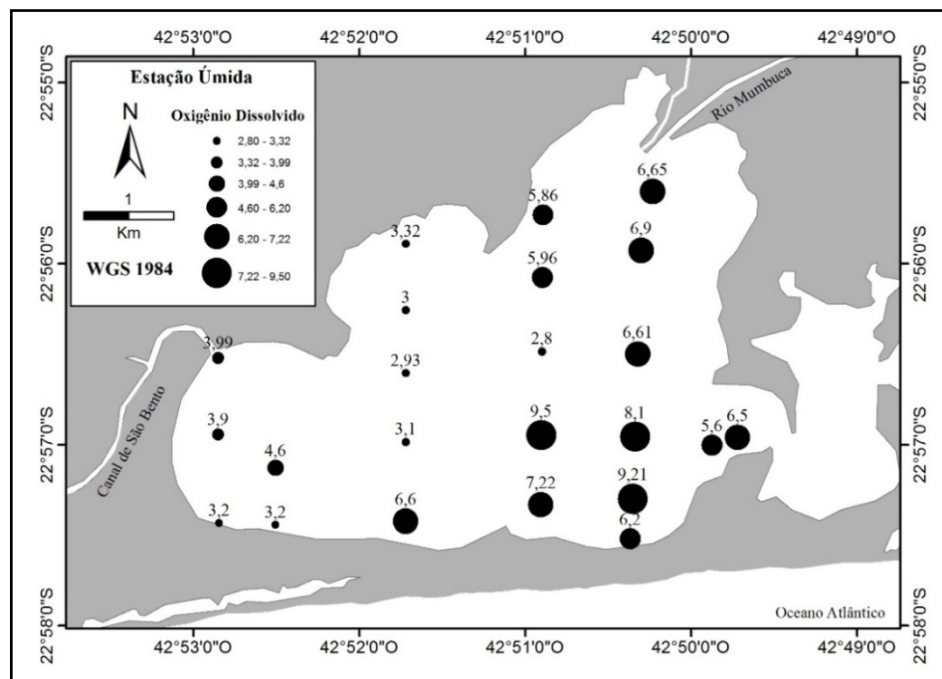
Fonte: A autora, 2018.

Figura 22 - Resultados de oxigênio dissolvido (OD) na estação seca



Fonte: A autora, 2018.

Figura 23 - Resultados de oxigênio dissolvido (OD) na estação úmida



Fonte: A autora, 2018.

A salinidade média na Lagoa de Maricá observada durante a estação seca é de 12,02‰, sendo a mínima de 11,3 e a máxima de 12,4‰ (Tabela 6; Figura 24). As concentrações foram ligeiramente mais elevadas foram encontrados na estação chuvosa, com

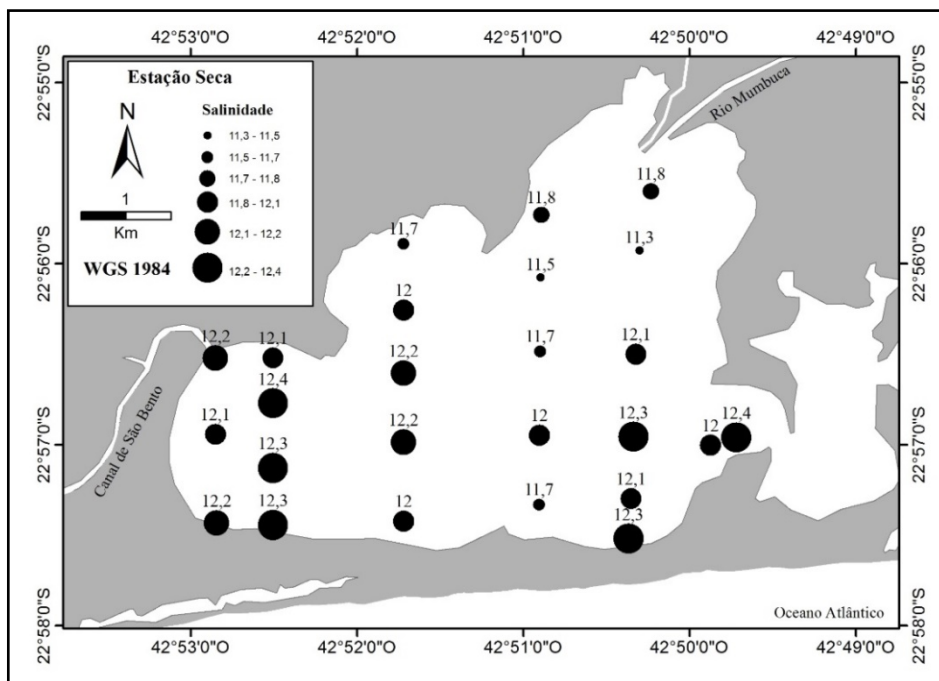
média de 17,24, variando entre 15,95 e 19,12 (Tabela 6; Figura 25). As menores concentrações (15,95 e 16,98‰) foram observados nas proximidades do rio Mumbuca e na área próxima à desembocadura do Canal de São Bento, provavelmente devido ao aporte de água doce nessas áreas. Conforme o CONAMA 357 (2005) a Lagoa de Maricá pode ser definida como um ambiente de água salobra, com salinidade superior a 0,5‰ e inferior a 30‰ (Tabela 2).

Tabela 6 - Resultados de Salinidade (‰)

	Média	Mínima	Máxima	Mediana	Des.Padrão
Estação seca	12.03	11.3	12.4	12.1	0.14
Estação úmida	17.25	15.95	19.12	17.29	1.01

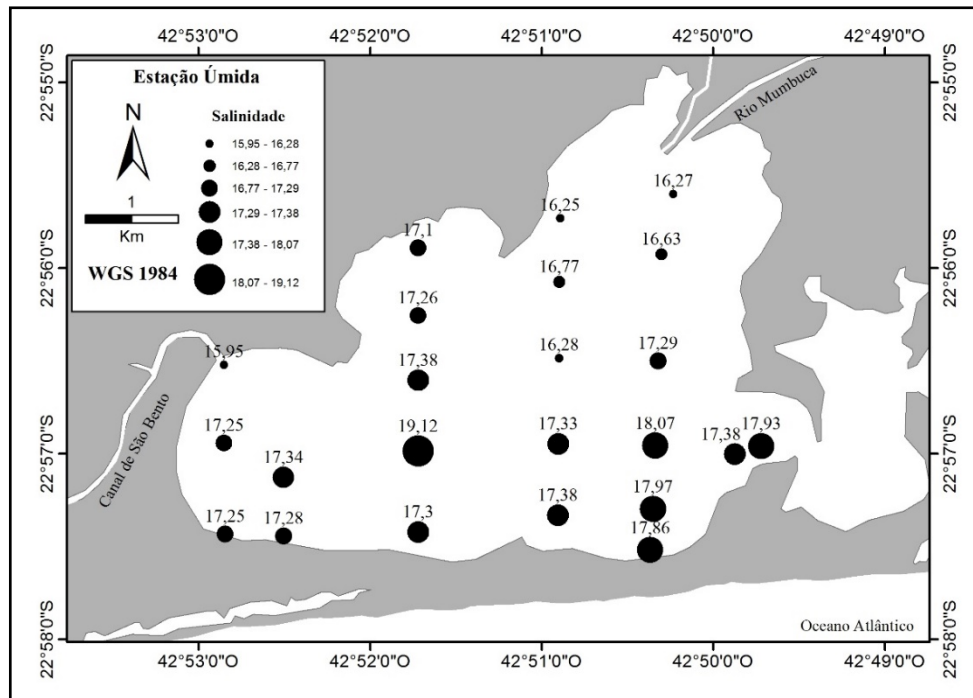
Fonte: A autora, 2018.

Figura 24 - Resultados de Salinidade (‰) na estação seca



Fonte: A autora, 2018.

Figura 25 - Resultados de salinidade (%) na estação úmida



Fonte: A autora, 2018.

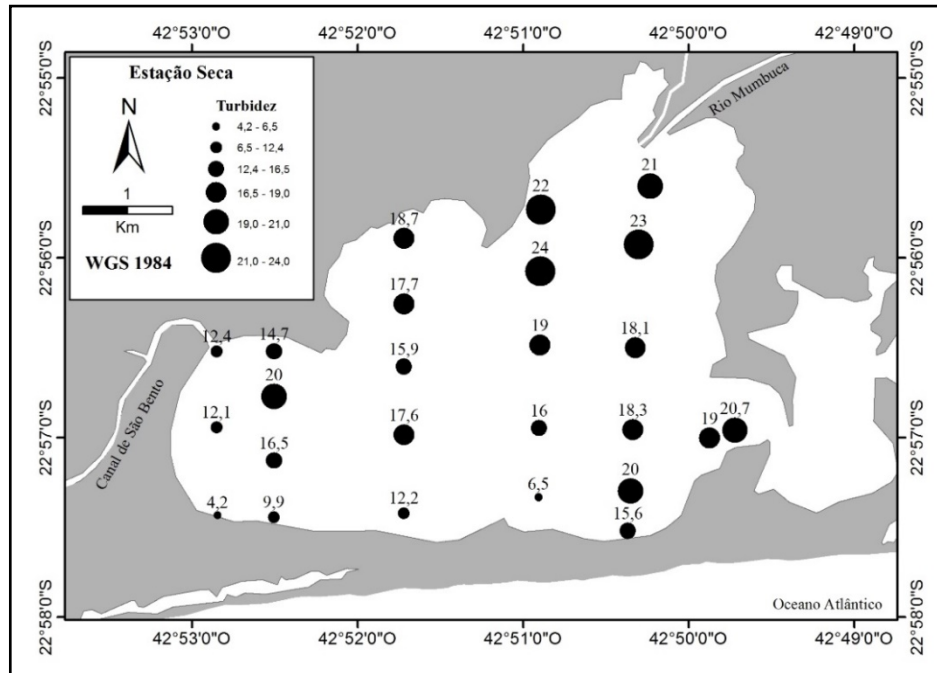
A turbidez da água é definida como a capacidade de dispersar a radiação. Alta turbidez dificulta a fotossíntese da vegetação e pode influenciar nas comunidades biológicas aquáticas (ESTEVES, 1998a). As concentrações de turbidez verificados na Lagoa de Maricá apresentaram-se baixos na estação seca (Tabela 7; Figuras 26 e 27). A média de turbidez na estação seca foi de 16,60 UNT, com variação entre 4,2 e 24 UNT, sendo os maiores concentrações observados perto da desembocadura do Rio Mumbuca e canal do Boqueirão (Tabela 7; Figura 26). Na estação úmida houve um aumento significativo, com média de 76,19 UNT e variações entre a mínima de 53 e a máxima de 122 UNT, sendo as maiores concentrações registrados perto da desembocadura do Rio Mumbuca e na parte central e leste da Lagoa de Maricá (Tabela 7; Figura 27). O aumento da turbidez tende a ocorrer nas estações chuvosas e, principalmente, logo após a ocorrência de precipitações, quando a carga de materiais em suspensão na coluna d'água aumenta consideravelmente. As concentrações de turbidez variam de 1 a 1.000 UNT e os níveis podem ser aumentados pela presença de poluição decorrente de matéria orgânica, outros efluentes ou escoamento superficial com um alto conteúdo de material particulado (CHAPMAN & KIMSTACH, 1996).

Tabela 7 - Resultados de turbidez (UNT)

	Média	Mínima	Máxima	Mediana	Des.Padrão
Estação seca	16.60	4.2	24	17.7	4.67
Estação úmida	76.19	53	122	70	2.83

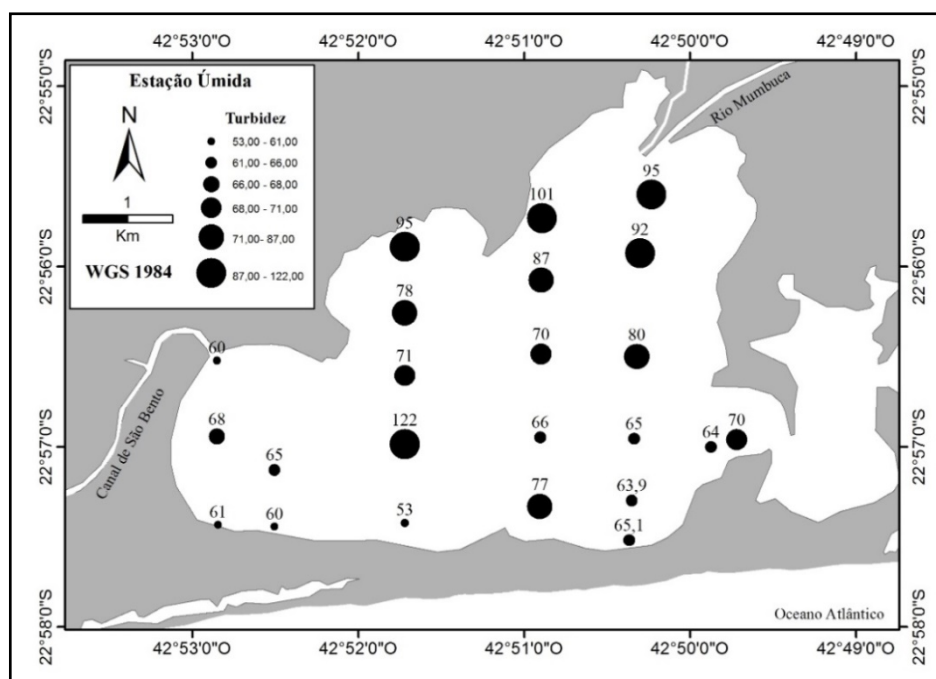
Fonte: A autora, 2018.

Figura 26 - Resultados de turbidez (UNT) na estação seca



Fonte: A autora, 2018.

Figura 27 - Resultados de turbidez (UNT) na estação úmida



Fonte: A autora, 2018.

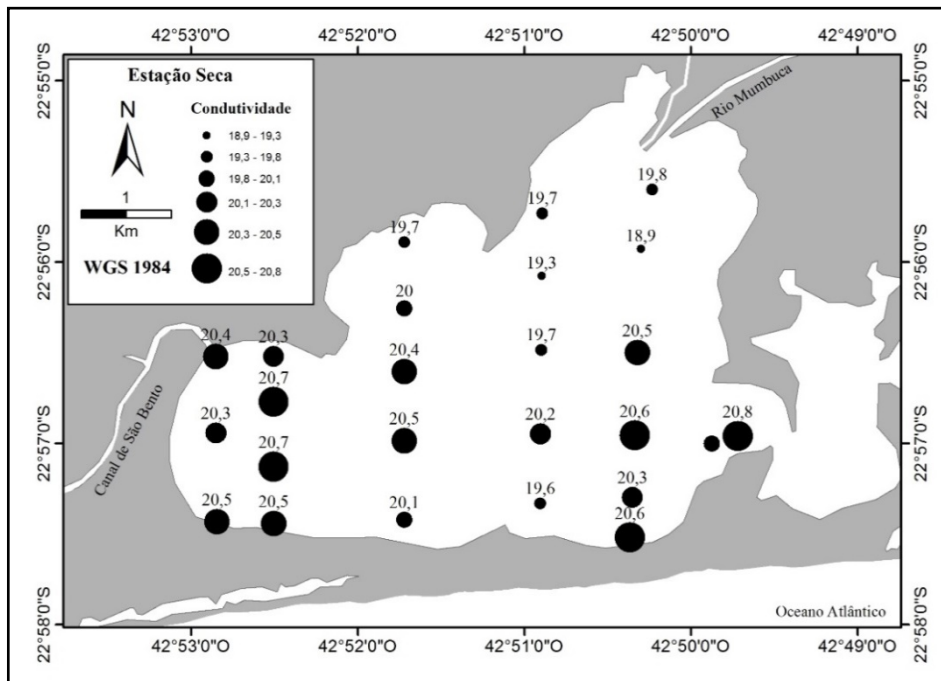
A condutividade elétrica fornece a indicação das modificações na composição do corpo d'água, principalmente em relação à concentração mineral. O aumento da condutividade é diretamente proporcional ao aumento de sólidos dissolvidos na água. Níveis superiores a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ são comumente apontados como indicadores de ambientes impactados (CETESB, 2009). Na Lagoa de Maricá, a condutividade elétrica média correspondeu a 20,16 $\mu\text{S}/\text{cm}$ na estação seca, variando entre a mínima de 18,9 e a máxima de 21,8 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Tabela 8; Figura 28). Na estação úmida, a média registrada correspondeu a 28,57 $\mu\text{S}/\text{cm}$, com variações entre 27,18 e 29,51 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Tabela 8; Figura 29), correspondentes a mínima e a máxima observada, respectivamente. Essas concentrações apontam para um ligeiro aumento da condutividade na massa d'água da lagoa durante a estação úmida. A resolução CONAMA 357 (2005) não estabelece os valores de condutividade elétrica na água.

Tabela 8 - Resultados de condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

	Média	Mínima	Máxima	Mediana	Des.Padrão
Estação seca	20.17	18.9	20.8	20.3	0.21
Estação úmida	28.57	27.18	29.51	28.77	0.73

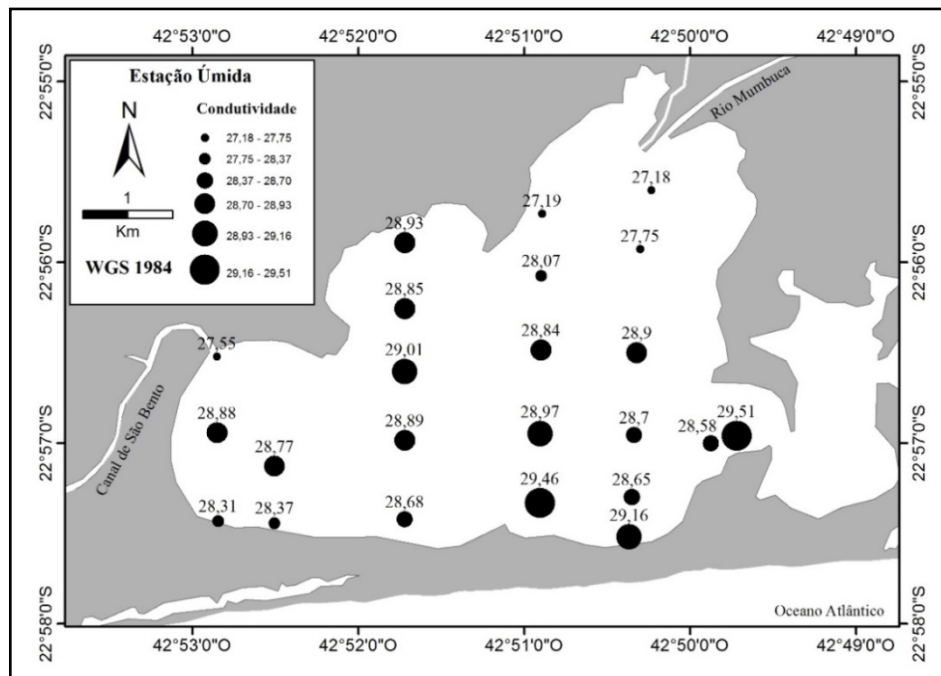
Fonte: A autora, 2018.

Figura 28 - Resultados de condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) na estação seca



Fonte: A autora, 2018.

Figura 29 - Resultados de condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) na estação úmida



Fonte: A autora, 2018.

O Eh (potencial de oxi-redução) evidencia a capacidade de uma solução doar ou receber elétrons, afetando diretamente na solubilização dos metais. Diferenças de potencial de oxi-redução positivas, entre 200 mV e 600 mV, indicam um meio fortemente oxidante;

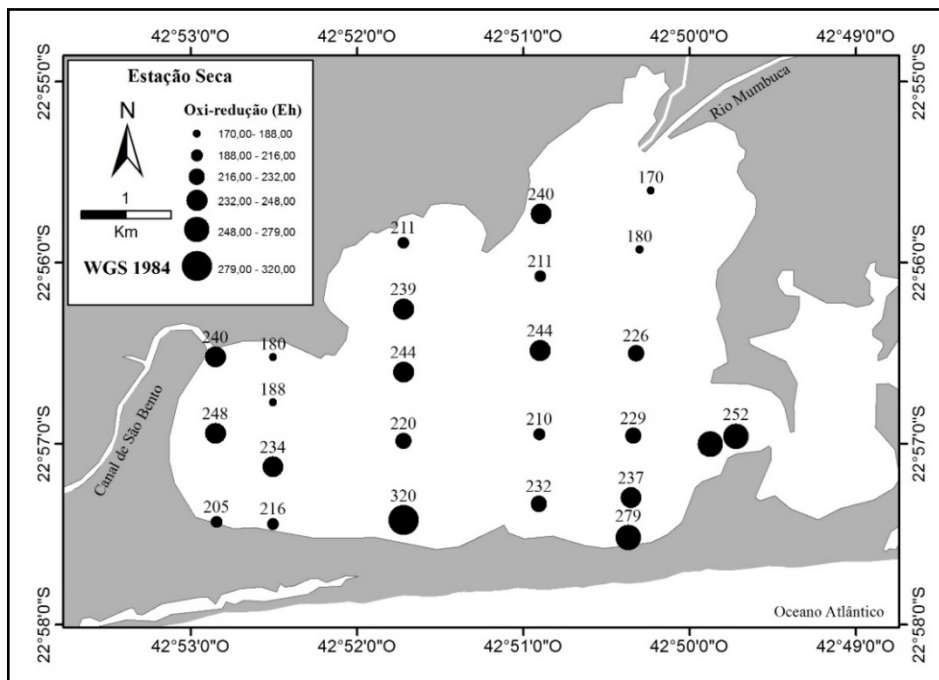
diferenças de potencial entre -100 mV e -200 mV revelam meios redutores (FIORUCCI & FILHO, 2005). A resolução CONAMA 357 (2005) não estabelece as concentrações de Eh. As condições de um ambiente pouco poluído são em geral fracamente oxidantes. As concentrações médias do Eh na Lagoa de Maricá na estação seca e úmida correspondem a 228,32 e 128,47 mV, respectivamente (Tabela 9; Figuras 30 e 31). Na estação seca as concentrações observadas correspondem ao mínimo de 170 e máximo de 320 mV (Tabela 9; Figura 30). Na estação úmida foram registrados valores entre 78 e 154 mV (Tabela 9; Figura 31). Em geral, essas concentrações apontam para a predominância de características oxidantes, pois foram observadas concentrações positivas ao longo dos pontos de monitoramento, o que é considerado normal para este tipo de ambiente.

