



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Instituto de Biociências

Impacto da intervenção humana nos canais do Sistema Lagunar Maricá-Guarapina, Rio de Janeiro, sobre a comunidade de foraminíferos bentônicos

Kettollen Brenda Ribeiro Pereira

RIO DE JANEIRO

2022

Kettollen Brenda Ribeiro Pereira

IMPACTO DA INTERVENÇÃO HUMANA NOS CANAIS DO SISTEMA LAGUNAR
MARICÁ-GUARAPINA, RIO DE JANEIRO SOBRE A COMUNIDADE DE
FORAMINÍFEROS BENTÔNICOS

Monografia do Trabalho de
Conclusão de Curso apresentada ao
Instituto de Biociências da
Universidade Federal do Estado do
Rio de Janeiro, como parte dos
requisitos à obtenção do título de
Bacharel em Ciências Ambientais

Orientador: Prof. Dr. Lazaro Luiz Mattos Laut

Co-orientador: Prof. Dr. Thiago Gonçalves Carelli

Rio de Janeiro

2022

Catálogo informatizada pelo(a) autor(a)

R436 Ribeiro Pereira, Kettollen Brenda
Impacto da intervenção humana nos canais do Sistema Lagunar Maricá-Guarapina, Rio de Janeiro, sobre a comunidade de foraminíferos bentônicos / Kettollen Brenda Ribeiro Pereira. -- Rio de Janeiro, 2022.
45

Orientador: Lazaro Luiz Mattos Laut.
Coorientador: Thiago Gonçalves Carelli.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Graduação em Ciências Ambientais, 2022.

1. Biomonitoramento. 2. Dragagem. 3. Dinâmica lagunar. 4. Poluição. I. Mattos Laut, Lazaro Luiz , orient. II. Gonçalves Carelli, Thiago , coorient. III. Título.

Kettollen Brenda Ribeiro Pereira

IMPACTO DA INTERVENÇÃO HUMANA NOS CANAIS DO SISTEMA
LAGUNAR MARICÁ-GUARAPINA, RIO DE JANEIRO SOBRE A COMUNIDADE
DE FORAMINÍFEROS BENTÔNICOS

Monografia do Trabalho de
Conclusão de Curso apresentada ao
Instituto de Biociências da
Universidade Federal do Estado do
Rio de Janeiro, como parte dos
requisitos à obtenção do título de
Bacharel em Ciências Ambientais

Aprovada em 22/02/2022



Prof. Dr. Lázaro Luiz Mattos Laut - orientador
Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO)



Prof. Dr. Thiago Gonçalves Carelli – co-orientador
Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO)



Prof. Dr. Maria Virgínia Alves Martins
Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ)



Prof. Dr. André Luiz Carvalho da Silva
Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ)

“Existe apenas um bem, o conhecimento, e um mal, a ignorância.”

- Sócrates

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, pela bolsa de iniciação científica que propiciou a resolução deste projeto.

Ao meu orientador Lazaro Laut, por seus estimados ensinamentos e afetuoso apoio.

Ao meu co-orientador Thiago Carelli, pela dedicação, paciência e ensinamentos.

À toda equipe LABMICRO – UNIRIO, especialmente Pierre, Andriu e Kauai pela troca de conhecimentos e parceria.

A todos os professores que passaram pela minha vida e me inspiraram com toda sua dedicação e sabedoria.

À minha mãe e amiga, Vanessa Alves, pelo acalento materno nos momentos mais difíceis.

Aos meus avós, Vânia e Manuel, e meus padrinhos Viviane Tony, por serem como pais e me proporcionarem um lar com o máximo de conforto, amor e carinho.

Aos meus irmãos, Larissa Alves e Kaique Pereira, e afilhado Matheus Paixão, pela parceria e fraternidade.

Ao meu namorado Sócrates Noronha, por todo apoio, amor e compreensão.