Tabela 9 - Resultados de oxi-redução/Eh (mV)

	Média	Mínima	Máxima	Mediana	Des.Padrão
Estação seca	228.32	170	320	232	32.23
Estação úmida	128.48	78	154	131	17.24

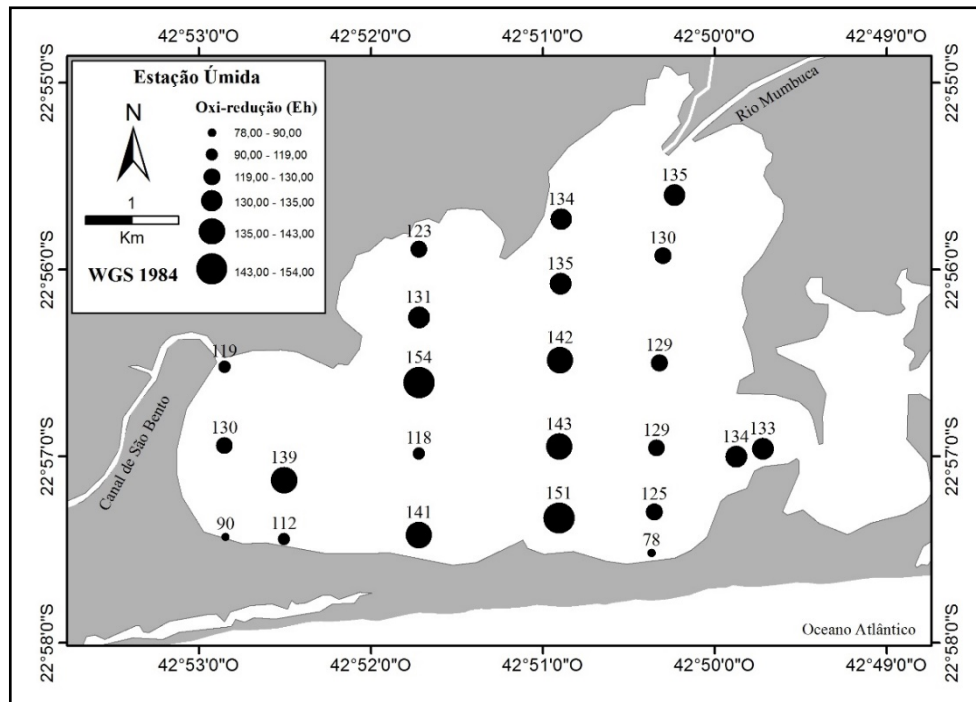
Fonte: A autora, 2018.

Figura 30 - Resultados de oxi-redução/Eh (mV) na estação seca



Fonte: A autora, 2018.

Figura 31 - Resultados de oxi-redução /Eh (mV) na estação úmida



Fonte: A autora, 2018.

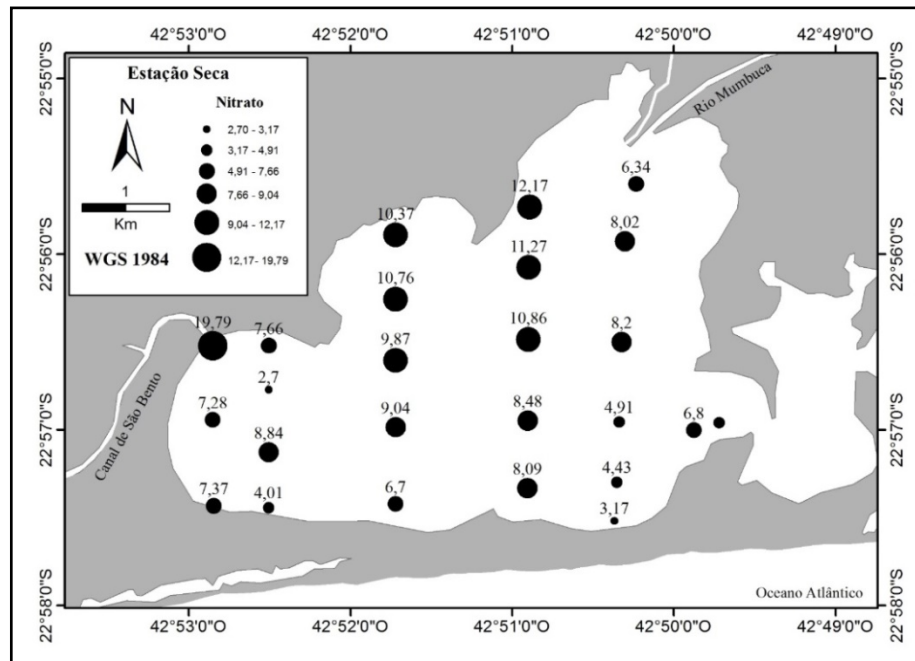
4.2 Nutrientes

As concentrações de nitrato apresentaram variações entre o mínimo de 2,70 e o máximo de 19,79 $\mu\text{M/L}$ na estação seca, sendo a média de 8,08 $\mu\text{M/L}$ (Tabela 10; Figura 32). A maior concentração de nitrato foi observada no setor oeste da Lagoa de Maricá, junto a desembocadura do Canal de São Bento; as menores concentrações foram verificadas na porção sul da lagoa, evidenciando uma diminuição gradual de norte para sul. As concentrações de nitrato apresentaram variações de 0,21 a 2,50 $\mu\text{M/L}$ na estação úmida, sendo a média de 0,54 $\mu\text{M/L}$ (Tabela 10; Figura 33). Houve uma diminuição expressiva nos valores de nitrato em toda Lagoa de Maricá na estação úmida. Os resultados de nitrato na estação seca apresentaram-se todos acima dos padrões estabelecidos pelo CONAMA 357 (2005) o que não ocorreu na estação úmida, quando os valores de nitrato se mantiveram dentro do limite estabelecido.

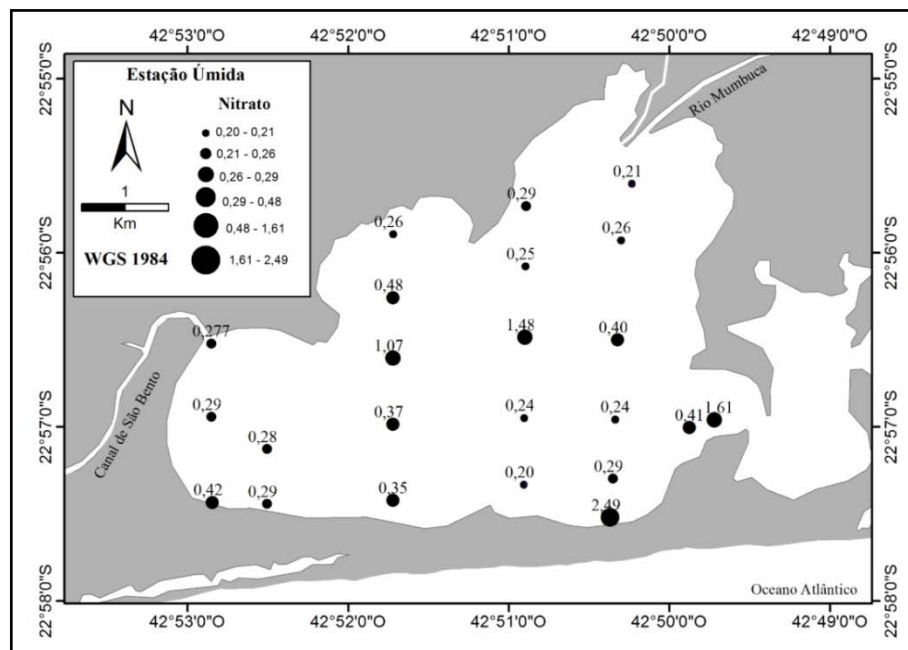
Tabela 10 - Resultados de nitrato ($\mu\text{M/L}$)

	Média	Mínima	Máxima	Mediana	Des. Padrão
Estação seca	8.08	2.70	19.79	8.02	9.18
Estação úmida	0.54	0.21	2.50	0.29	0.09

Fonte: A autora, 2018.

Figura 32 - Resultados de nitrato ($\mu\text{M/L}$) na estação seca

Fonte: A autora, 2018.

Figura 33 - Resultados de nitrato ($\mu\text{M/L}$) na estação úmida.

Fonte: A autora, 2018.

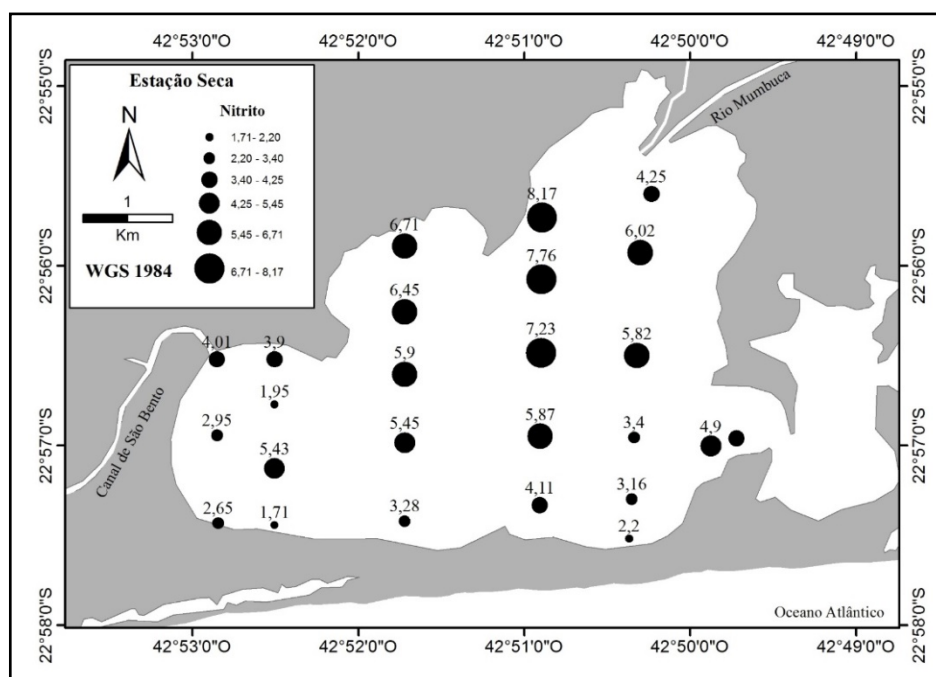
As concentrações de nitrito na Lagoa de Maricá na estação seca apresentaram variações entre 1,71 e 8,17 $\mu\text{M/L}$, sendo a média correspondente a 4,68 $\mu\text{M/L}$ (Tabela 11; Figura 34). As maiores concentrações de nitrito foram observadas na porção norte e centro da lagoa e as menores na parte sul da área de estudo. Neste caso, as concentrações de nitrito (Figura 34) seguem o mesmo padrão de distribuição observado para o nitrato (Figura 32), com aumento gradual em direção a margem norte da Lagoa de Maricá. Essa área (margem norte) corresponde ao trecho mais urbanizada em relação as demais áreas no entorno da Lagoa de Maricá (Figura 6). A média de nitrito verificada na estação úmida foi de 0,31 $\mu\text{M/L}$ com variações entre a mínima de 0,68 e a máxima de 8,17 $\mu\text{M/L}$, os valores medidos foram mais homogêneos e mais baixos em relação a estação seca (Tabela 11; Figura 35). Os resultados de nitrito nas estações seca e úmida não ultrapassaram o limite estabelecido pelo CONAMA 357 (2005).

Tabela 11 - Resultados de nitrito ($\mu\text{M/L}$)

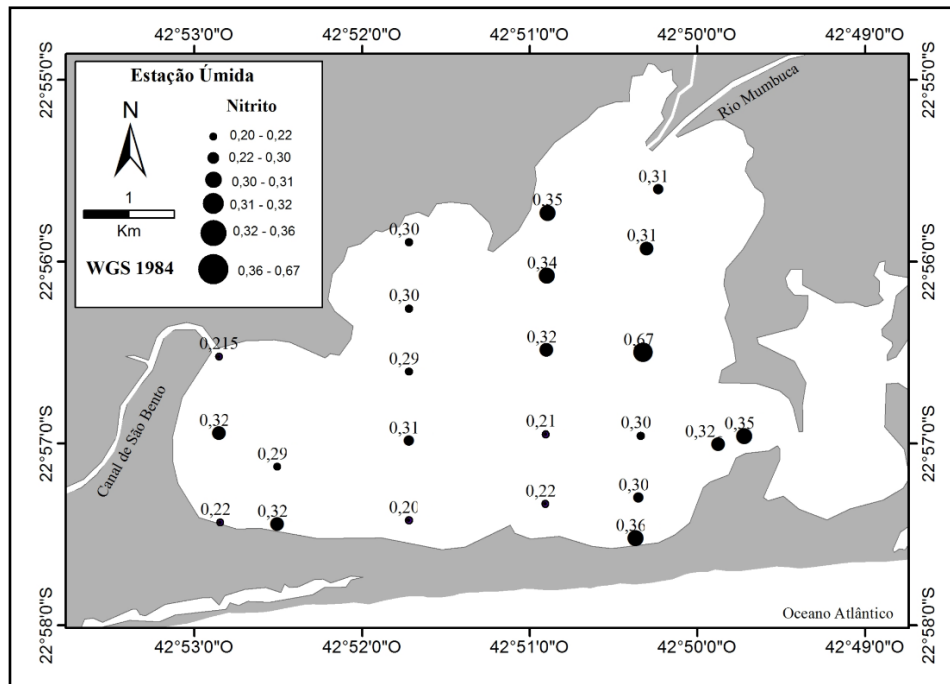
	Média	Mínima	Máxima	Mediana	Des.Padrão
Estação seca	4.68	1.71	8.17	4.25	1.83
Estação úmida	0.31	0.21	0.68	0.31	0.07

Fonte: A autora, 2018.

Figura 34 - Resultados de nitrito ($\mu\text{M/L}$) na estação seca



Fonte: A autora, 2018.

Figura 35 - Resultados de nitrito ($\mu\text{M/L}$) na estação úmida

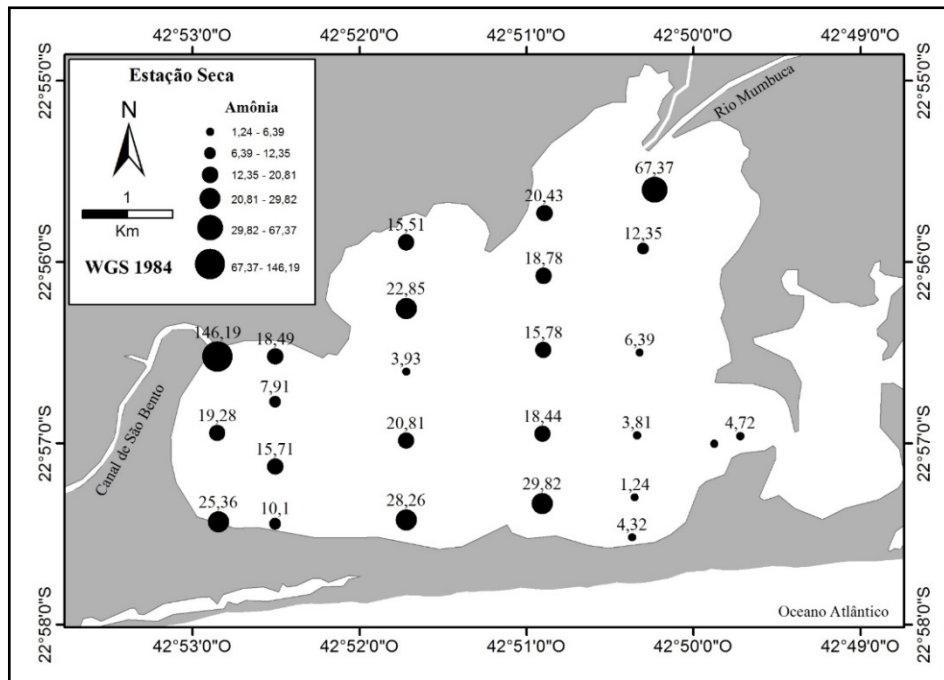
Fonte: A autora, 2018.

A concentração média de amônia foi de $21,69 \mu\text{M/L}$ na estação seca, com variações expressivas entre o mínimo de $1,24$ e a máxima de $146,19 \mu\text{M/L}$ (Tabela 12; Figura 36). As menores concentrações foram verificadas na porção leste da lagoa e os maiores valores foram registrados próximo a desembocadura do Rio Mumbuca e, principalmente, na área próxima ao Canal de São Bento (Tabela 12; Figura 36). Esse padrão de distribuição apontado para a amônia pode estar relacionado com um elevado aporte de nutrientes advindos do rio Mumbuca e do canal de São Bento. A concentração média de amônia na estação úmida foi de $0,73 \mu\text{M/L}$, com variações menos expressivas de $< 0,33$ (limite de detecção) e a máxima de $1,14 \mu\text{M/L}$ (Tabela 12; Figura 37). Especificamente na estação seca, foram encontrados valores para a amônia acima do limite estabelecido pelo CONAMA 357 (2005) em pelo menos 6 pontos de monitoramento ao longo da Lagoa de Maricá (Tabela 2).

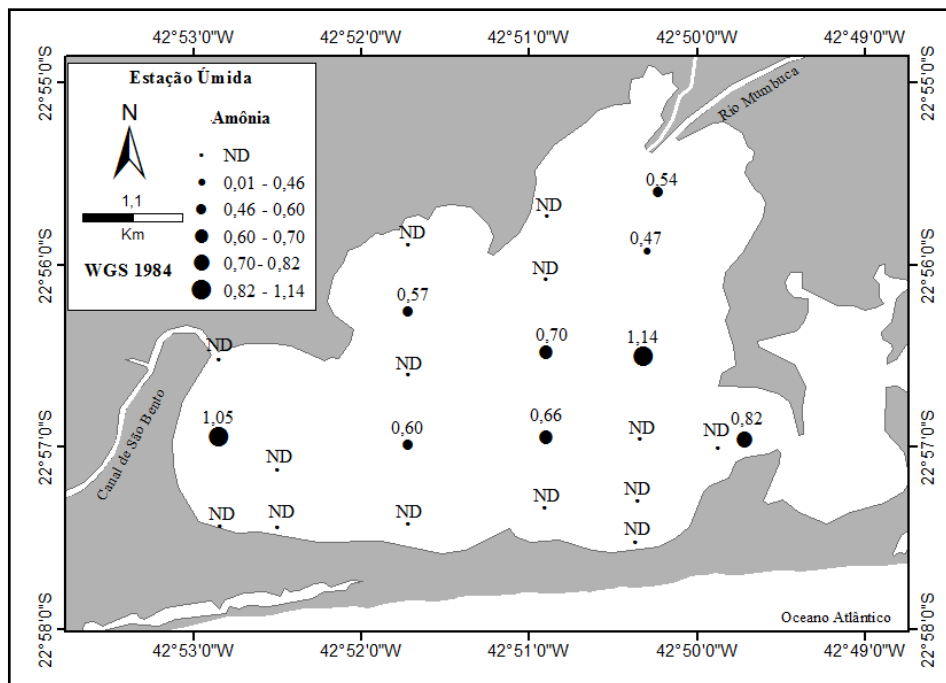
Tabela 12 - Resultados de amônia ($\mu\text{M/L}$)

	Média	Mínima	Máxima	Mediana	Des.Padrão
Estação seca	21.69	1.24	146.19	15.78	100.17
Estação úmida	0.73	<0.33	1.14	0.66	0.23

Fonte: A autora, 2018.

Figura 36 - Resultados de amônia ($\mu\text{M/L}$) na estação seca

Fonte: A autora, 2018.

Figura 37- Resultados de amônia ($\mu\text{M/L}$) na estação úmida

Legenda: ND, não detectado.

Fonte: A autora, 2018.

As concentrações de nitrogênio total na Lagoa de Maricá apresentaram variações entre 0,38 e 4,04 $\mu\text{M/L}$ na estação seca, sendo a média correspondente a 1,11 $\mu\text{M/L}$ (Tabela 13;

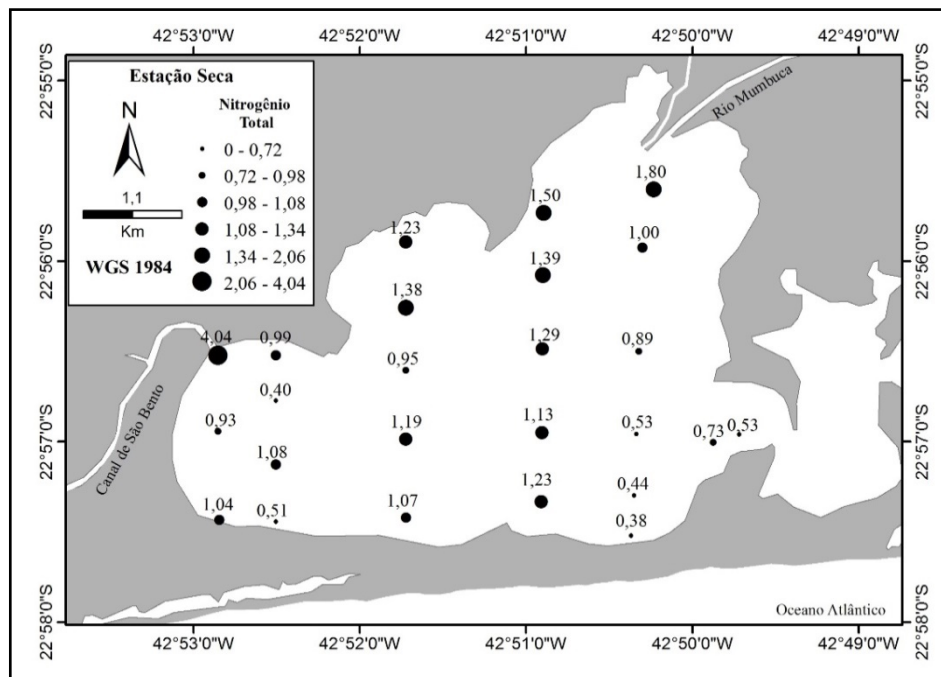
Figura 38). As maiores concentrações de nitrogênio total foram observadas na porção norte, centro da lagoa e na área de desembocadura do Canal São Bento; as menores concentrações foram verificadas na parte sul da Lagoa de Maricá. As concentrações de nitrogênio total na estação úmida, foram verificadas somente em 10 pontos de monitoramento na laguna e apresentaram variações entre 0,03 e 0,13 $\mu\text{M/L}$, sendo a média correspondente a 0,06 $\mu\text{M/L}$ (Tabela 13; Figura 39). Houve uma queda nos valores de nitrogênio total na estação úmida, quando comparado à estação seca (Tabela 13; Figuras 38 e 39).

Tabela 13 - Resultados de nitrogênio total ($\mu\text{M/L}$)

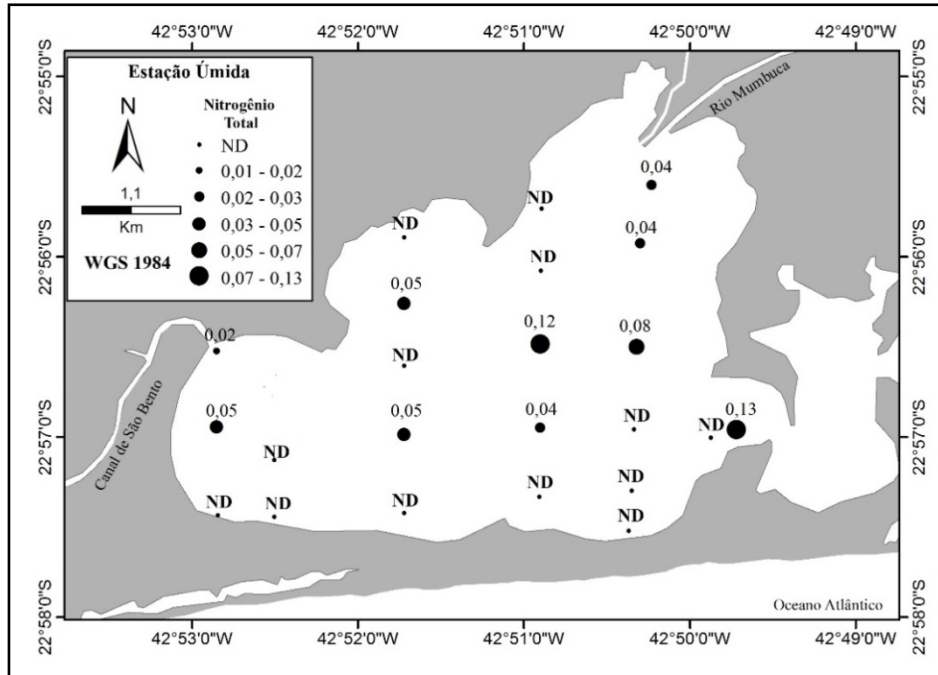
	Média	Mínima	Máxima	Mediana	Des.Padrão
Estação seca	1.11	0.38	4.04	1.04	0.71
Estação úmida	0.06	0.03	0.13	0.05	0.04

Fonte: A autora, 2018.

Figura 38 - Resultados de nitrogênio total ($\mu\text{M/L}$) na estação seca



Fonte: A autora, 2018.

Figura 39 - Resultados de nitrogênio total ($\mu\text{M/L}$) na úmida

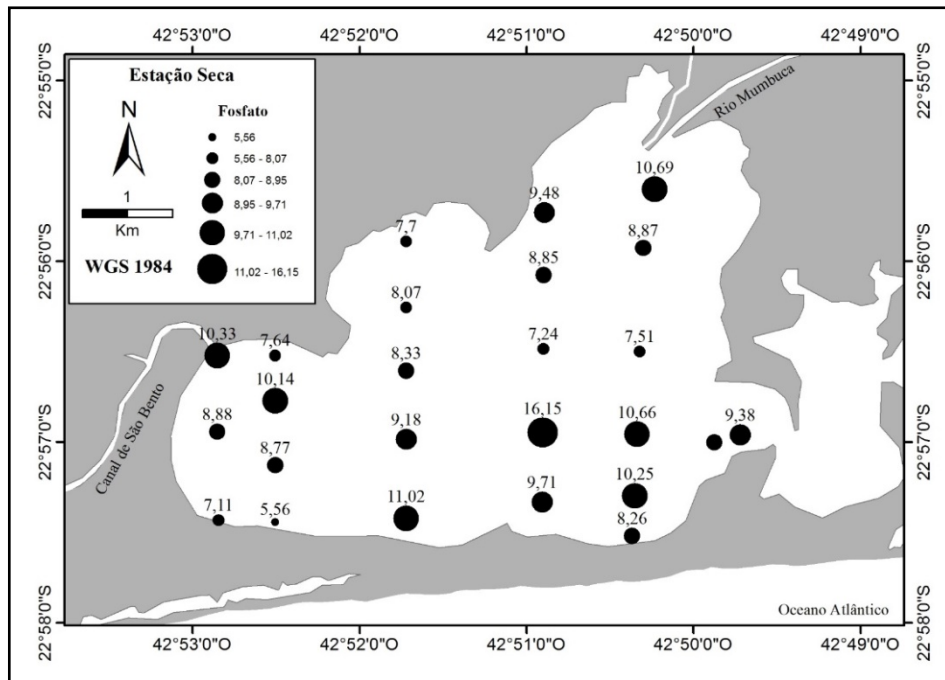
Fonte: A autora, 2018.

A concentração média de fosfato verificada na área de estudo corresponde a 9,15 $\mu\text{M/L}$ na estação seca, variando entre a mínima de 5,56 e a máxima de 16,15 $\mu\text{M/L}$ (Tabela 14; Figura 40). As maiores concentrações foram observadas próximo à desembocadura do Rio Mumbuca, perto do canal de São Bento e na porção sul-sudeste da lagoa. Os menores concentrações foram encontrados na parte sudoeste e central da mesma (Figura 40). A média de fosfato verificada na estação úmida corresponde a 29,99 $\mu\text{M/L}$, variando entre a mínima de 16,41 e a máxima de 32,85 $\mu\text{M/L}$ (Tabela 14; Figura 41). As concentrações de fosfato aumentaram significativamente na estação úmida em toda a extensão da Lagoa de Maricá. Os resultados de fosfato nas estações seca e úmida ficaram acima do limite estabelecido pelo CONAMA 357 (2005) (Tabela 2).

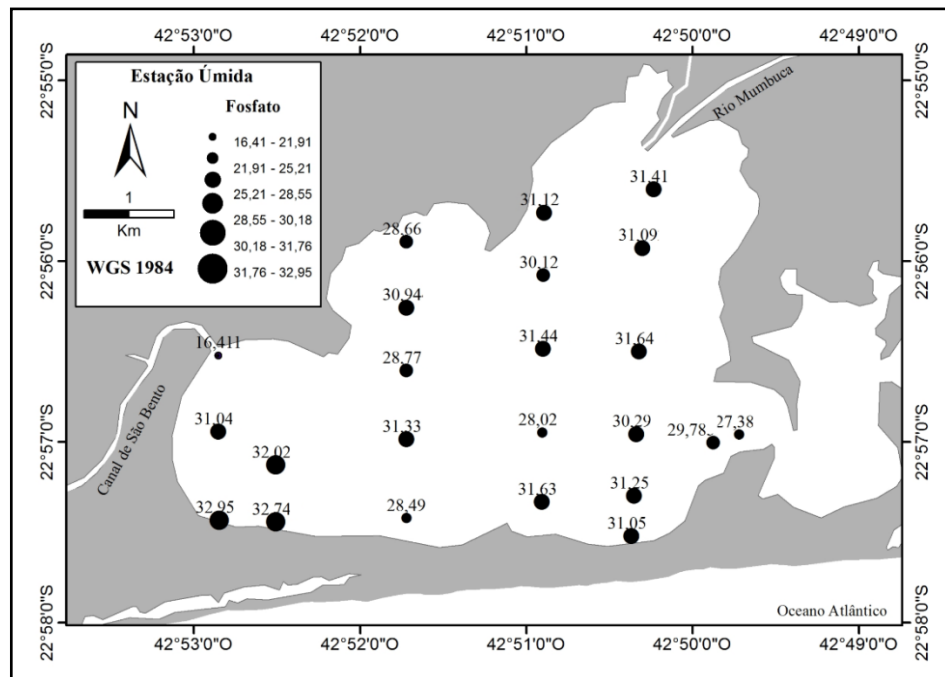
Tabela 14 - Resultados de fosfato ($\mu\text{M/L}$)

	Média	Mínima	Máxima	Mediana	Des.Padrão
Estação seca	9.15	5.56	16.15	8.88	0.98
Estação úmida	29.99	16.41	32.95	31.06	3.30

Fonte: A autora, 2018.

Figura 40 - Resultados de fosfato ($\mu\text{M/L}$) observados na estação seca

Fonte: A autora, 2018.

Figura 41- Resultados de fosfato ($\mu\text{M/L}$) observados na estação úmida

Fonte: A autora, 2018.

4.3 Clorofila *a*

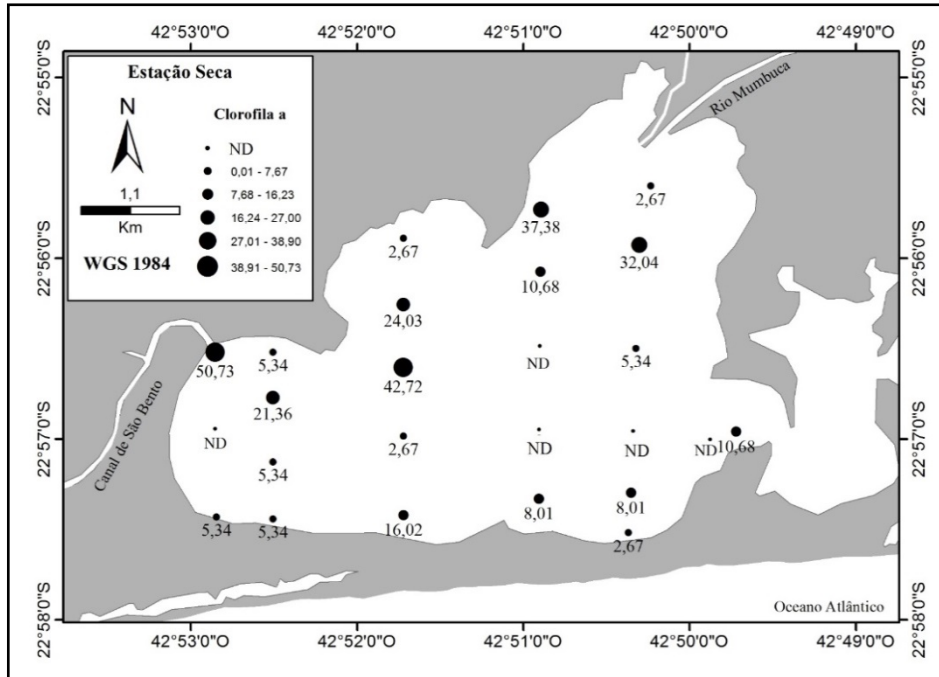
A distribuição da clorofila *a* na área de estudo apresentou valores entre o mínimo de 2,67 e a máxima de 50,73 $\mu\text{g/L}$ na estação seca e com média de 14,95 (Tabela 15; Figura 42). Os resultados mostram altas concentrações de clorofila *a* na área próxima a desembocadura do canal de São Bento, na parte centro-oeste e, em menor escala, nas proximidades da desembocadura do Rio Mumbuca (Figura 42). Não foram detectadas concentrações de clorofila *a* em 5 locais de monitoramento, com destaque para o setor leste da lagoa (Figura 42). Na estação úmida os resultados variaram entre 2,67 e 72,09 $\mu\text{g/L}$, representando a mínima e a máxima concentração de clorofila *a*, respectivamente, sendo a média de 30,83 (Tabela 15; Figura 43). As maiores concentrações foram verificadas na parte sul e noroeste da lagoa de Maricá (Figura 43). Em 7 dos 22 pontos de monitoramento não foi detectada a presença de clorofila *a*, mas sim de feopigmentos. O CONAMA 357 (2005) estabelece que a clorofila *a* em água doce não poderá ultrapassar 10 mg/L , porém não estabelece as concentrações de referência para água salobra (Tabela 2). Entretanto, a presença de clorofila foi facilmente percebida em alguns pontos de monitoramento (em ambas as estações), em função da coloração esverdeada apresentada pela água, principalmente após um período prolongado com ausência de chuvas.

Tabela 15 - Resultados de clorofila *a* ($\mu\text{g/L}$)

	Média	Mínima	Máxima	Mediana	Des.Padrão
Estação seca	14.95	2.67	50.73	8.01	14.81
Estação úmida	30.83	2.67	72.09	29.37	25.42

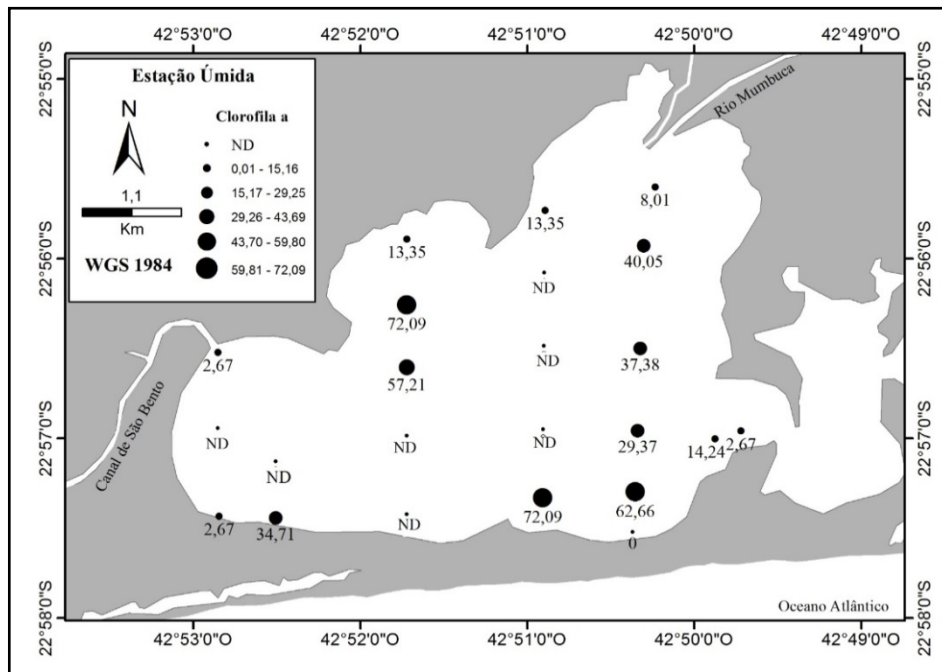
Fonte: A autora, 2018.

Figura 42 - Resultados de clorofila *a* ($\mu\text{g/L}$) observados na estação seca



Legenda: ND, não detectado.
Fonte: A autora, 2018.

Figura 43 - Resultados de clorofila *a* ($\mu\text{g/L}$) observados na estação úmida



Legenda: ND, não detectado.
Fonte: A autora, 2018.

A distribuição de Feopigmentos na estação seca foi verificada em 5 pontos de monitoramento, concentrados na sua quase totalidade no setor centro-leste da Lagoa de

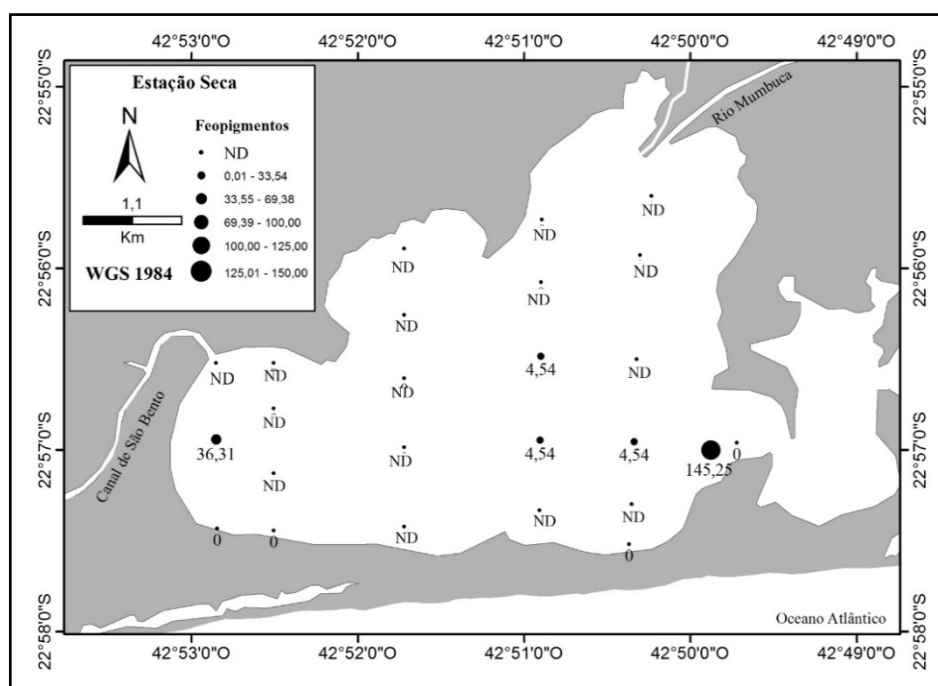
Maricá (Tabela 16; Figura 44). A média de feopigmentos na estação seca foi de 39,03, com concentrações entre 4,54 e 145,25 $\mu\text{g/L}$, sendo a maior concentração verificada próximo ao do canal que liga as lagoas de Maricá e da Barra. Na estação úmida foram identificados Feopigmentos em 7 pontos de monitoramento, com média de 82,24 e variações entre a mínima de 4,54 e a máxima de 217,87 $\mu\text{g/L}$ (Tabela 16; Figura 45). A máxima concentração foi registrada na porção centro-norte da lagoa. A resolução CONAMA 357(2005) não estabelece as concentrações de Feopigmentos.

Tabela 16 - Resultados de Feopigmentos ($\mu\text{g/L}$)

	Média	Mínima	Máxima	Mediana	Des.Padrão
Estação seca	39.04	4.54	145.25	4.54	60.95
Estação úmida	82.24	4.54	217.87	31.77	95.68

Fonte: A autora, 2018.

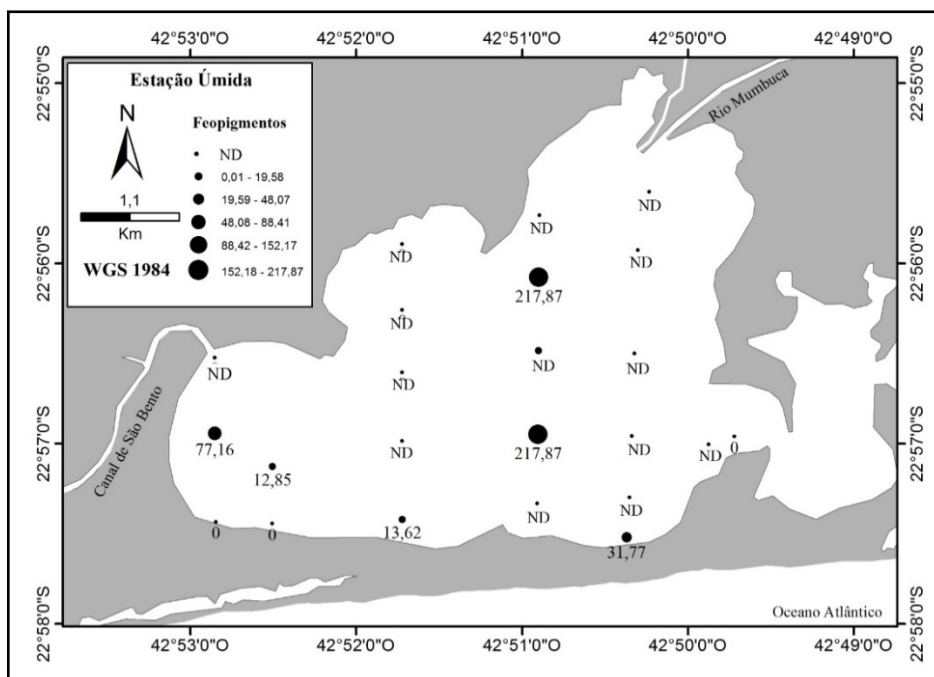
Figura 44 - Resultados de feopigmentos ($\mu\text{g/L}$) observados na estação seca



Legenda: ND, não detectado.

Fonte: A autora, 2018.

Figura 45 - Resultados de feopigmentos ($\mu\text{g/L}$) observados na estação úmida



Legenda: ND, não detectado.

Fonte: A autora, 2018.

4.4 Correlações estatística

A correlação não paramétrica de Spearman ($p < 0,05$) avalia a significância das correlações. Os dados foram calculados para dois conjuntos de dados, estação seca e úmida, e foram apresentados nas Tabelas 17 e 18, respectivamente.