RESUMO

As lagoas costeiras são extremamente sensíveis às mudanças climáticas e ambientais e atualmente encontram-se sob um acelerado processo de degradação ambiental promovido pelas mais variadas atividades antrópicas e uma medida paliativa frequentemente utilizada para renovação de suas águas é construção e /ou dragagens de canais artificiais, embora suas vantagens e desvantagens, a curto e longo prazo, sejam objeto de discussão entre pesquisadores. Neste contexto, este estudo investigou os efeitos das intervenções humanas associados à abertura e dragagens de canais artificiais sobre a qualidade ambiental do Sistema Lagunar Maricá-Guarapina, utilizando como indicadores das mudanças a relação entre as variáveis ambientais (granulometria e parâmetros físico-químicos) e a fauna de foraminíferos bentônicos (uma ferramenta de biomonitoramento e elevado potencial ecológico pouco utilizado no Brasil). Para tal, comparou-se a distribuição dos organismos coletados em 2019 e apresentados neste trabalho e a amostragem de 2013 publicada no artigo: *A influência dos compostos da matéria orgânica nas assembleias de foraminíferos e ostracodes de uma lagoa tropical: Sistema Lagunar Maricá-Guarapina (Brasil)*. Foram identificadas, 17 e 18 espécies nos anos de 2013 e 2019, respectivamente. A abundância e a composição das assembleias variaram ao longo do tempo em resposta à processos de natureza tanto endógenos (ambientais), quanto exógenos (interferência humana nos canais artificiais), proporcionando assim uma melhoria nos índices ecológicos de riqueza e diversidade de espécies. Na primeira amostragem (2013), *Ammonia tepida*, *Ammonia parkinsoniana*, *Criboelphidium excavatum* e *Quinqueloculina seminula* foram as espécies mais constantes, enquanto que na mais recente (2019), a dominância *Q. seminula* é substituída pelo surgimento de novas espécies aglutinantes como *Ammotium morenoi* e *Ammotium cassis*. Em 2013, análise DCA demonstrou que os parâmetros físico-químicos exerceram grande influência nas distribuições das espécies de foraminíferos, enquanto que a assembleia identificada na segunda amostragem correspondeu principalmente à elevação da salinidade e percentual de argila. A CA de modo Q e R permitiu reconhecer seis grupos distintos de estações nos dois períodos estudados (2013-2019) com base na distribuição e abundância de espécies que demonstram uma grande mudança nas condições marinhas do sistema lagunar. De forma geral, os resultados mostram uma maior influência marinha sob a biota bentônica de foraminíferos em 2019, demonstrando que a intervenção nos canais artificiais foi efetiva na renovação das águas, ainda assim, notamos o prevaecimento de uma baixa biodiversidade e dominância de espécies indicadoras de ambientes degradados e estressados.

ABSTRACT

Coastal lagoons are extremely susceptible to environmental and climatic changes and currently undergoing an accelerated process of environmental degradation promoted by the most varied anthropic activities. In these case, a palliative strategy frequently applied aiming to renew their waters is the construction and/or dredging of artificial channels, although its advantages and disadvantages, in the short and long term, are subject of discussion among researchers. In this context, this study investigated the effects of human interventions associated with the opening and dredging of artificial channels on the environmental quality of the Maricá-Guarapina Lagoonal System (MGLS), using as changes indicators, the relation between environmental variables (granulometry and physicochemical parameters) and the benthic foraminifera fauna (an important tool for biomonitoring with high ecological potential, which is rarely applied in Brazil). For this purpose, we compared the distribution of foraminifera collected in 2019 and presented in this work, with those sampled in 2013 and published in the article: “The influence of organic matter compounds on foraminifera and ostracods assemblages in a tropical lagoon: Maricá-Guarapina Lagoon System (Brazil)”. A total of 17 and 18 species were identified during 2013 and 2019, respectively. We noticed that the abundance and composition of the assemblages varied over time in response to endogenous (environmental) and exogenous (human interference in artificial channels) processes, thus providing an improvement in ecological indexes of species richness and diversity. On the first sampling, which occurred in 2013, species like *Ammonia tepida*, *Ammonia parkinsoniana*, *Criboelphidium excavatum* and *Quinqueloculina seminula* were the most constant, while in the most recent sampling (2019), the dominance of *Q. seminula* was replaced by new agglutinating species such as *Ammotium morenoi* and *Ammotium cassis*. The Detrended Cluster Analysis (DCA), carried out in 2013, showed that the physicochemical parameters had a major influence on the foraminifera species distribution, while the assemblage identified in the second sampling (2019) reflects the elevation of salinity and clay percentage. On the other hand, the Cluster Analysis (CA - Q and R mode) allowed the recognition of six distinct groups of stations on the two periods studied (2013-2019) based, mainly, on the distribution and abundance of species that reveal a great change in the marine conditions of the lagoonal system. In general, the results show a greater marine influence on the benthic foraminifera biota in 2019, demonstrating that the intervention in the artificial channels was effective on the renewal of the waters. However, there is still low biodiversity and dominance of species that indicate degraded and stressed environments.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Fig 1. Área de estudo e distribuição espacial das estações de coleta (MC01 a MC30) nas amostragens de 2013 e 2019. Datum: WGS 94 zone 23S

Fig 2. Mapa de distribuição dos parâmetros físico-químicos da coluna d'água dos Sistema Lagunar Maricá-Guarapina nos anos de 2013 e 2019. Fig 3. Diagrama ternário Shepard

Fig 4. Mapa de distribuição das frações granulométricas no Sistema Lagunar Maricá-Guarapina nos anos de 2013 e 2019.

Fig 5. Mapa de distribuição dos índices ecológicos da comunidade de foraminíferos do MSLG (Densidade, número de espécies - S, diversidade - H' e equitabilidade - J') e

Fig 6. Análise DCA das principais espécies de foraminíferos das assembleias vivas correlacionadas as variáveis abióticas estudadas

Fig 7. Análise DCA das estações amostrais de ambos os períodos correlacionadas as variáveis abióticas estudadas.

Fig 8. Análise de Cluster em modo Q (do grupo I ao VI) e modo R (do conjunto A ao F).