A correlação estatística entre os parâmetros físico-químicos na estação seca permitiu constatar que a temperatura está correlacionada negativamente com a salinidade (Tabela 17), provavelmente pelo aumento de temperatura em locais com maior aporte de esgoto doméstico e água doce resultando na diminuição da salinidade (CHAPMAN & KIMSTACH, 1996). A condutividade elétrica e a salinidade relacionam-se positivamente (Tabela 17), já que a condutividade elétrica basicamente aumenta com a concentração do número de cargas (íons) em solução (TRICK et al., 2008). Nas correlações entre a maioria dos parâmetros físico-químico e os nutrientes, houve correlações negativas entre o pH e amônio (Tabela 17). Pelo fato da Lagoa de Maricá apresentar teores de pH predominantemente básico, houve uma diminuição do processo de amonização (ESTEVES, 1992). A correlação negativa entre oxigênio dissolvido e o nitrato (Tabela 17), ocorreu pelos baixos teores de OD, o que não

propicia a formação de nitrato, ou seja, há o processo de desnitrificação (LEWIS, 2000). A amônia está correlacionada positivamente com a condutividade elétrica (Tabela 17), os compostos catiônicos também interferem na condutividade elétrica da água (VON SPERLING, 2005). Em relação a correlação entre nutrientes, a amônia e o nitrato correlacionaram-se positivamente (Tabela 17), provavelmente pelo aporte de efluentes domésticos (CHAPMAN & KIMSTACH, 1996).

A correlação estatística entre os parâmetros físicos-químicos na estação úmida possibilitou identificar que o pH está correlacionado negativamente com o Eh (Tabela 18), isso ocorre devido as condições ambientais da Lagoa de Maricá que vem sendo degradada gradualmente conservando alguns processos naturais, esse padrão também foi apresentado no estudo de Pollery (1995). A condutividade e a salinidade apresentaram uma correlação positiva (Tabela 18), devido ao aumento de íons em solução (TRICK et al., 2008). Nas correlações entre parâmetros físico-químico e nutrientes, evidenciou-se correlações negativas entre a amônia com a condutividade elétrica, já que os compostos catiônicos interferem na condutividade elétrica da água, entretanto houve a correlação negativa devido a baixa concentração de amônia; o nitrato, por sua vez, correlacionou-se negativamente com o pH (Tabela 18). As condições de desnitrificação são geralmente mais ativas em pH básico (LEWIS, 2000). O nitrato e o nitrito se correlacionaram negativamente com a salinidade e a condutividade elétrica (Tabela 18), provavelmente em função da diminuição do aporte de água doce, causando a diminuição do nitrato e nitrito. Constatou-se uma correlação positiva entre o nitrito e a turbidez (Tabela 18), supostamente pelo aporte de efluentes domésticos que chegam até a coluna d'água (CHAPMAN & KIMSTACH, 1996; VON SPERLING, 2005); Os nutrientes amônia, nitrito e nitrato exibem uma correlação positiva entre eles (Tabela 18), possivelmente em resposta a limitação de nitrogênio (LEWIS, 2000). Houve correlações positivas de feopigmentos e Eh e OD, provavelmente por terem contribuído para os processos de degradação da clorofila *a* (WETZEL & LIKENS, 1991) (Tabelas 18).

Tabela 17 - Coeficientes de correlação entre os parâmetros químico físico, nutrientes e clorofila *a* na estação seca

	Temperatura	pH	Eh	Oxigênio Dissolvido	Salinidade	Condutividade	Turbidez	Amônio	Nitrito	Nitrato	Nitrogênio Total	Fosfato	Clorofila <i>a</i>	Feopigmentos
Temperatura	1.000	0.108	0.276	-0.293	-0.606	-0.007	0.238	0.250	-0.053	-0.090	-0.156	-0.146	0.289	-0.216
pH		1.000	-0.233	-0.228	-0.272	-0.367	0.020	-0.853	-0.334	-0.189	-0.313	0.273	0.150	-0.180
Eh			1.000	0.140	-0.065	0.147	0.158	-0.125	-0.261	-0.192	-0.010	-0.187	0.403	-0.144
OD				1.000	0.230	-0.023	-0.056	-0.216	-0.041	-0.570	-0.280	-0.125	0.221	0.522
Salinidade					1.000	0.603	-0.206	0.333	-0.037	0.209	0.112	-0.038	0.143	0.054
Condutividade						1.000	0.095	0.650	0.008	0.338	0.398	-0.177	0.260	0.090
Turbidez							1.000	-0.510	0.350	-0.158	0.273	0.078	-0.071	0.342
Amônio								1.000	0.666	0.466	0.800	0.083	-0.371	-0.500
Nitrito									1.000	0.360	0.563	0.207	-0.083	0.216
Nitrato										1.000	0.706	-0.002	-0.115	-0.630
NT											1.000	0.027	-0.072	-0.018
Fosfato												1.000	0.135	-0.720
Clorofila <i>a</i>													1.000	
Feopigmentos														1.000

Legenda: Temperatura medida em C°; Ph, potencial hidrogeniônico; Eh, potencial de oxi-redução; OD, oxigênio dissolvido, medido em miligramas por litro (mg/l); Condutividade elétrica medida em unidades Milivolt (mV), representada em micro Siemens por cm2 (uS/cm2); Turbidez, medida em unidades nefelométricas de turbidez (UNT); Amônio, Nitrito, Nitrato e Fosfato, medida em unidade Micrómetro (µM); Clorofila *a* e feopigmentos, medida em unidade Micrograma por Litro (mg.m⁻³ ou µg.L⁻¹).

Fonte: A autora, 2018.

Tabela 18 - Coeficientes de correlação entre os parâmetros químico físico, nutrientes e clorofila *a* na estação úmida

	Temperatura	pH	Eh	Oxigênio Dissolvido	Salinidade	Condutividade	Turbidez	Amônio	Nitrito	Nitrato	Nitrogênio Total	Fosfato	Clorofila <i>a</i>	Feopigmentos
Temperatura	1.000	0.277	0.113	-0.258	0.290	0.260	-0.235	-0.179	-0.303	-0.151	-0.215	-0.126	-0.151	0.688
pH		1.000	-0.573	0.157	0.113	0.102	0.186	-0.127	-0.326	-0.436	-0.261	-0.242	-0.312	-0.447
Eh			1.000	-0.228	0.172	0.139	-0.172	-0.174	-0.070	0.011	-0.140	0.073	0.340	0.894
OD				1.000	-0.131	-0.127	0.093	-0.004	-0.041	-0.230	-0.069	-0.085	-0.071	0.894
Salinidade					1.000	0.977	-0.315	-0.380	-0.678	-0.503	-0.546	-0.023	-0.097	0.057
Condutividade						1.000	-0.279	-0.400	-0.628	-0.487	-0.557	-0.048	-0.222	-0.112
Turbidez							1.000	-0.290	0.497	0.091	-0.125	0.201	0.154	0.057
Amônio								1.000	0.155	0.438	0.936	0.163	0.040	0.112
Nitrito									1.000	0.830	0.445	-0.102	0.222	-0.447
Nitrato										1.000	0.658	-0.158	0.353	-0.335
NT											1.000	0.148	0.159	-0.335
Fosfato												1.000	0.344	-0.224
Clorofila <i>a</i>													1.000	
Feopigmentos														1.000

Legenda: Temperatura medida em C°; Ph, potencial hidrogeniônico; Eh, potencial de oxi-redução; OD, oxigênio dissolvido, medido em miligramas por litro (mg/l);

Condutividade elétrica medida em unidades Milivolt (mV), representada em micro Siemens por cm² (uS/cm²); Turbidez, medida em unidades nefelométricas de turbidez (UNT); Amônio, Nitrito, Nitrato e Fosfato, medida em unidade Micrómetro (μM); Clorofila *a* e feopigmentos, medida em unidade Micrograma por Litro (mg.m⁻³ ou μg.L⁻¹).

Fonte: A autora, 2018.

4.5 Diagnóstico geoambiental da Lagoa de Maricá e principais impactos ambientais decorrentes das diferentes formas de uso e ocupação no entorno da Lagoa de Maricá

As medições dos parâmetros físico-químicos (Figuras 18 a 31), assim como, as análises dos nutrientes (Figuras 32 a 41) e clorofila *a* (Figuras 42 a 45) presentes nas águas da Lagoa de Maricá, permitiram caracterizar as condições ambientais em dois momentos distintos (estação seca e úmida) e conhecer alguns dos principais problemas ambientais existentes e que representam uma ameaça para o equilíbrio desta laguna.

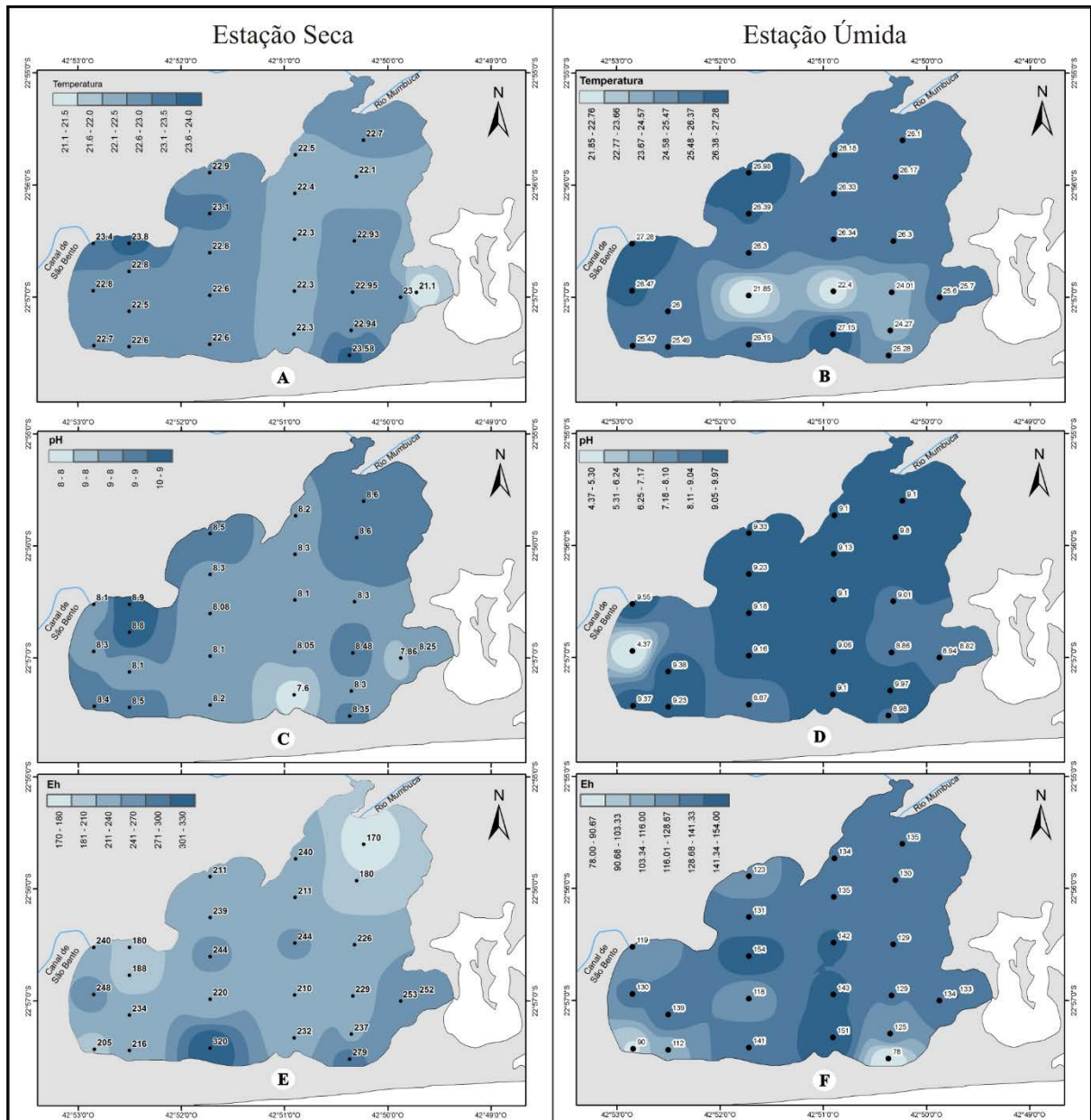
Os resultados foram inicialmente comparados aos valores de referência estabelecidos pelo COMANA 365 (2005) nas duas estações (Tabela 2), e que encontram peculiaridades quando comparados a outras lagoas costeiras. Para o melhor entendimento das variáveis ambientais estudadas na Lagoa de Maricá, os dados gerados com esta pesquisa foram comparados com pesquisas realizadas anteriormente neste ambiente sobre: a variabilidade sazonal dos parâmetros físico-químicos e da qualidade da água (ESTEVES, 1992); as concentrações de nutrientes na coluna d'água e na água intersticial de sedimentos presentes na laguna (FERNANDES, 1993) e no Rio Mumbuca (POLLERY, 1995); as características geomorfológicas e sedimentares da margem e do fundo lagunar (SILVESTRE et al. 2017); a influência do canal da barra no nível de água do sistema lagunar de Maricá, por meio da abertura e fechamento do mesmo (PRADEL e BARROCAS, 2017); entre outros.

Os maiores valores de temperatura da água, tanto na estação seca quanto na estação úmida (Figura 46 A; B), foram registrados perto da desembocadura do Canal de São Bento. Isto provavelmente decorre das péssimas condições da água neste local. O setor oeste da Lagoa de Maricá, incluindo a área próxima a desembocadura do Canal de São Bento apresenta, conforme Silvestre et al. (2017), concentrações elevadas de matéria orgânica (Figura 47). Este trecho da laguna está visivelmente degradado, com grande quantidade de materiais sólidos em suspensão, forte cheiro de decomposição e cor da água mais escura em comparação com as demais áreas.

A temperatura das águas da Lagoa de Maricá aumentou ligeiramente na estação úmida, como resultado da maior incidência de radiação solar, comum nos meses mais quentes no verão. Esse mesmo padrão de temperatura foi apresentado nos trabalhos de Esteves (1992), Fernandes (1993) e Almeida & Silva (2007), caracterizado por um aumento nas estações de verão. As variações na temperatura também podem ser explicadas a partir das mudanças na profundidade do fundo lagunar (Figura 48). Conforme Silvestre et al. (2017) a profundidade

na Lagoa de Maricá diminui de cerca de 2 metros na porção centro-sul da mesma em direção as margens de forma diferenciada: a margem norte apresenta um perfil suave em direção ao fundo, enquanto que a borda sul é mais íngreme. Na estação úmida (Figura 46B) as maiores temperaturas foram registradas exatamente nas áreas de mais baixa profundidade, evidenciando uma influência direta da morfologia de fundo (Figura 48) na distribuição da temperatura ao longo da Lagoa de Maricá nesse momento (Figura 46B).

Figura 46 - Interpolação dos dados.

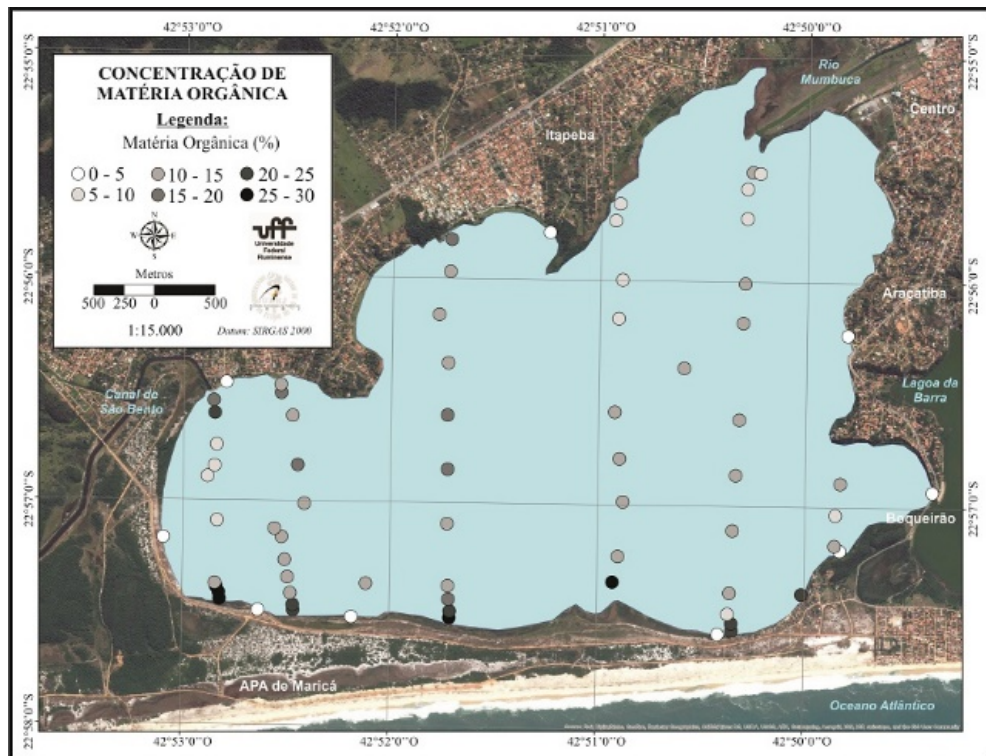


Legenda: Temperatura (°C), estação seca (A) e úmida (B); pH (potencial hidrogeniônico) na estação seca (C) e úmida (D); valores de Oxi-Redução/Eh (mV), na estação seca (E) e úmida (F).

Fonte: A autora, 2018.

A temperatura da água é considerada um fator importante para a execução das funções físico-químicas e biológicas do corpo de água (VON SPERLING, 2005). Os valores tendem a aumentar no verão ocorrendo crises distróficas nos corpos lagunares como em algumas lagoas fluminenses (CARMOUZE et al., 1995; DOMINGOS, 2006), esse padrão é facilmente observado em muitas lagoas no mundo, como em Youngrang na Coréia do Sul (BHATTRAI et al., 2017).

Figura 47 - Mapa indicando a concentração de matéria orgânica na Lagoa de Maricá

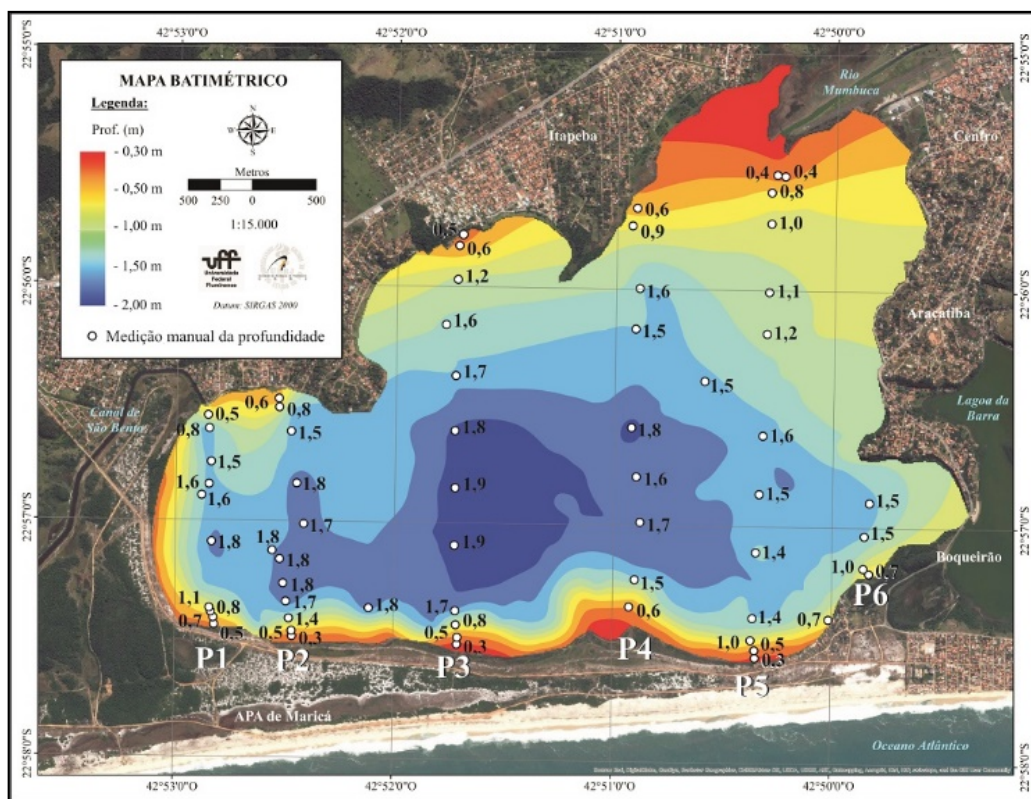


Fonte: Silvestre et al., 2017.

O pH da Lagoa de Maricá se apresentou predominantemente básico nas duas estações, com a média 8,29 na estação seca, e média 8,98 na úmida (Figura 46C e D). Todavia, os maiores valores registrados foram encontrados na estação úmida e correspondem a 9,97 (Figura 46D). Esse padrão também foi encontrado em trabalhos realizados anteriormente na Lagoa de Maricá por Esteves (1992), Fernandes (1993) e Pollery (1995). Isso se deve, possivelmente pela influência do intemperismo químico de detritos carbonáticos presentes nas margens e fundo da Lagoa de Maricá, que apresenta quantidade considerável de conchas, fragmentos de conchas e restos esqueléticos de peixes, conforme apresentado por Silvestre et al. (2017) (Figura 49). Próximo ao Canal de São Bento foi verificado um pH ácido (4,37) na estação úmida (Figura 46D). Além da proximidade com o canal, essa área também é bastante

frequentada por turistas no verão (Figura 50), quando é comum a presença de banhistas neste trecho nos finais de semana, o que pode estar contribuindo para uma condição de acidez local devido ao descarte inadequado de resíduos orgânicos. Os valores de pH são correspondentes com o sistema lagunar de Saquarema (DIAS et al., 2017) e com o sistema lagunar de Jacarepaguá (SAMPAIO, 2008), no qual os valores apresentaram-se básicos e sofrem influência direta da sedimentação.

Figura 48 - Mapa batimétrico associando os dados adquiridos manualmente e com o ecobatímetro



Fonte: Silvestre et al., 2017.

Estudo realizado por Lawson (2011) em lagos na Nigéria, permitiu observar que os ácidos orgânicos resultantes da vegetação em decomposição foram diretamente responsáveis pela diminuição do pH (LAWSON, 2011). Os valores de Eh, nas estações seca e úmida (Figura 46E e F), apontam para a predominância de características oxidantes, pois foram observados valores positivos nos pontos de monitoramento. Valores positivos de Eh também foram encontrados nos trabalhos de Pollery (1995) e Fernandes (1993) na Lagoa de Maricá.

Figura 49 - Areia rica em conchas na margem leste



Fonte: Silvestre, 2016.

Figura 50 – Setor oeste da Lagoa de Maricá



Legenda: APA num final de semana com dia quente: muitos banhistas, pequenos barcos, jetski e muitos carros estacionados sobre a vegetação de restinga na margem lagunar

Fonte: André Silva, 2013.

A variação espacial da salinidade em ambas as estações demonstrou que a água da Lagoa de Maricá é predominantemente salobra (superior a 0,5 ‰ e inferior a 30 ‰) (Figura

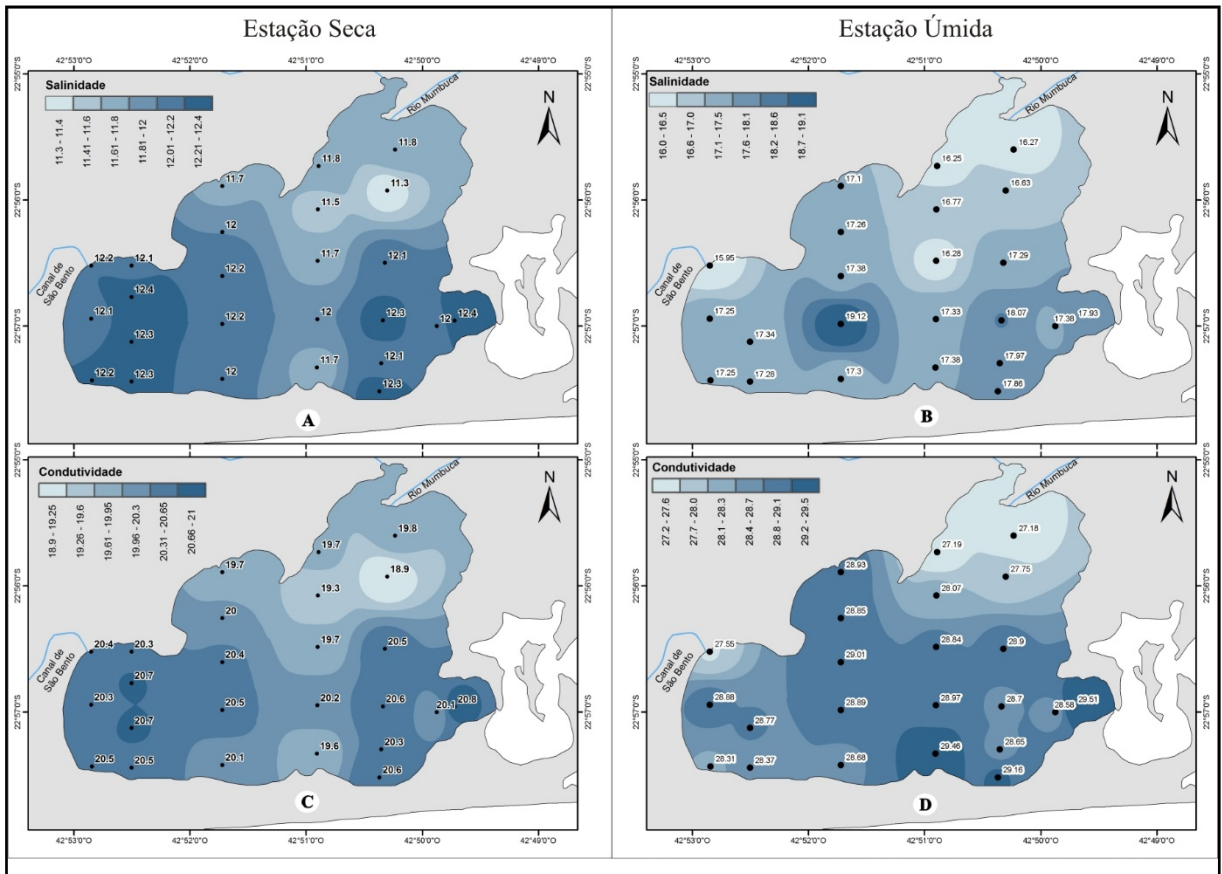
51 A e B). As menores concentrações de salinidade foram registradas nas proximidades do rio Mumbuca, devido o aporte de água doce nessas áreas. Nas proximidades do canal que liga a Lagoa de Maricá a Lagoa da Barra e na porção sul da laguna, os valores de salinidade foram ligeiramente mais altos, provavelmente pela influência de água salgada proveniente da intrusão salina em subsuperfície nas áreas próximas a barreira holocênica (Silva, 2011; Silvestre et al., 2013). Conforme Silva (2011) e Silva et al. (2011), a cunha de água salgada foi identificada, com base em dados de georadar, a partir da profundidade de 9 metros na área da barreira holocênica, estendendo-se até a área entre o reverso dessa barreira e a planície lagunar (SILVA, 2011; SILVA et al., 2011); o que coincide com a borda da Lagoa da Barra que se conecta diretamente com a Lagoa de Maricá no setor sudeste da mesma (Figura 2G e 5). Nessa área, em especial, a entrada de água do mar diretamente no sistema lagunar de Maricá pode ocorrer também através do processo de transposição de ondas, como relatado por Silva et al. (2018b) e Silva e Silvestre (2017).

Os teores de salinidade aumentaram significativamente na estação úmida (Figura 51B), possivelmente pelo aumento da temperatura da água ocasionando maior evaporação, com concomitante diminuição das chuvas nos dias que antecederam o monitoramento. Estudo realizado por Almeida e Silva (2007) sobre a intrusão salina em aquíferos na planície costeira de Maricá identificaram uma concentração de sais na água da Lagoa de Maricá associado com a proximidade da linha de costa. O aquífero costeiro de Maricá apresenta rápida resposta aos fatores sazonais e climáticos; após um período de precipitação, os valores de condutividade elétrica aumentam, já que os sais são lixiviados pela chuva, aumentam a quantidade de íons nas águas do aquífero (ALMEIDA e SILVA, 2007). Caso diferente ocorre na lagoa de Jacarepaguá, onde a salinidade da água variou desde entre 0‰ e 9 ‰, com os valores mais baixos de salinidade registrados nos meses chuvosos (verão) pela possível diluição da água da lagoa pela água da chuva (GOMES, 2011). Algumas lagoas, no entanto, podem exibir valores mais elevados de salinidade, como o que ocorre com a Lagoa Salgada, no norte do estado do Rio de Janeiro. Essa lagoa, considerada hipersalina, apresenta valores médios de salinidade em torno de 64,7‰, em decorrência da baixa profundidade e pela forte ação dos ventos, responsáveis por uma maior homogeneidade da coluna d'água (SILVA et al., 2013).

Os valores de condutividade elétrica acompanham os de salinidade nas duas estações (Figura 51), já que estas variáveis estão diretamente relacionadas e influenciam umas nas outras (VON SPERLING, 2005). A condutividade elétrica é menor nas proximidades do rio Mumbuca, em ambas as estações (Figura 51 C e D). Na área próxima à desembocadura do Canal de São Bento, os valores de condutividade elétrica são menores na estação úmida

(Figura 51 C e D), provavelmente devido o maior aporte de água doce nessas áreas. Nas proximidades do canal que liga a Lagoa de Maricá a Lagoa da Barra, os valores são ligeiramente mais altos (Figura 51 C e D), provavelmente devido a maior proximidade com o mar.

Figura 51 - Interpolação dos dados



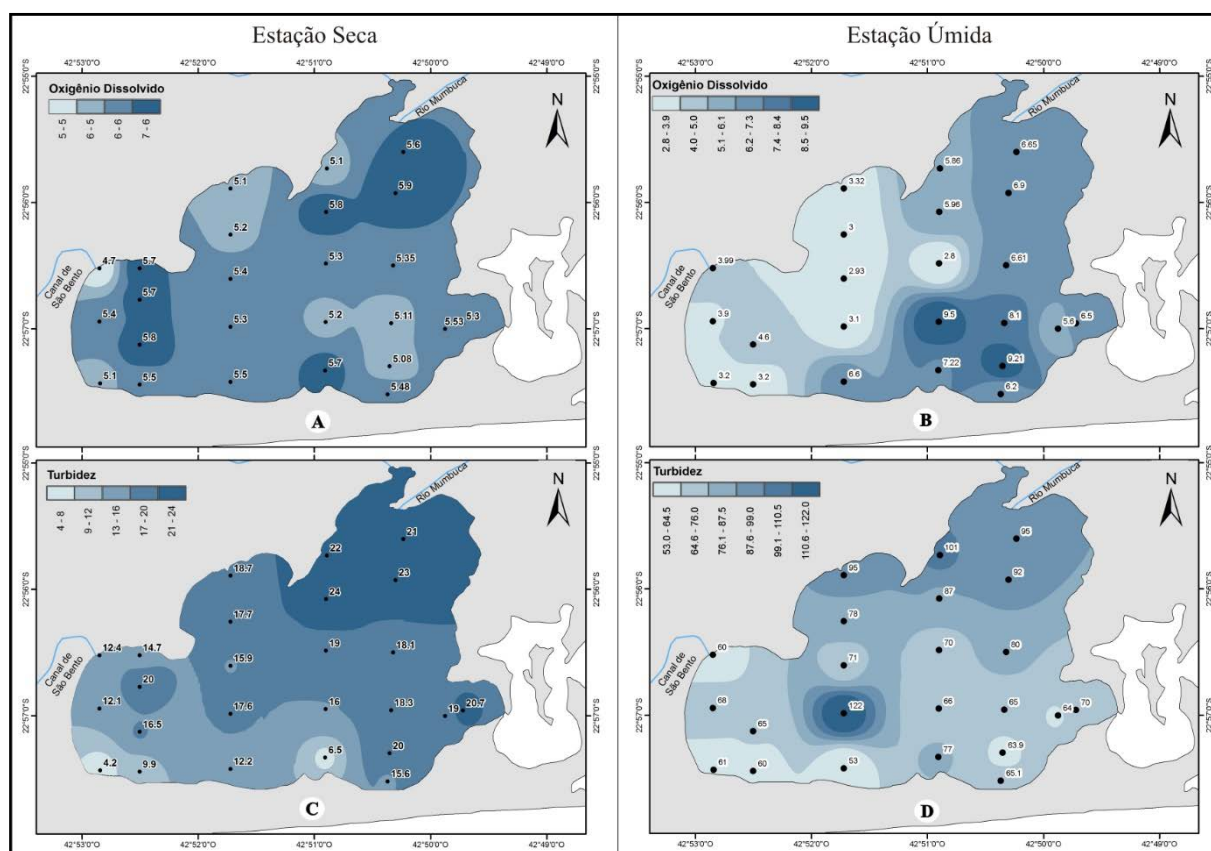
Legenda: salinidade na estação seca (A) e úmida (B); condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) na estação seca (C) e úmida (D).

Fonte: A autora, 2018.

A maioria dos valores de oxigênio dissolvido na estação seca apresentaram-se sutilmente superiores ao limite estabelecido pelo CONAMA (2005), exceto no ponto de monitoramento próximo ao Canal de São Bento, que apresentou valor inferior ao recomendado, evidenciando uma baixa taxa de oxigenação neste local (Figura 52A). Na estação úmida todos os valores foram inferiores a 5 mg/L (Figura 52B). Os menores valores foram registrados no setor oeste e noroeste da laguna, próximos à desembocadura do Canal de São Bento, provavelmente pela descarga de esgoto e também pela elevação da temperatura na estação úmida (Figura 46A e B), que propicia uma maior decomposição de matéria orgânica

presente no ambiente. Esse fator pode estar associado a oxidação da matéria orgânica autóctone e alóctone. A redução de oxigênio dissolvido pode estar diretamente relacionada ao excesso de matéria orgânica proveniente de esgoto doméstico *in natura* e a descarga fluvial com alta carga orgânica, como verificado por Santos (2015) na Lagoa Rodrigo de Freitas. A redução de Oxigênio dissolvido e as altas concentrações de amônia criam condições favoráveis para a proliferação de cianobactérias na Lagoa de Jacarepaguá (GOMES, 2011).

Figura 52 - Interpolação dos dados



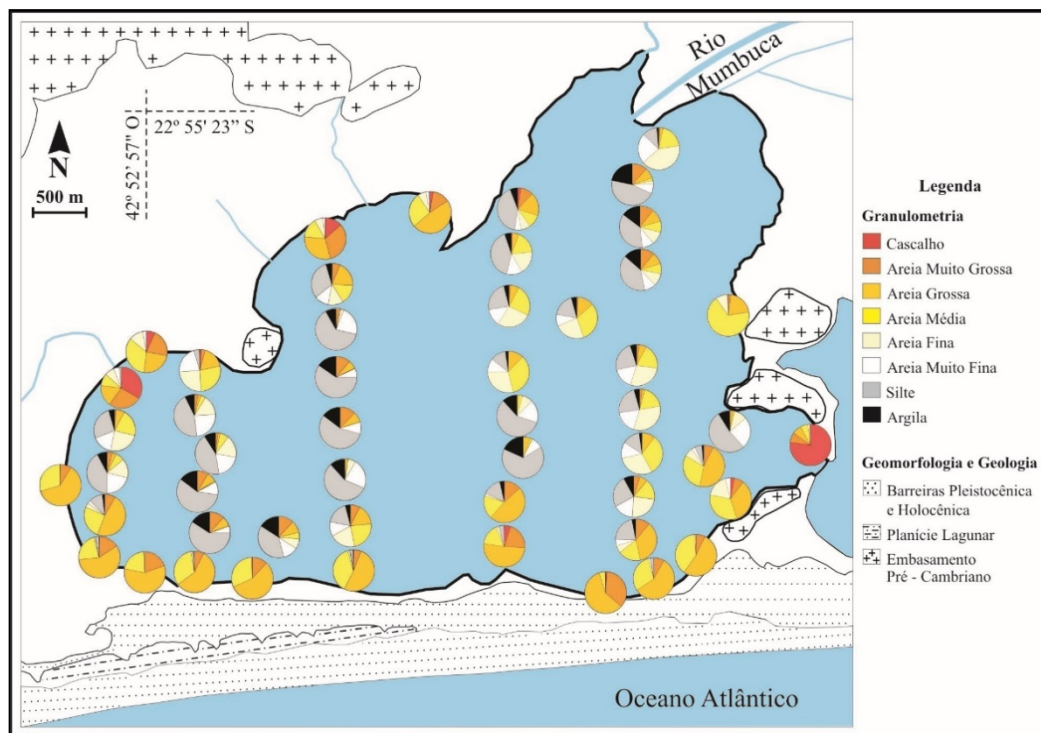
Legenda: Oxigênio dissolvido (OD) na estação seca (A) e úmida (B); Turbidez (UNT) na estação seca (C) e úmida (D).

Fonte: A autora, 2018.

Os valores de turbidez verificados na Lagoa de Maricá apresentaram-se baixos na estação seca (Figura 52 C); na estação úmida houve um aumento significativo dos valores de turbidez (Figura 52D), provavelmente pelo aporte de esgoto na região norte da Lagoa de Maricá (perto dos condomínios e desembocadura do Rio Mumbuca). A turbidez também se relaciona com o material de fundo, que no caso da Lagoa de Maricá é representado predominantemente por silte arenoso e areia siltosa (Figura 53), conforme Silvestre et al. (2017). O aumento da turbidez tende a ocorrer nas estações chuvosas e, principalmente, logo

após a ocorrência de precipitações, quando a carga de materiais em suspensão na coluna d'água aumenta consideravelmente nas proximidades do Rio Mumbuca (POLLERY, 1995). Entretanto, os dias que antecederam a aquisição de dados na estação úmida foram marcados pela ausência de chuvas expressivas na região de Maricá. Outro fator capaz de influenciar na turbidez é a suspensão de material de fundo (sedimentos finos e matéria orgânica) movidos pelos ventos e ondas. Conforme Silvestre et al. (2017), a sedimentação da Lagoa de Maricá sofre influência direta do regime de ventos, que durante as tempestades podem transportar areias das barreiras para a laguna e formar ondas que podem ultrapassar 1 m de altura, responsáveis por remobilizar os sedimentos das margens e do fundo. Caso singular ocorre na Lagoa Salina no Pará, quando a turbidez diminui nos períodos chuvosos, pois a chuva promove a entrada de substâncias húmicas (do escoamento superficial do manguezal adjacente), promovendo a adsorção e a sedimentação das partículas em suspensão (PEREIRA et al., 2017).

Figura 53 - Granulometria dos sedimentos de fundo e margem da Lagoa de Maricá



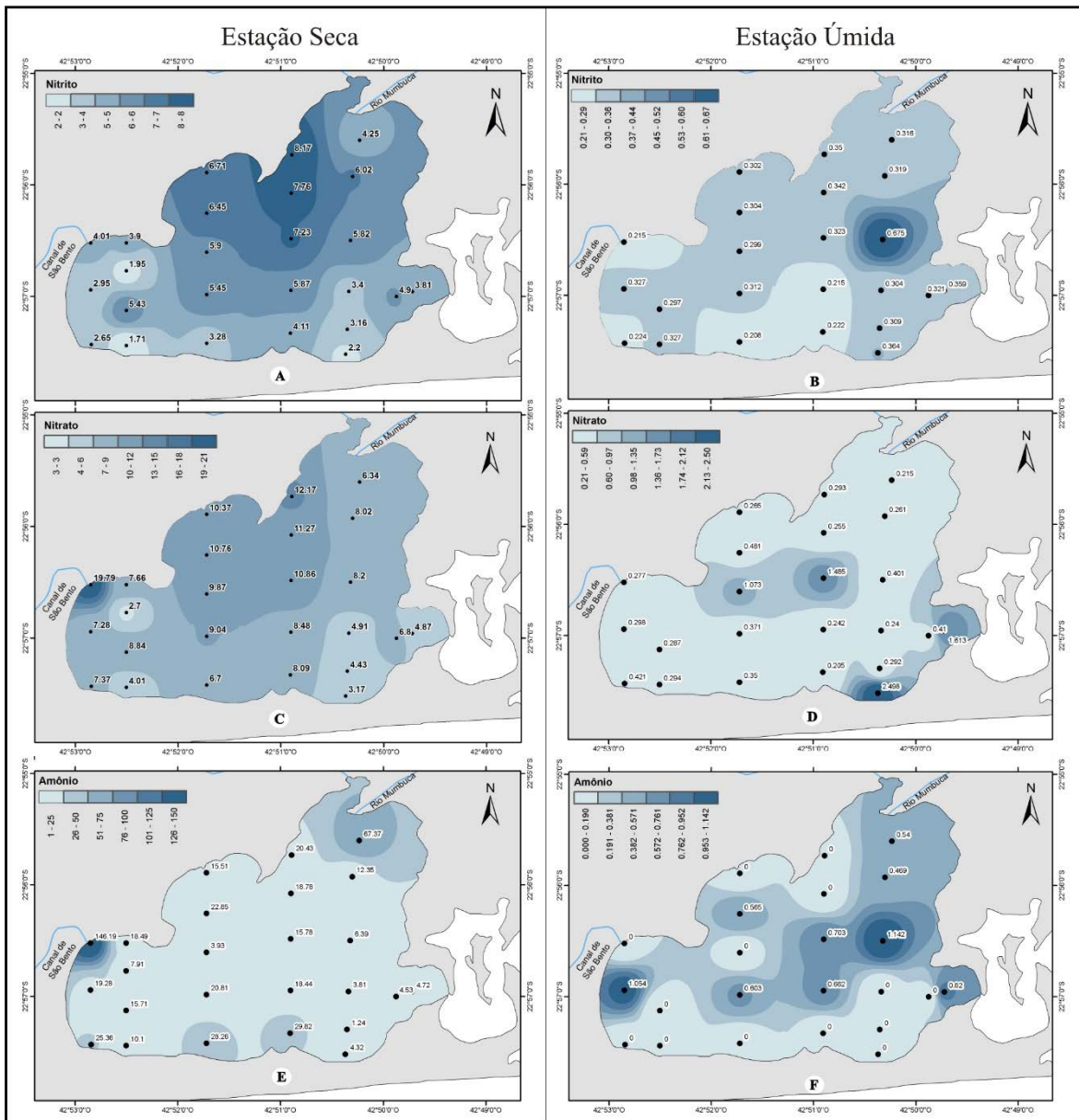
Fonte: Silvestre et al. (2017).

Em relação aos nutrientes nitrogenados, a distribuição espacial demonstra maiores concentrações no setor oeste e norte da Lagoa de Maricá; as menores concentrações foram verificadas na porção sul da laguna, evidenciando uma ligeira diminuição gradual de norte

para sul, mais marcante na estação seca (Figura 54A e B). Esse padrão de distribuição pode estar diretamente relacionado com a maior concentração das fontes de nutrientes, como o nitrito (Figura 54A) e o nitrato (Figura 54C), na porção norte da laguna. A concentração de amônia na estação seca foi expressiva perto da desembocadura do Canal de São Bento e do Rio Mumbuca (Figura 54E e F), indicando uma poluição orgânica por esgotos. Em relação a estação úmida houve uma queda brusca nos teores de nitrito (Figura 54B), nitrato (Figura 54D) e amônia (Figura 54F), concomitante aumento expressivo de fosfato (Figura 55C e D). Um indicativo de queda dos nutrientes nitrogenados neste ambiente foi a limitação de oxigênio dissolvido na parte oeste da lagoa, ocasionando o processo de desnitrificação e o aumento do pH, diminuindo o processo de amonização (ESTEVES, 1992; POLLERY, 1995). A limitação severa de nitrogênio inorgânico no verão também foi encontrada na Lagoa da Barra nos estudo de Nascimento e Azevedo (1999). A limitação por nitrogênio é comum em sistemas tropicais, já que os processos de desnitrificação são mais intensos em temperaturas mais elevadas. O excesso de fósforo no sistema quando comparado com a quantidade disponível de nitrogênio pode tornar esse nutriente limitante (LEWIS, 2000).

A proporção de nitrogênio inorgânico para fósforo em lagunas costeiras é geralmente muito menor, neste sentido é mais difícil identificar padrões sazonais comuns na abundância de nitrogênio inorgânico, exceto que os altos níveis de nitrato estão geralmente associados à entrada de água doce (NIXON, 1982). O fosfato apresentou-se alto em toda a Lagoa de Maricá na estação seca, com as maiores concentrações verificadas na porção sul da laguna e perto da desembocadura do Rio Mumbuca (Figura 55C), provavelmente pela decomposição de matéria orgânica (autóctone e alóctone). O fosfato obteve valores maiores na estação úmida (Figura 55D), corroborando com os resultados encontrados por Esteves (1992). Isto provavelmente ocorre quando os ventos atuam colocando em suspensão a matéria orgânica dos sedimentos, acarretando na remineralização do fósforo. Para Nixon (1982), os sistemas marinhos com pouca profundidade apresentam uma alta competência de armazenamento de matéria orgânica no fundo, que pode ser remineralizada em temperaturas mais elevadas, fazendo com que o fosfato seja rapidamente misturado na coluna d'água. O crescimento intenso de macrófitas aquáticas, em particular ao longo da borda da lagoa, e a presença de macro-algas verdes na coluna d'água, pode ser responsável pelos altos teores de nutrientes (FERNANDES et al., 1989; SIMÕES FILHO, 1993). Na Lagoa de Maricá, a contribuição de material alóctone se dá principalmente através do influxo do Rio Mumbuca (POLLERY, 1995) e Canal de São Bento (SANTIAGO, 2008).

Figura 54 - Interpolação dos dados



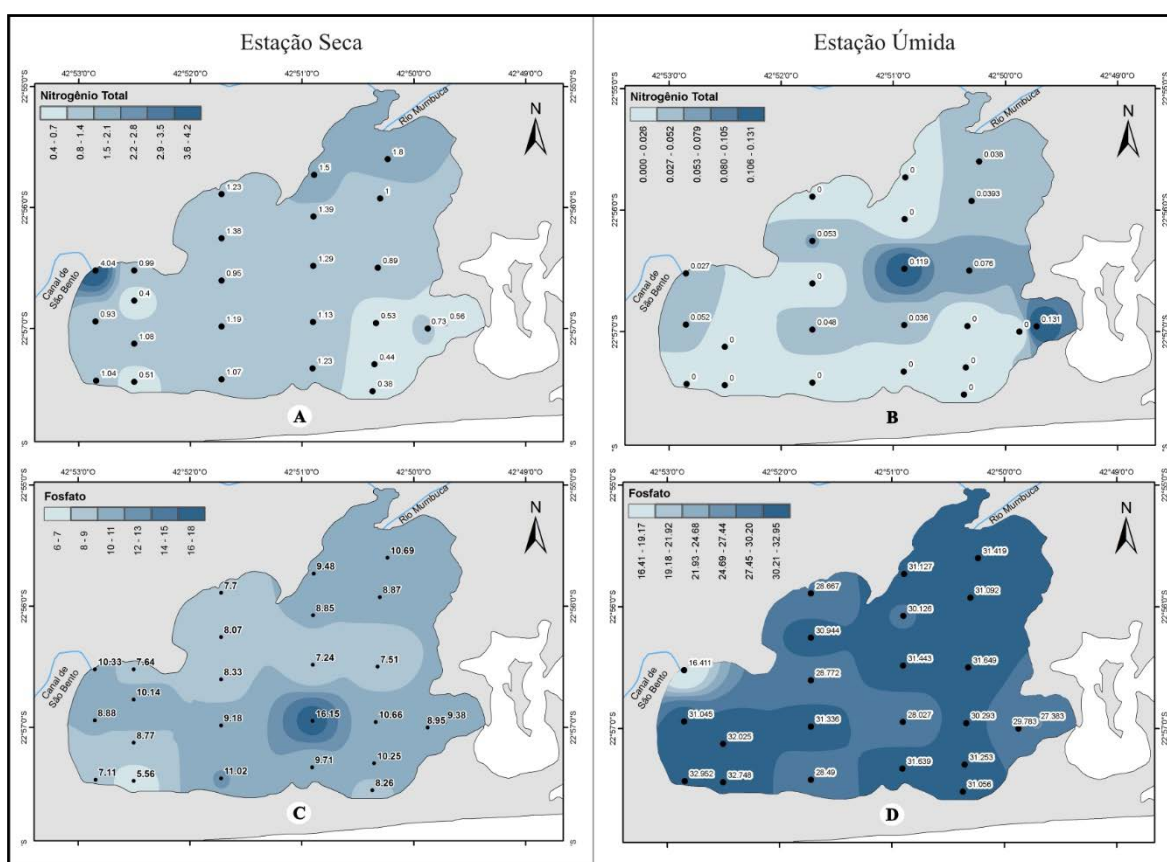
Legenda: Nitrito (μM) na estação seca (A) e úmida (B); Nitrato (μM) na estação seca (C) e úmida (D); Amônia (μM) na estação seca (E) e úmida (F).

Fonte: A autora, 2018.

As fontes de nutrientes em lagoas costeiras podem variar bastante de um ambiente para outro. Na Lagoa de Itaipu, o acúmulo de matéria orgânica está diretamente relacionado às condições hidrodinâmicas (intensas trocas de água com o oceano), conforme Raposo et al. (2018). Carloni et al. (2010) verificou que com a abertura da barra da Lagoa de Saquarema houve uma diluição do fósforo e aumento nas concentrações de nitrogênio inorgânico total, principalmente através do amônio, que pode constituir na regeneração de nitrogênio do sedimento ocasionado pelo aumento da hidrodinâmica. Nas lagoas costeiras tropicais cársticas da península de Yucatán no México, as fontes de nutrientes entram por via da descarga

subterrânea, contaminada por resíduos urbanos ou agrícolas (TAPIA GONZALEZ et al., 2007). A elevada concentração de fósforo em todos os pontos amostrais pode ser atribuída às especificidades das atividades antrópicas no entorno dos corpos hídricos, como o despejo de esgotos domésticos sem tratamento, comum em diversas lagoas no litoral fluminense: Lagoa de Araruama (OLIVEIRA et al., 2011; SCHUINDT et al., 2018), de Jacarepaguá (SAMPAIO, 2008; REBELO, 2016), Rodrigo de Freitas (SOARES et al., 2012) e de Saquerema (MENDES, 2011; BARRADAS et al., 2017).

Figura 55 - Interpolação dos dados



Legenda: Nitrogênio Total (μM), estação seca (A); Nitrogênio Total (μM), estação úmida (B); Fósforo (μM), estação seca (C); Fósforo (μM), estação úmida (D).

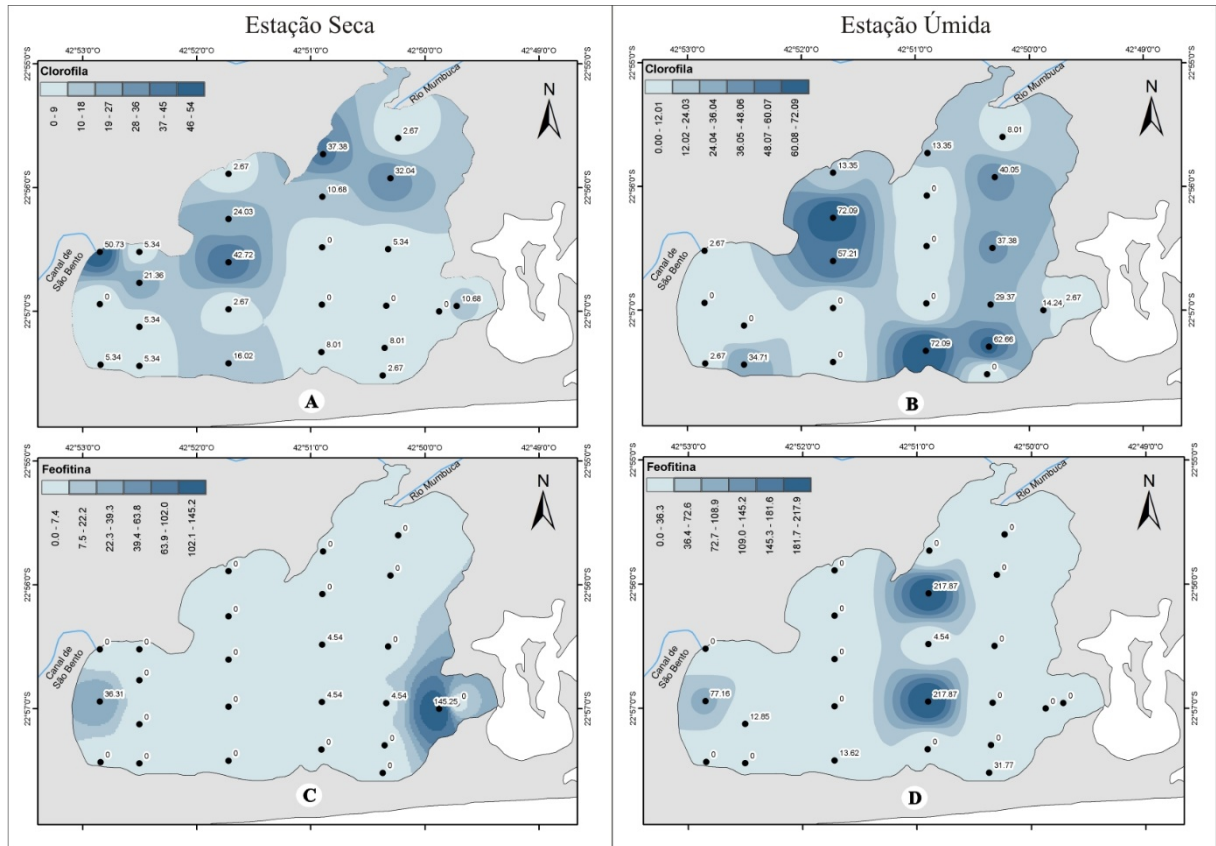
Fonte: A autora, 2018.

As lagoas costeiras e os estuários são sistemas aquáticos muito produtivos, com altas taxas de produção primária e elevados teores de biomassa (NIXON, 1982; KNORPPES, 1994). A Lagoa de Maricá por ser uma lagoa fechada possui baixa renovação de massa d'água e elevado potencial de retenção de matéria orgânica e inorgânica, ocasionando a disponibilidade de nutrientes, de modo que, facilite o aumento de produtores primários (MOREIRA, 1988; MOREIRA e KNOPPERS, 1990; KNOPPERS e MOREIRA, 1990). As

altas taxas de clorofila *a* nas duas estações (Figura 56A e B) foram influenciadas pela pouca profundidade da laguna e atuação dos ventos que afetam toda a coluna d'água, promovendo a ressuspensão de materiais, nutrientes e pequenos organismos da camada superficial do sedimento de fundo, aumentando a produtividade (NIXON, 1982; PÉREZ-RUZAFÁ et al., 2007). Os maiores valores foram verificados na estação úmida (Figura 56), possivelmente pelo aumento de temperatura (Figura 46A e B) e da disponibilidade de fosfato (Figura 55C e D). Quanto à variação espacial de Clorofila *a* e feopigmentos (Figura 56), não foi observado nos períodos um padrão bem definido ao longo da laguna. Segundo Knoppers et al. (1999) há uma correlação entre o tempo de renovação e as taxas de produção primária, que pode ser medida pela clorofila *a*. As lagoas sob influência direta do mar através de canais de maré tendem a apresentar os menores teores de clorofila *a*. Valores maiores de clorofila *a* são geralmente encontrados em lagoas fechadas (como Maricá), que possuem tamanhos e tempos de renovação similares. Quando as temperaturas e as concentrações de fósforo na água forem elevadas, simultaneamente, observa-se que há um aumento expressivo da biomassa fitoplanctônica, como ocorreu na Lagoa do Peri, segundo Hennemann (2010). Os elevados níveis de clorofila *a* sustentados pela entrada de nutrientes e o elevado tempo de renovação de suas águas, podem levar este sistema a apresentar sucessivas crises distróficas, como ocorre na Lagoa de Araruama (MELLO, 2007). No entanto, ambientes com pH ácido, tendem a tornar o ecossistema mais seletivo para ser habitado pela maioria das espécies aquáticas, contribuindo com baixos valores de Clorofila *a* e de fósforo total, como o que nas lagoas Camarão, Vitória e Junco, na Bahia (SOUZA, 2015).

A pluviosidade interfere diretamente na salinidade e na temperatura, mas tende a influenciar também na determinação de outros parâmetros, conforme ressaltado por Smith (1994). Entretanto, neste estudo foi constatado que a pluviosidade não foi tão determinante na hidrodinâmica da Lagoa de Maricá por ocasião dos monitoramentos. Essa característica corrobora com estudos anteriores realizados por Oliveira et al., (1955), Esteves (1992), Fernandes (1993), Pollery (1995), que apontam para o regime de ventos como sendo o principal fator atuante na dinâmica da Lagoa de Maricá. Os efeitos do vento nas lagoas costeiras sufocadas podem gerar efeitos locais como: a formação de correntes induzidas pelo vento, a geração de ondas de vento de curto período e mudanças no nível local de água (KJERFVE & MAGILL, 1989). Quando há ocorrência de chuvas mais intensas na região, o sistema lagunar de Maricá recebe maior volume de precipitação. Esse acúmulo de água aumenta o nível d'água lagunar e gera enchentes e alagamentos na região (OLIVEIRA et al., 1955; PADREL e BARROCAS, 2017).

Figura 56 - Interpolação dos dados



Legenda: Clorofila a ($\mu\text{g/L}$) na estação seca (A) e úmida (B); Feopigmentos ($\mu\text{g/L}$) na estação seca (C) e úmida (D)..

Fonte: A autora, 2018.

O litoral de Maricá, tem sofrido intensas modificações recentes em decorrência do aumento de loteamentos, atividades industriais e turísticas no município (SILVA e SEABRA, 2011). Estas ocupações tem causado problemas relacionados ao assoreamento das lagoas, diminuição do espelho d'água em algumas áreas, construção de aterro clandestino, lançamento de esgoto *in natura* no complexo lagunar (SOUZA et al., 2013). A lagoa de Maricá por ter baixa renovação e circulação de massa d'água, possui um elevado potencial de retenção de matéria orgânica e inorgânica, resultando em condições favoráveis ao processo de eutrofização (FERNANDES et al., 1989). A situação se agrava pelo aporte de nutrientes de afluentes domésticos, industriais e agrícolas carreados pelo Rio Mumbuca (POLLERY, 1995) e Canal de São Bento (SANTIAGO, 2008). A alta oferta de matéria orgânica resulta em um ecossistema altamente suscetível à poluição ambiental (FERNANDES et al., 1989).

O material orgânico autóctone é fornecido, principalmente, por plâncton e pela macrófita *Typha Domiguensis* (SIMÕES FILHO, 1993), que parece servir como filtro físico e biológico para a matéria orgânica transferida da bacia de drenagem para a laguna (COUTO et

al., 2000), possivelmente responsável pelos altos teores em nutrientes (FERNANDES et al., 1989). O fornecimento de material alóctone se dá através do influxo do Rio Mumbuca com a entrada de materiais particulados ou nutrientes dissolvidos (POLLERY, 1995) e a partir do despejo de afluentes domésticos, resíduos sólidos e material em decomposição que chegam na Lagoa de Maricá pelo Canal de São Bento (SANTIAGO, 2008). Essas fontes potenciais de nutrientes para a laguna, contribuem para a degradação dos ecossistemas presentes neste ambiente devido à grande quantidade de esgoto que transportam. Em algumas áreas, nota-se a presença de uma espuma densa com forte cheiro de decomposição, além da disposição de esgoto doméstico (Figura 7), como constatado por Rodrigues et al. (2015). A entrada de resíduos sólidos orgânicos e inorgânicos aumenta consideravelmente o grau de impacto nos ambientes lagunares, comprometendo a qualidade de água e afetando a biodiversidade marinha.

A eutrofização cultural - crescimento excessivo de plantas resultante do enriquecimento de nutrientes pela atividade humana - é o principal problema enfrentado atualmente pela maioria das águas superficiais. Os nutrientes são fundamentais para manter a qualidade da água, porém o seu enriquecimento atua nas condições específicas do sistema (SMITH & SCHINDLER, 2009). A Lagoa de Maricá é um sistema sujeito a eutrofização natural, entretanto, com o aumento da ocupação desordenada das áreas no entorno das lagoas costeiras no município de Maricá, esse processo tende a se acentuar gerando impactos provenientes, que tendem a se acentuar devido ao intenso crescimento imobiliário na região, conforme ressaltado por Cruz et al. (1996). Esses impactos podem causar alterações na qualidade da água, culminando no desequilíbrio do ecossistema aquático.

As lagoas costeiras são utilizadas, principalmente, para atividades pesqueiras e para o lazer. Diversos casos envolvendo a mortandade de peixes na Lagoa de Maricá foram registrados ao longo dos últimos anos (Figura 7), o que prejudica em demasia a vida dos pescadores locais e coloca em risco os ecossistemas costeiros da região. As condições do ambiente no verão (alta temperatura e a diminuição da solubilidade do oxigênio dissolvido) contribuem para a redução da disponibilidade do oxigênio dissolvido (DOMINGOS, 2006).

A ocorrência de chuvas mais intensas na região faz com que a bacia hidrográfica de Maricá receba um grande volume de água, que escoar superficialmente em direção ao sistema lagunar, aumentando de forma repentina o nível d'água, o que tem causado enchentes e alagamentos na região. Visando resolver o problema, a prefeitura tem promovido a abertura de um canal artificial na Barra de Maricá, para escoar a água e conter os alagamentos

provocados por esse aumento repentino do nível d'água (CRUZ, 2010; PADREL e BARROCAS, 2017).

No entanto, esses mesmos autores alertam para a necessidade da realização de estudos prévios para avaliar os impactos causados por esse tipo de intervenção. Para intervenções deste tipo, voltadas para uma melhoria na sua circulação e renovação das águas no sistema lagunar de Maricá, faz-se necessário a realização de monitoramentos sistemáticos, envolvendo a coleta de água e sedimentos para acompanhar as mudanças nas condições ambientais, entender os ciclos biológicos que se realizam nas lagunas, entre outras ações, para minimizar os impactos de uma abertura eventual de canais na barra arenosa. Os problemas decorrentes desse tipo de intervenção ultrapassam os limites do sistema lagunar e podem, inclusive, comprometer a estabilidade do litoral, desencadeando processos erosivos a partir da perda de sedimentos para o mar, comum no momento da abertura do canal.

CONCLUSÃO

O monitoramento de parâmetros físico-químicos, nutrientes e clorofila *a*, auxiliam na diferenciação do comportamento natural das mudanças ambientais antrópicas na Lagoa de Maricá. As amostragens no campo e a análise laboratorial são métodos de grande eficácia para este tipo de ambiente, o que nos permitiu estabelecer as seguintes conclusões.

Em alguns dos locais de monitoramento em ambas as estações na Lagoa de Maricá as análises excederam os limites permitidos pela resolução CONAMA 357 (2005). Em relação aos parâmetros físico-químicos os valores de temperatura foram maiores próximo ao Canal de São Bento nas duas estações. O pH apresentou-se alcalino em toda a Lagoa de Maricá nas duas estações, exceto em um ponto de monitoramento na estação úmida com valor ácido próximo ao Canal São Bento. O oxigênio dissolvido na desembocadura do Canal São Bento foi o único ponto abaixo do estabelecido pelo COMANA (2005) observado na estação seca; na estação úmida, toda a porção oeste apresentou-se com baixos valores de oxigênio dissolvido, provavelmente devido a decomposição de matéria orgânica e descarte de resíduos orgânicos. A salinidade e a condutividade elétrica tiveram um aumento na massa d'água na estação úmida. A turbidez aumentou na estação úmida, provavelmente pelo aumento de poluição orgânica e a ressuspensão de material particulado. O Eh apresentou características oxidantes nas duas estações de monitoramento.

De maneira geral, a distribuição espacial dos nutrientes na estação seca demonstram que as maiores concentrações foram verificadas no setor oeste e norte da Lagoa de Maricá, junto a desembocadura do Canal de São Bento e desembocadura do Rio Mumbuca; as menores concentrações foram verificadas na porção sul da lagoa, evidenciando uma diminuição gradual de norte para sul. Em relação aos resultados na estação úmida houve quedas bruscas nos teores de nitrito, nitrato, amônia e nitrogênio total e o aumento expressivo de fosfato. Esse comportamento é evidente durante a estação úmida, devido ao aumento da temperatura, quando grandes quantidades de matéria orgânica estão sendo remineralizadas no fundo. Outro fator importante foi a presença intensa de macrófitas aquáticas, em particular ao longo da borda da lagoa, e a presença de macro-algas verdes na coluna d'água, provavelmente responsáveis pelos elevados teores em nutrientes. Em relação a clorofila *a*, as duas estações apresentaram altas taxas, possivelmente pela baixa renovação de massa d'água e elevado potencial de retenção de matéria orgânica e inorgânica, disponibilizando nutrientes que facilitam o aumento da produtividade.

Os processos de degradação da Lagoa de Maricá se intensificam pela sua natureza, já que por ser uma laguna sufocada possui baixa renovação de massa d'água e elevado potencial de retenção de matéria orgânica e inorgânica devido à ausência de influência direta das águas oceânicas, pela pouca profundidade e a remobilização de massa d'água pelo vento. As atividades antrópicas, principalmente o lançamento de esgotos domésticos no entorno da Lagoa de Maricá, introduziram grande quantidade de nutrientes. Os rios e canais que desaguam neste ambiente, apesar de poucos, contribuem para a degradação da laguna devido à grande quantidade de esgoto que transportam. Já foram registrados vários casos de mortandade de peixes na Lagoa de Maricá, o que prejudica em demasia a vida dos pescadores locais, por promover a diminuição das atividades de pesca artesanal.

A ocupação e a influência humana nos arredores da Lagoa de Maricá e em sua bacia hidrográfica intensificam o processo de degradação ambiental. O uso crescente deste ambiente para atividades turísticas, casas de veraneios e outras construções sem qualquer planejamento nas margens, coloca em risco o ecossistema costeiro. O fato de parte da laguna estar inserida em uma Área de Proteção Ambiental, com restrição de uso e ocupação, tem colaborado diretamente para a manutenção de suas características naturais ao longo dos anos, mesmo com o intenso crescimento urbano observado nas últimas décadas na região de Maricá.

É recomendável a continuidade do monitoramento da qualidade da água da Lagoa de Maricá e o desenvolvimento de estudos que permitam uma melhor compreensão acerca da hidrodinâmica e outros parâmetros químicos, físicos e biológicos de maneira integrada para entender os diversos processos em curso nas águas da laguna. Os resultados aqui apresentados, assim como as importantes contribuições dadas por outros autores sobre o tema, são de grande importância para o entendimento da dinâmica dos ambientes lagunares que apresentam características peculiares e modificações ocasionadas pela eutrofização natural e antrópica, permitindo assim a obtenção de conhecimentos voltados para um gerenciamento ambiental eficaz e que considere a relevância sócio-cultural deste magnífico trecho da costa fluminense.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, G.M. & JUNIOR G.C.S. Fatores hidrogeológicos no estudo da intrusão salina em aquíferos costeiros da região litorânea do município de Maricá – RJ. *Anuário do instituto de Geociências - UFRJ*. v.30 , n. 2, p. 104-117. 2007.
- AMADOR, E.S. Breve parecer técnico sobre o sistema lagunar de Maricá. 2006 P. 1-2 Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/AD9BCD27/LaudoElmoAmador.pdf>> Acesso em: Dezembro de 2016
- AMARAL, H.B.F. *Estrutura das assembleias de macroalgas de três lagunas urbanas após anos*. 2014. 76 f. Dissertação de Mestrado. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro / Escola Nacional de Botânica Tropical, Rio de Janeiro, 2014.
- BARBIÉRE, E.B. Estudo preliminar da batimetria do sistema lagunar Maricá-Guarapina comparativamente à Lagoa de Araruama e suas implicações no teor de salinidade. *Anais do 4º seminário interno de geoquímica*. Dezembro 1985. S.n.
- BARNES, R. S .K. *Lagoons: Encyclopedia of Ocean Sciences*. 2001. v. 3. p. 1427-1438.
- BARRADAS, T. S. ; VICENTE, M. C. ; WASSERMAN, J. C. Degradação da Qualidade da Água da Laguna de Saquarema. In: XVI CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA, 2017, Búzios, RJ. *Anais do XVI Congresso Brasileiro de Geoquímica*. Rio de Janeiro, RJ: Sociedade Brasileira de Geoquímica, 2017. v. 16. p. 1-5.
- BARROSO, G. F.; LITTLEPAGE, J. *Protocolo para análise de clorofila a e feopigmentos pelo método fluorimétrico (Fluorímetro TD-700)*. Programa Brasileiro de Intercâmbio em Maricultura (BMPL) e Programa de Monitoramento Ambiental, Vitória. 1998. p. 18.
- BERBEL, G. B. B. *Estudo do fósforo sedimentar e de suas especiações químicas em dois sistemas costeiros e Plataforma Continental Sudeste (Brasil) e Baía do Almirantado (região antártica) considerando suas relações biogeoquímicas*. 2008. 283 f. Tese de doutorado. Instituto oceanográfico - Uniersidade de São Paulo, USP, São Paulo, 2008.
- BHATTRAI, B. D.; KWAK,S.; CHOI, K.; and HEO, W. Long-term changes of Physicochemical Water Quality in Lake Youngrang, Korea. *The Korean Society of Limnology, KJEE*. v. 50 . p. 169-185. 2017.
- BIDEGAIN, P.; BIZERRIL C.;SOFFIATI, C. (2002) Lagoas do Norte Fluminense - Perfil Ambiental. Cooperação Técnica Brasil - Alemanha, Projeto Planágua Semads / GTZ. p. 148
- BIRD, E. C. F., Physical setting and geomorphology of coastal Lagoons In: In: KJERFVE, B. *Coastal Lagoon Processes*. Elsevier Oceanography Series, 60.1994. p. 9-39
- BOGGS, S., JR., *Principles of Sedimentology And Stratigraphy*. 2ª Edição. Prentice Hall. 1995.

BRAGA JR et al. (2005). *Introdução à engenharia ambiental*.. 2ª edição. São Paulo:Prentice Hall. -. 2005.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. CONAMA. Resolução 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. Disponível em: <www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Acesso em: Dezembro de 2016.

CARLONI, F.B. B.A., WASSERMAN¹, J. C., PEREIRA, L. F. M., MOREIRA, M. F. Mudanças na qualidade da água de uma laguna do leste fluminense, geradas pela abertura permanente de conexão com o mar. *Geochimica Brasiliensis* n. 24(1) p. 29-40. 2010.

CARMOUZE, J.P.; & DOMINGOS, P Physical variables, carbon cycling and primary producer couplings in a shallow tropical lagoon (Barra Lagoon, Brazil). *Aquatic Ecosystem Health & Management*, n. 4:1, p. 19-31. 2001.

CARMOUZE, J.P.; BERNARDES, M.; DOMINGOS, P. Asfíxia das lagoas costeiras do Estado do Rio de Janeiro. *França-Flash Meio Ambiente*, n. 4, p.4-5.1995.

CASTRO, P & HUBER, M. E *Biologia Marinha*. 8ª Edição:AMGH Editora Ltda, 2012.

CERDA, M.; NUNES-BARBOZA, C. D.; SCALI-CARVALHO, C. N.; JANDRE, K. A.; MARQUES JR, A.N. Nutrient budgets in the Piratininga-Itaipu lagoon system (southeastern Brazil): effects of sea-exchange management. *Latin American Journal of Aquatic Research*. n. 41(2) p. 226-238. 2013.

CETESB. *Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos*. São Paulo: CETESB; Brasília: ANA. 2011. p. 327.

CETESB. NORMA TÉCNICA L5.306 *Determinação de Clorofila a e Feofitina a: método espectrofotométria*. São Paulo: CETESB: 3ª Edição Fev/2014. p.14

CHAPMAN, D. & KIMSTACH, V. Selection of water quality variables. In: CHAPMAN, D. (Ed.) *Water quality assessment: a guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring*. 2º Edition. Londres: UNESCO/ WHO/UNEP, 1996. p. 60.

CLIMATE-DATA. Dados Climáticos - 2017. Disponível em: <https://pt.climatedata.org/location/3999/> . Acesso em: julho de 2018.

CORREIA, M. R. ; SIQUEIRA NETO, D. ; COSTA, E. C. P. ; SEABRA, V. S. Crescimento urbano e impactos ambientais na zona costeira do município de Maricá-RJ. *Revista geonorte*, Edição Especial 4, v.10, n.1, p.77-82, 2014.

COUTO, E. da C.G.; ZYNGIER, N.A.C.; GOMES, V.R.; KNOPPERS, B.; SOUZA, M.P.L. Maricá – Guarapina coastal lagoons, Rio de Janeiro State. IN: _____. *Estuarine systems of the South american region:carbono, nitrogen and phophores fluxes*. Texel: LOICZ, 2000. p. 18 – 69.

COUTO, V.B. *Fluxos de amônia e óxido nitroso na interface ar-água do sistema lagunar de Maricá-Guarapina*. 2008. 77 f. Departamento de Geoquímica Ambiental, Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 2008.

CRUZ, A. C. da. 2010. *Análise de Intervenções no Sistema Lagunar de Maricá-RJ com Auxílio de Modelagem Hidrodinâmica Ambiental*. Dissertação de Mestrado. Programa de Engenharia Civil UFRJ/ COPPE. Pp. 63.

CRUZ, C. B. M., JÚNIOR, W. C., BARROS, R. S., ARGENTO, M. S. F., MAYR, L. M. Impactos ambientais no Sistema Lagunar de Maricá-Guarapina. In: *Simpósio brasileiro de sensoriamento remoto*, Salvador, p.137-141. 1996

DAVIS, Jr. A. R. & FITZGERALD, D. M. 2008. *Beaches and Coasts*. 1° edition. NY: Blackwell Publishing. p. 419.

DIAS, G.T. M. and KJERFVE, B. Barrier and Beach Ridge Systems of the Rio de Janeiro Coast In: REITNER, J. et al. *Lecture Notes in Earth Science*. 1° edition. Berlin: Springer, January, 2009. p. 224-252

DIAS, P.P.B.B., et al. Assessment of the Trophic State of Saquarema Lagoonal System, Rio de Janeiro (Brazil). *Journal of Sedimentary Environments*, n°2 (1). p.49-64. 2017.

DINIZ, F.K.B et al. Levantamento de pesquisas realizadas na APA de Maricá – RJ. IN: ANAIS DO II ENCONTRO FLUMINENSE DE USO PÚBLICO EM UNIDADES DE CONSERVAÇÃO. *Turismo, recreação e educação: caminhos que se cruzam nos parques*. Niterói, RJ Brasil p. 13-22. 2015.

DOMINGOS, P. Ecologia do Fitoplâncton em Lagoas Costeiras. *Limnotemas 3. Boletim da Sociedade Brasileira de Limnologia*. v. 3, n. 35, p. 79-82. 2006.

DOMINGOS, P.; GÔMARA, G.A.; SAMPAIO G. F.; SOARES, M. F.; SOARES, F.F.L. eventos de mortandade de peixes associados a florações fitoplanctônicas na Lagoa Rodrigo de Freitas: Programa de 10 anos de monitoramento. *Oecologia Australis* v. 16. n. 3, p. 441-466, Setembro 2012.

ESTEVEVES, F. A. *Fundamentos da Limnologia*. 2ª Ed. Rio de Janeiro: Interciência, p. 36-95 1998a.

ESTEVEVES, F. A. Lagoas costeiras: origem, funcionamento e possibilidades de manejo. In: _____ (org.) *Ecologia das Lagoas Costeiras do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba e do município de Macaé* (RJ). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. p.63-87. 1998b.

ESTEVEVES, P.C.D. A variação sazonal da qualidade d'água na laguna de Maricá - Rio de Janeiro. 1992. 132 f. Dissertação de Mestrado em Geoquímica. Dissertação de Mestrado em Geoquímica. Programa de Pós-Graduação em Geociências da Universidade Federal Fluminense. Rio de Janeiro, 1992.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE ENGENHARIA DO MEIO AMBIENTE. Extração de areia em faixas litorâneas, por Elmo da Silva Amador. Rio de Janeiro: FEEMA. 1985.

FERNANDES, L. V. *Contribuição ao estudo de fatores ambientais e nutrientes na coluna d'água e na água intersticial de sedimentos de Maricá RJ*. 1993. 135 f. Tese de doutorado. Programa de Pós-Graduação em Geociências da Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 1993.

FERNANDES, L. V; JUNIOR, A. N. M & LIRA, C. A. Estudos geoquímicos da distribuição vertical de nutrientes na interface água-sedimento da Lagoa de Maricá-RJ. IN: ANAIS DO II CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA, RJ, out. 1989. p.339-350

FIORUCCI, A.R. E FILHO, E.B. Oxigênio dissolvido em sistemas aquáticos. *Revista química nova na escola*, n. 22, p. 10-16, nov. 2005.

FONTENELLE, T. H. & CORRÊA, W. B. Impactos da urbanização no espelho d'água dos sistemas lagunares de Itaipu e de Piratininga, Niterói (RJ), entre 1976 e 2011. *Boletim. geográfico*, Maringá, v. 32, n. 2, p. 150-157, mai.-ago., 2014.

FUNASA - FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. *Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS*. Brasília: Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde, FUNASA, 2014. p. 116

GIACOMIN,G.; CARVALHO, M. B.; SANTOS, A.P.; MEDEIROS, N.G.; FERRAZ, A.S. Análise comparativa entre métodos interpoladores de modelos de superfícies. *Revista Brasileira de Cartografia*, nº 66/6. p. 1315-1329. 2014.

GOMES, A. M. A. et al. Florações de cianobactérias tóxicas em uma lagoa costeira hipereutrófica do Rio de Janeiro/RJ (Brasil) e suas consequências para saúde humana. *Revista Oecol. Bras.*, n.13(2). 2009. p.329 -345.

GOMES, A. M.da A. *Estudo Ecofisiológico de Cianobactérias Formadoras de Florações na Lagoa de Jacarepaguá*. Rio de Janeiro, 2011. 143 f. Tese de Doutorado – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho / Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas (Biofísica). Rio de Janeiro, 2011.

GRUBER, N. L. S.; BARBOZA, E. G.; NICOLODI, J. L. Geografia dos Sistemas Costeiros e Oceanográficos: Subsídios para Gestão Integrada da Zona Costeira. Porto Alegre: GRAVEL. pp. 81 – 89, 2003. Disponível Em: <http://www.ufrgs.br/ceco/gravel/1/CD/docs/Gravel_1_07.pdf>. Acesso em: 20 de setembro de 2017.

HENNEMANN, M. C. *Dinâmica da qualidade da água em uma lagoa costeira: o caso peculiar da Lagoa do Peri, Ilha de Santa Catarina, Brasil*. 2010.112 f. Dissertação de mestrado- Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Ecologia. Florianópolis, SC, 2010.

HOLZER, W., CRICHYNO J. PIRES, A.C. Sustentabilidade da urbanização em áreas de restinga: uma proposta de avaliação pós-ocupação. *Paisagem Ambiente: ensaios*. São Paulo n. 19. 2004. p. 49 - 66

INEA. Estudo de Impacto Ambiental (EIA): Complexo TurísticoResidencial Fazenda de São Bento da Lagoa (Maricá - RJ). jan. de 2014. Disponível em: <<http://www.inea.rj.gov.br/cs/groups/public/documents/document/zwew/mdi5/~edisp/inea0029126.pdf>>. Acesso em: 20 de setembro de 2017.

ISLA, F. I. Coastal lagoons. Morphology and sedimentology of estuaries. 1995. IN: PERILLO, G.M.E. (ed.). *Developments in sedimentology*. Ch. 9, 53, Elsevier Science Publishers, 1995. P. 241-272.

KENNISH, M. J. and PAERL, H. W. (2010) Coastal lagoons: critical habitats of environmental change. In _____ (eds), *Coastal Lagoons: Critical Habitats of Environmental Change*. New York, EUA: CRC Press, p. 1–15.

KJERFVE, B. & KNOPPERS, B. A. Physical characteristics of lagoons of the East Fluminense Coast, State of Rio de Janeiro, Brazil. In: KNOPPERS, B., BIDONE, E. D. & ABRÃO, J. J. (ed.). *Environmental Geochemistry of Coastal Lagoon Systems, Rio de Janeiro, Brazil*. Série Geoquímica Ambiental, n. 6. p. 57-67. 1999.

KJERFVE, B. Comparative Oceanography of Coastal Lagoons. 1986. In: Douglas A. WOLFE, D., *Estuarine Variability*. New York, USA: Ed Estuarine Variability, Academic Press. 1986. p. 63-81

KJERFVE, B. Coastal Lagoons. 1994. In: _____. *Coastal Lagoon Processes*. Amsterdam: Elsevier Oceanography Series, 60. 1994. p. 1-8

KJERFVE, B., et al. Hydrology and Salt Balance in a Large, Hypersaline Coastal Lagoon: Lagoa de Araruama, Brazil. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, n. 42, p.701–725. 1996.

KJERFVE, B. and MAGILL, K. E. . Geographic and hydrodynamic characteristics of shallow coastal lagoons. *Marine Geology*, n. 88, p.187-199. 1989.

KNOPPERS B.A., Aquatic primary production in coastal lagoons. 1994. In: KJERFVE B. *Coastal Lagoon Processes*. Amsterdam: Elsevier Oceanography Series, 60. 1994. p. 243-286.

KNOPPERS, B. e MOREIRA, P., Matéria em suspensão e a sucessão do fitoplâncton na Lagoa de Guarapina, RJ. *Acta Limnol. Bras*, v. 3, p. 291-317. 1990.

KNOPPERS, B., KJERFVE, B, CARMOUZE, J. Trophic state and water turn-over time in six choked coastal lagoons in Brazil. *Biogeochemistry*, v. 14, p. 149-166. 1991.

KNOPPERS, B.; LACERDA, L.D.; PATCHINEELAM, S.R., Nutrients, heavy metals and organic micropollutants in an eutrophic Brazilian lagoon. *Marine Pollution. Bull*, v. 21, n. 8, p. 381-384. 1990.

LAMEGO, A. R. Restingas na Costa do Brasil. *Divisão de Geologia e Mineralogia – DNPM*, Boletim n. 96, p. 63. 1940.

LAMEGO. A.R. Ciclo evolutivo das lagunas fluminenses. In: *Boletim de divisão de Geologia e Mineralogia*. Ministério da agricultura, n. 118, p. 1408-1411. 1945.

LAWSON O.E. Physico-Chemical Parameters and Heavy Metal Contents of Water from the Mangrove Swamps of Lagos Lagoon, Lagos, Nigéria. *Advances in Biological Research*, n. 5, p. 08-21. 2011.

LEWIS, W. M. Jr. Basis for the protection and management of tropical lakes. *Lakes Reservoirs*, n.5(4), p. 35-48. 2000.

LIMA, L.S.; ROSMAN, P. C. C. Prognóstico ambiental da qualidade de água de uma lagoa costeira sufocada e urbana após ligação com o mar via dutos afogados. *Revista Recursos Hídricos*, vol. 38, n. 2, p. 81-98. Dez. de 2017.

LISBOA, A. C. *Caracterização geoquímica orgânica dos folhelhos neopermianos da Formação Irati- borda leste da Bacia do Paraná, São Paulo*. 2006. 153 f. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2006.

LORENZEN, C. J. Determination of chlorophyll and pheopigments: spectrophotometric equations. *Limnol. Oceanogr.*, Texas, US, v. 12, n. 2, p. 343-346. 1967.

LOUREIRO, D.; MATIAS, M.; GUICHARD, D. Avaliação do conflito sócio-ambiental na APA da restinga de Maricá-RJ. IN: XVI ENCONTRO NACIONAL DE GEÓGRAFOS, 2010, Porto Alegre. *Anais do XVI Encontro Nacional de Geógrafos*. Porto Alegre: UFRGS, 2010. p.1-12

LOUREIRO, D.D. Evolução dos aportes de metais pesados na Lagoa Rodrigo de Freitas, RJ. 2006. 139f f. Dissertação de Mestrado. PósGraduação em Geociências da Universidade Federal Fluminense, Rio de janeiro, 2006.

MACHADO, L. B. Evolução da degradação ambiental da bacia hidrográfica da Lagoa Rodrigo de Freitas - RJ. 2009. 178 f. Dissertação de Mestrado. Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

MAGALHÃES, F. dos S. Utilização do fitoplâncton como instrumento de avaliação em programas de monitoramento nos ecossistemas aquáticos costeiros. Estudo de caso: Laguna de Araruama/RJ. 2012. 160 f. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

MELLO, M. A. S.; VOGEL, A. *Gente das Areias - História, meio ambiente e sociedade no litoral brasileiro - Maricá-RJ - 1975 a 1995*. Rio de Janeiro: EdUFF, 2º edição. 2017.p. 420

MELLO, T. B. M. Caracterização Biogeoquímica da Lagoa de Araruama, RJ. 2007. 82 f. Dissertação de mestrado. Mestrado em Geoquímica Ambiental - Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 2007.

MENDES, C. L. T. Os sistemas lagunares de Piratininga-Itaipu e Saquarema-Jaconé, rio de janeiro, para o uso de isótopos estáveis na caracterização de teias tróficas bentônicas 2011. 182 f. Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Biologia Marinha - UFF. Rio de Janeiro, 2011.

- MOREIRA, P. F.. Ciclo anual de produção primária e nutrientes na lagoa de Guarapina. 1988. 135 f. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Geoquímica - Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 1988.
- MOREIRA, P.F. & KNOPPERS, B.A. Ciclo Anual de Produção Primária e Nutrientes na Lagoa de Guarapina, RJ. *Acta Limnol. Brasil.*, n. 3, p 275-290. 1990.
- MUEHE, D. Lagoa de Araruama: Geomorfologia e sedimentação. *Caderno de Geociencias*, Rio de Janeiro, IBGE, n. 10, p. 53-62. 1994.
- MUEHE, D.; LIMA, C. F.; LINS-DE-BARROS, F. M. *Erosão e progradação do litoral brasileiro*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2006. p. 265-296.
- NASCIMENTO, S. M.; AZEVEDO, S. M. F. O. Changes in cellular components in a Cyanobacterium (*Synechocystis aquatilis* f. *salina*) subjected to different N/P ratios-na ecophysiological study. *Environmental Toxicology*; n° 14, p. 37-44. 1999.
- NICHOLS, M. M.; BOON, J.D. (1994) Sediment Transport Processes in Coastal Lagoons In: KJERVE, B. (1994). Coastal lagoon processes. Elsevier Oceanography Series 60, 577 P. 157-259.
- NIXON, S. W., 1982. Nutrient dynamics, primary production and fisheries yields of lagoons. *Oceanologica Acta*, special edition, p. 357-371.
- NIXON, S.W., OVIATT, C.A., FRITHSEN, J., AND SULLIVAN B. Nutrients and the productivity of estuarine and coastal marine ecosystems. *J. Limnological Society of Southern Africa*. 1986. p. 43-71.
- NORDSTROM, D.K. and WILDE. F.D. *Reduction-Oxidation Potential (Eletrode Method)* IN: *USGS National Field Manual for the Collection of water - Quality Data (TWRI Book* Disponível em: <http://water.usgs.gov/owq/FieldManual/Chapter6/6.5_contents.html> Acesso em 10/05/2017
- OLIVEIRA, L. P. H., NASCIMENTO, R., KRAU, L., MIRANDA, A. Observações biogeográficas e hidrobiológicas sobre a Lagoa de Maricá. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, v. 53, n. 2-4, 1955. p. 171-227
- OLIVEIRA, M. M. et al.. Presença de microcistina durante eventos de florações de microalgas na Lagoa de Araruama. *Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego*. Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, v. 5, n. 1, p. 35-45. 2011.
- PARON, L.M.; MUNIZ, D.H.F; PEREIRA, C.M. *Manual de procedimentos de amostragem e análise físico química de água*. Colombo, Paraná, EMBRAPA floresta, 2011. p.67
- PEREIRA, M. C. B.; MELLO, Y. R. *Projetos globais e resistências locais: pescadores artesanais e Unidades de Conservação no litoral, Rio de Janeiro – Brasil*. Rio de Janeiro: Editora UFPR, n. 24, p. 137-150, jul./dez. 2011.

PEREIRA, M.E.G. de S.; NETO, N.E.A.; MOURA, H. T.G. de S.; NUNES, Z. M. P. Influência das variáveis ambientais na qualidade da água de uma lagoa costeira tropical no norte do Brasil. *Labomar: Arquivos de Ciências do Mar*, n. 50 (1), p. 81 - 93. 2017

PEREIRA, R. S. Identificação e caracterização das fontes de poluição em sistemas hídricos. *Revista Eletrônica de Recursos Hídricos*, v. 1, 2004.P.20-36

PÉREZ-RUZAF A., MOMPEÁN, M. C. AND MARCOS, C. Hydrographic, geomorphologic and fish assemblage relationships in coastal lagoons. *Hydrobiologia*. n.577. 2007. p. 107-125.

PINHEIRO, A. B. *Variações topográficas sazonais e a estabilidade da praia na APA de Maricá (RJ) entre 2008 e 2015*. 2015. 85 f. Monografia de Graduação em Geografia. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2015.

POLLERY, R.C.G *Comportamento e Distribuição dos Nutrientes na Água Intersticial de Sedimentos no Estuário do Rio Mombuca - Mária - RJ*. 1995.103 f. Dissertação de Mestrado em Geoquímica. Programa de Pós-Graduação em Geociências da Universidade Federal Fluminense. 1995.

PRADEL, A. B.,e BARROCAS, F. M. *Influência do Canal da Barra no Nível de Água do Sistema Lagunar de Maricá-RJ*. 2017. 105 f. Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2017.

RAPOSO, D. et al. Benthic foraminiferal and organic matter compounds as proxies of environmental quality in a tropical coastal lagoon: The Itaipu lagoon (Brazil). *Marine Pollution Bulletin*. n.129. 2008. p. 114-125

RÉ, P. M. A. B. *Biologia Marinha*. Faculdade de ciência da universidade de Lisboa, 2000 p.6-10.

ROCHA, C.F.D., BERGALLO, H.G, ALVES, M.A.S, SLUYS,M.V (2004) Restinga de Jurubatiba e a conservação dos ambientes de Restinga do Estado do Rio de Janeiro. In: ROCHA, C.F.D., ESTEVES, A., SEREANO, F.R. *Pesquisas de longa duração na restinga de Jurubatiba: Ecologia, história natural e conservação*. São Carlos: RiMa, 2004. p.341-352

RODRIGUES, B.C.B., SILVA, A.L.C., RANGEL, C.M.A., SILVESTRE, C.P. Identificação dos principais problemas ambientais no sistema lagunar de Maricá no estado do Rio de Janeiro. XVI SIMPÓSIO DE GEOGRAFIA FÍSICA E APLICADA. *Territórios Brasileiros: Dinâmicas, potencialidades e vulnerabilidades*. Teresina, 2015. p.1910-1916.

RUTTENBERG, K. C. The global phosphorus cycle. In: HOLLAND, H. D.; TUREKIAN, K. K. (Eds.) *Treatise on geochemistry*. Amsterdam: Elsevier. v. 8. 2003. p. 585-643.

SAMPAIO, G. F. Cianobactérias como parâmetro de qualidade ambiental: um estudo do complexo lagunar de Jacarepaguá. 2008. 157 f. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2008.

SANTIAGO, N. L.. A Vulnerabilidade de Assoreamento do Canal da Costa de Itaipuaçu na Porção Oeste do Sistema Lagunar de Maricá (RJ). In: VII SINAGEO E II ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE GEOMORFOLOGIA, 2008, Belo Horizonte -MG. *VII Simpósio Nacional de Geomorfologia e II Encontro Latino-Americano de Geomorfologia: Dinâmica e Diversidade de Paisagens*. São Paulo-SP: UFMG; Editora Tecart, 2008.

SANTOS, N. O. Depuração acelerada de rios poluídos usando peróxido de hidrogênio. 2015. 163 f. Dissertação de mestrado. Departamento de Engenharia Química e de Materiais, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

SCHUINDT, R.M. de A., DACO, R da S., OLIVEIRA, M. M. Impactos na lagoa de Araruama e percepção ambiental da comunidade da Praia do Siqueira, Cabo Frio (RJ). *Revbea*, São Paulo, vol. 13, n. 1, p. 299-321. 2018.

SEABRA, V. S. *Utilização de Técnicas de Geoprocessamento no Estudo de Vulnerabilidade dos Aquíferos Costeiros do Leste Fluminense*. 2007. 126 f. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL - SEMADS. *Bacias Hidrográficas e Rios Fluminenses Síntese Informativa por Macrorregião Ambiental*. Rio de Janeiro: SEMADS 2001. p. 16 -19

SILVA, A. L. C.. Arquitetura sedimentar e evolução geológica da planície costeira central de maricá (RJ) ao longo do Quaternário. 2011. 185 f. Tese de Doutorado. Programa de Pós Graduação em Geologia e Geofísica Marinha da Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 2011.

SILVA, A. L. C. *Comportamento Morfológico e Sedimentológico do Litoral de Itaipuaçu (Maricá) e Piratininga (Niterói), RJ, nas últimas três décadas*. 2006. 153 f. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geofísica Marinha da Universidade Federal Fluminense. Rio de Janeiro, 2006.

SILVA, A. L. C., SILVA, M. A. M., SANTOS, C. L. Comportamento Morfológico e Sedimentar da Praia de Itaipuaçu (Maricá, RJ) nas Últimas Três Décadas. *Revista Brasileira de Geociências*. Sociedade Brasileira de Geologia, V. 38 (1), 2008. p. 89-99.

SILVA, A. L. C., SILVA, M. A. M., SOUZA, R. S., PINTO, M. L. V. The role of beachrocks on the evolution of the Holocene barrier systems in Rio de Janeiro, southeastern Brazil. In: Green, A.N. and Cooper, J.A.G. (eds.), PROCEEDINGS 13TH INTERNATIONAL COASTAL SYMPOSIUM. Durban, South Africa, 2014. *Journal of Coastal Research*, n° 70, 2014a, p. 170-175.

SILVA, A. L. C.; SILVA, M. A. M.; GAMBOA, L. A. P.; RODRIGUES, A. R. Sedimentary architecture and depositional evolution of the Quaternary coastal plain of Maricá, Rio de Janeiro, Brazil. *Brazilian Journal of Geology*. v. 44, n. 2, p. 191-206. 2014b

SILVA, A. L. C.; SILVA, M. A. M.; GRALATO, J. C. A.; SILVESTRE C. P. Caracterização geomorfológica e sedimentar da planície costeira de Maricá (Rio de Janeiro). *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 15 (2). p. 231- 249. 2014c.

SILVA, A.L.C. ; SILVA, M.A.M; L. GAMBÔA; RODRIGUES, A. R. Mapeamento do Aquífero Costeiro De Maricá (Rio De Janeiro) integrando dados de GPR e sondagem geológica. IN:12º SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE. Nova Friburgo, RJ. 2011, Vol: 1. P. 155

SILVA, A.L.C.; SILVESTRE, C.P. Ocorrência de leques de arrombamento no registro estratigráfico holocênico: planície costeira de Maricá (Rio de Janeiro). In book: PEREZ FILHO, A, AMORIM, R.R. *Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento*. Campinas, SP: Instituto de Geociências/ UNICAMP .2017. p. 2795-2806

SILVA, F. P.; SEABRA, V.S. O uso do sensoriamento remoto para análise da evolução das manchas urbanas no município de Maricá entre os anos de 1975, 1990 e 2008. IN: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO – SBSR/INPE, Curitiba, Paraná. 2011. p. 6426.

SILVA, L. H. DA S et al. Composição cianobacteriana e química dos estromatólitos da lagoa Salgada, Neógeno do estado do Rio de Janeiro, Brasil . *Revista do Instituto de Geociências - USP*, São Paulo, v. 13, n. 1, p. 9-106. 2013.

SILVESTRE, C. P.; SILVA, A. L. C.; SILVA, M. A. M.; RODRIGUES, A. R. . Estrutura interna da restinga no litoral de Maricá (RJ - Brasil) através do georadar. IN: ENCONTRO GEÓGRAFOS DA AMÉRICA LATINA, 2013, Lima. *Encontro Geógrafos da América Latina*, Lima, 2013.

SILVESTRE, C.P., SILVA, A.L.C. *Lagunas costeiras fluminense*. IN: XI SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, Maringá, Brasil, 2016. *Geomorfologia: compartimentação da paisagem, processo e dinâmica*, Maringá, Brasil, 2016.

SILVESTRE, C.P.; et al. Geomorfologia, sedimentação e processos atuantes na Lagoa de Maricá, Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, São Paulo, v. 18, n. 2. P. 237-256. 2017.

SIMÕES-FILHO, F.F.L.; SILVA, B.A.O.; M.A.I. STADLER. Interação meio físico cobertura vegetal em uma seção marginal da Lagoa de Maricá, RJ. *Acta limnológica Brasileira*. n. 6 p. 209-221. 1993.

SMITH V. H., and SCHINDLER D.W. *Eutrophication science: Where do we go from here?*Trends in Ecology and Evolution. v. 24, n. 4, April. 2009. p. 201-207

SMITH, N. P. Water, Salt and Heat Balance of Coastal Lagoons.1994. In: KJERVE, B. *Coastal Lagoon Processes*. Amsterdam: Elsevier Oceanography Series, 60. 1994. p. 69-101.

SOARES, M. F.; DOMINGOS, P.; SOARES, F. F. L. & TELLES, L. F. R. 10 anos de monitoramento da qualidade ambiental das águas da Lagoa Rodrigo de Freitas. *Oecologia Australis*, n.16 (3). 2012. p.581 - 614.

SOUZA E. M S. *Um resort na restinga de Maricá/RJ: modernização do território e destruição da pesca artesanal em uma área de proteção ambiental*. Revista Online Espaço e Economia n°6, 2015. Disponível: <<http://espacoconomia.revues.org/1713>> Acesso em: 06/04/17.

SOUZA, E.S. *Caracterização hidrogeoquímica das lagoas costeiras do Parque das Dunas, Salvador - BA*. 2015. f. 97. Dissertação de mestrado. Universidade Federal da Bahia, Instituto de Geociências, Pós - graduação em Geoquímica: Petróleo e Meio ambiente – POSPETRO, Salvador, 2015.

SOUZA, L.B.; LINS-DE-BARROS, F.M. Análise dos impactos Naturais nos Canais de maré e sua gestão costeira: Estudo de caso das Lagoas de Maricá, Imboassica e Iriry na Região dos Lagos, Rio de Janeiro. II CONGRESSO IBERO AMERICANO DE GESTÃO INTEGRADA DE ÁREAS LITORAIS. Florianópolis, Brasil. maio de 2016. p. 93-94

SUZUKI. S.M. Limnologia. In: SUZUKI.M.S, NOVELLI. R., SOFFIATI NETTO.A.A. Relatório: *Áreas alagáveis do norte fluminense*, 2005. p. 30 - 39

TAPIA GONZÁLEZ, et al. Water quality variability and eutrophic trends in karstic tropical coastal lagoons of the Yucata ´n Peninsula. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v.6, n. 2, p. 418-430. 2008.

TCERJ - TRIBUNAL DE CONTAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. Estudo socio-econômico maricá, 2003. Rio de Janeiro, 2003. 105 f.

TRICK, J.K. STUART, M., REEDER, S. Contaminated Groundwater Sampling and Quality Control of Water Analyses. 2008. In: VIVO, B., BELKIN, H.E., LIMA, A. *Environmental Geochemistry - Site Characterization, Data Analysis, and Case Histories*. 1º Edition. Amsterdam: Elsevier, 2008. p.29-55

TURCQ, B. & AZEVEDO, L.S. Considerações sedimentológicas do sistema lagunar de Maricá. IN: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE RECURSOS DO MAR, Rio de Janeiro .1984. p. 44-45.

TURCQ, B., MARTIN, L., FLEXOR, J. M., SUGUIO, K., PIERRE, C.; TASAYACO-ORTEGA, L. Origin and Evolution of the Quaternary Coastal Plain between Guaratiba and Cabo Frio, State of Rio de Janeiro, Brazil. In: *Environmental Geochemistry of Coastal Lagoon Systems. Rio de Janeiro, Brazil - série Geoquímica Ambiental*, n. 6.1999. p. 25-46.

VON SPERLING, M.V. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*.3ª ed. Belo Horizonte: UFMG/ Departamento de Engenharia Sanitária. v.1, 2005. p. 452

WETZEL, R. G. & LIKENS, G. E. *Limnological Analyses*. 1º edition. Springer: New York, 1991.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. Guidelines for safe recreational water environments. v. 1, Coastal and fresh waters. Geneva, 2003. p. 253

YÁÑEZ-ARANCIBIA, A. Lagunas costeras y estuarios: cronologia criterios y conceptos para una clasificacion ecologica de sistemas costeros. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, v. XXXIX p.36 - 54. 1987.

ZUIN. V. G, IORIATTI M. C. S., MATHEUS C.E. O Emprego de Parâmetros Físicos e Químico para a Avaliação da Qualidade de Águas Naturais: Uma Proposta para a Educação Química e Ambiental na Perspectiva CTSA. *Química nova na escola*, v. 31, n. 1, p. 3-8. Fevereiro. 2009.

APÊNDICE A - Resultados dos parâmetros físico-químicos

ID	Temperatura		pH		Eh		Oxigênio Dissolvido		Salinidade		Condutividade		Turbidez	
	Estação Seca	Estação Úmida	Estação Seca	Estação Úmida	Estação Seca	Estação Úmida	Estação Seca	Estação Úmida	Estação Seca	Estação Úmida	Estação Seca	Estação Úmida	Estação Seca	Estação Úmida
P1	23	25.6	7.86	8.94	253	134	5.53	5.6	12	17.38	20.1	28.58	19	64
P2	21.1	25.7	8.25	8.82	252	133	5.3	6.5	12.4	17.93	20.8	29.51	20.7	70
P3	23.58	25.28	8.35	8.98	279	78	5.48	6.2	12.3	17.86	20.6	29.16	15.6	65.1
P4	22.94	24.27	8.3	9.97	237	125	5.08	9.21	12.1	17.97	20.3	28.65	20	63.9
P5	22.95	24.01	8.48	8.86	229	129	5.11	8.1	12.3	18.07	20.6	28.7	18.3	65
P6	22.93	26.3	8.3	9.01	226	129	5.35	6.61	12.1	17.29	20.5	28.9	18.1	80
P7	22.1	26.17	8.6	9.8	180	130	5.9	6.9	11.3	16.63	18.9	27.75	23	92
P8	22.7	26.1	8.6	9.1	170	135	5.6	6.65	11.8	16.27	19.8	27.18	21	95
P9	22.5	26.18	8.2	9.1	240	134	5.1	5.86	11.8	16.25	19.7	27.19	22	101
P10	22.4	26.33	8.3	9.13	211	135	5.8	5.96	11.5	16.77	19.3	28.07	24	87
P11	22.3	26.34	8.1	9.1	244	142	5.3	2.8	11.7	16.28	19.7	28.84	19	70
P12	22.3	22.4	8.05	9.06	210	143	5.2	9.5	12	17.33	20.2	28.97	16	66
P13	22.3	27.15	7.6	9.1	232	151	5.7	7.22	11.7	17.38	19.6	29.46	6.5	77
P14	22.6	26.15	8.2	8.87	320	141	5.5	6.6	12	17.3	20.1	28.68	12.2	53
P15	22.6	21.85	8.1	9.16	220	118	5.3	3.1	12.2	19.12	20.5	28.89	17.6	122
P16	22.8	26.3	8.08	9.18	244	154	5.4	2.93	12.2	17.38	20.4	29.01	15.9	71
P17	23.1	26.39	8.3	9.23	239	131	5.2	3	12	17.26	20	28.85	17.7	78
P18	22.9	26.98	8.5	9.33	211	123	5.1	3.32	11.7	17.1	19.7	28.93	18.7	95
P19	23.8	-	8.9	-	180	-	5.7	-	12.1	-	20.3	-	14.7	-
P20	22.8	-	8.8	-	188	-	5.7	-	12.4	-	20.7	-	20	-
P21	22.5	26	8.1	9.38	234	139	5.8	4.6	12.3	17.34	20.7	28.77	16.5	65
P22	22.6	25.49	8.5	9.23	216	112	5.5	3.2	12.3	17.28	20.5	28.37	9.9	60
P23	22.7	25.47	8.4	9.37	205	90	5.1	3.2	12.2	17.25	20.5	28.31	4.2	61
P24	22.8	26.47	8.3	4.37	248	130	5.4	3.9	12.1	17.25	20.3	28.88	12.1	68
P25	23.4	27.28	8.1	9.55	240	119	4.7	3.99	12.2	15.95	20.4	27.55	12.4	60

ID, identificação da amostra; Temp., temperatura medida em C°; Ph, potencial hidrogeniônico; Eh, potencial de oxi-redução; OD, oxigênio dissolvido, medido em miligramas por litro (mg/l); Condutividade elétrica medida em unidades Milivolt (mV), representada em micro Siemens por cm2 (uS/cm2); Turbidez, medida em unidades nefelométricas de turbidez (UNT).

APÊNDICE B - Resultados dos Nutrientes

ID	Amônio		Nitrito		Nitrato		Nitrogênio Total		Fosfato	
	Estação Seca	Estação Úmida	Estação Seca	Estação Úmida	Estação Úmida	Estação Úmida	Estação Seca	Estação Úmida	Estação Seca	Estação Úmida
P1	4.53	ND	4.90	0.73	ND	0.32	6.80	0.41	8.95	29.78
P2	4.72	0.82	3.81	0.56	0.13	0.36	4.87	1.61	9.38	27.38
P3	4.32	ND	2.20	0.38	ND	0.36	3.17	2.50	8.26	31.06
P4	1.24	ND	3.16	0.44	ND	0.31	4.43	0.29	10.25	31.25
P5	3.81	ND	3.40	0.53	ND	0.30	4.91	0.24	10.66	30.29
P6	6.39	1.14	5.82	0.89	0.08	0.68	8.20	0.40	7.51	31.65
P7	12.35	0.47	6.02	1.00	0.04	0.32	8.02	0.26	8.87	31.09
P8	67.37	0.54	4.25	1.80	0.04	0.32	6.34	0.22	10.69	31.42
P9	20.43	ND	8.17	1.50	ND	0.35	12.17	0.29	9.48	31.13
P10	18.78	ND	7.76	1.39	ND	0.34	11.27	0.26	8.85	30.13
P11	15.78	0.70	7.23	1.29	0.12	0.32	10.86	1.49	7.24	31.44
P12	18.44	0.66	5.87	1.13	0.04	0.22	8.48	0.24	16.15	28.03
P13	29.82	ND	4.11	1.23	ND	0.22	8.09	0.21	9.71	31.64
P14	28.26	ND	3.28	1.07	ND	0.21	6.70	0.35	11.02	28.49
P15	20.81	0.60	5.45	1.19	0.05	0.31	9.04	0.37	9.18	31.34
P16	3.93	ND	5.90	0.95	ND	0.30	9.87	1.07	8.33	28.77
P17	22.85	0.57	6.45	1.38	0.05	0.30	10.76	0.48	8.07	30.94
P18	15.51	ND	6.71	1.23	ND	0.30	10.37	0.27	7.70	28.67
P19	18.49	-	3.90	0.99	-	-	7.66	-	7.64	-
P20	7.91	-	1.95	0.40	-	-	2.70	-	10.14	-
P21	15.71	ND	5.43	1.08	ND	0.30	8.84	0.29	8.77	32.03
P22	10.10	ND	1.71	0.51	ND	0.33	4.01	0.29	5.56	32.75
P23	25.36	ND	2.65	1.04	ND	0.22	7.37	0.42	7.11	32.95
P24	19.28	1.05	2.95	0.93	0.05	0.33	7.28	0.30	8.88	31.05
P25	146.19	ND	4.01	4.04	0.03	0.22	19.79	0.28	10.33	16.41

ID, identificação da amostra; Amônio, Nitrito, Nitrato e Fosfato, medida em unidade Micrómetro (μM); ND, não detectada.

APÊNDICE C - Resultados de Clorofila *a* e Feopigmentos

ID	Clorofila <i>a</i>		Feopigmentos	
	Estação Seca	Estação Úmida	Estação Seca	Estação Úmida
P1	ND	14.24	145.25	ND
P2	10.68	2.67	ND	ND
P3	2.67	ND	ND	31.77
P4	8.01	62.66	ND	ND
P5	ND	29.37	4.54	ND
P6	5.34	37.38	ND	ND
P7	32.04	40.05	ND	ND
P8	2.67	8.01	ND	ND
P9	37.38	13.35	ND	ND
P10	10.68	ND	ND	217.87
P11	ND	ND	4.54	4.54
P12	ND	ND	4.54	217.87
P13	8.01	72.09	ND	ND
P14	16.02	ND	ND	13.62
P15	2.67	ND	ND	ND
P16	42.72	57.21	ND	ND
P17	24.03	72.09	ND	ND
P18	2.67	13.35	ND	ND
P19	5.34	-	ND	-
P20	21.36	-	ND	-
P21	5.34	ND	ND	12.85
P22	5.34	34.71	ND	ND
P23	5.34	2.67	ND	ND 54
P24	ND	ND	36.31	77.16
P25	50.73	2.67	ND	ND

ID, identificação da amostra; Clorofila *a* e feopigmentos, medida em unidade Micrograma por Litro (mg.m⁻³ ou µg.L⁻¹); ND, não detectada