LISTA DE TABELAS

Tab.1 - Parâmetros físico-químicos e de granulometria no Sistema-Lagunar Maricá Guarapina em 2013 e 2019.

Tab 2. Média dos Parâmetros físico-químicos das lagoas do Sistema Lagunar Maricá-Guarapina em 2019.

Tab 3. Dados de foraminíferos do Sistema-Lagunar Maricá-Guarapina em 2013 por Laut et al. (2021)

Tab 4. Dados de foraminíferos do Sistema-Lagunar Maricá-Guarapina em 2019.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS _____	4
RESUMO _____	5
ABSTRACT _____	6
LISTA DE ILUSTRAÇÕES _____	7
LISTA DE TABELAS _____	8
INTRODUÇÃO _____	10
CONCLUSÃO _____	35
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS _____	36

IMPACTO DA INTERVENÇÃO HUMANA NOS CANAIS DO SISTEMA
LAGUNAR MARICÁ-GUARAPINA, RIO DE JANEIRO, SOBRE A
COMUNIDADE DE FORAMINÍFEROS BENTÔNICOS

Pereira, K.B.¹; Belart, P²; Laut, L¹; Ferreira, A.¹; Carelli, T.G.¹

¹ Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro – UNIRIO, Departamento de Ciências Naturais.

² Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Programa de Pós-graduação em Ecologia.

1. Introdução

Diversas regiões costeiras ao redor do globo encontram-se sob um acelerado processo de degradação ambiental e modificação da paisagem natural que é impulsionado pelas mais variadas atividades antrópicas, cujos efeitos podem ser observados em inúmeros ambientes parálicos como lagoas, manguezais, campos de dunas, praias, recifes de coral, entre outros (Macedo, 1999). Dentre os ecossistemas mais ameaçados destacam-se as lagoas costeiras tropicais que fornecerem diversos serviços e recursos ecossistêmicos tais como: berçários de diversas espécies, fonte de alimento, região de descanso para organismos continentais e marinhos, alta produtividade biológica e rica biodiversidade (Santos, 1970; Belart et al. 2017; Silva & Molisani, 2019). Tais características estimulam o desenvolvimento humano ao redor dessas lagoas que muitas vezes ocorrem sem planejamento, sobretudo nas regiões neotropicais, cuja concentração demográfica nas regiões litorâneas é maior (Esteves et al. 2008).

Estes ambientes que são do ponto de vista geológico efêmeros (Kjerfve, 1994) são extremamente sensíveis às mudanças ambientais causadas por fatores naturais como mudanças climáticas, atividade tectônica local e/ou por pela interferência humana como aterros, mudanças na bacia de drenagem, entre outros (Lanzoni & Seminara, 2002). O prolongado tempo de residência da água nestes ambientes os torna mais susceptíveis a concentração e deposição de poluentes, e também aos processos de eutrofização e assoreamento (Miranda et al. 2002; Carloni et al. 2010).

Aumentar a circulação da água por meio da abertura de canais artificiais tem sido uma medida paliativa frequentemente utilizada para melhorar a qualidade da água e a produtividade biológica nas lagoas costeiras (Dionisio et al. 2000; Suzuki et al. 2002). Alguns pesquisadores argumentam que o aumento da conectividade das lagoas costeiras com

o mar pode ser prejudicial devido o deslocamento da biota de água doce ou salobra que é, substituída pela rápida colonização de organismos marinhos, mudando a estrutura e função da comunidade (Pérez-Ruzafa et al. 1991, Sfriso et al. 2003; Young & Potter, 2003). Em contraponto, para outros pesquisadores (Hernández-Arana; Ameneiro-Angeles, 2011) essas intervenções resultam em efeitos benéficos com a reconfiguração do corpo hídrico como um sistema de comportamento estuarino (com a formação de gradientes de salinidade) e o consequente aumento do nível de biodiversidade que é mais baixa em ambientes de características eutróficas e confinados.

Nas últimas décadas, o litoral Fluminense tem sido alvo de uma intensa especulação imobiliária, crescimento desordenado e aumento exponencial da densidade demográfica local, gerando mudanças nas bacias hidrográficas, na utilização do solo e seus recursos, além do aumento na produção de dejetos que, na maioria dos casos são lançados diretamente nesses corpos lagunares (Souza et al. 2010; Cruz et al. 1996).

Neste contexto, destaca-se o Sistema Lagunar Maricá-Guarapina (SLMG) localizado aproximadamente a 50 km ao norte da cidade do Rio de Janeiro, composto por quatro lagoas conectadas entre si por meio de canais (Maricá, Barra, Padre e Guarapina) que tem sido alvo de diversas ações antrópicas ao longo do tempo (Cruz et al. 1996). Uma revisão histórica sobre o estado trófico das lagoas costeiras do Estado do Rio de Janeiro elaborada por Silva & Molisani (2019) revela que este sistema lagunar alcançou os piores resultados de toda a região costeira do estado entre o final da década de 1980 até o ano de 2014. O elevado nível de matéria orgânica desse sistema foi capaz de impactar a distribuição da comunidade bentônica, fazendo com que os valores de abundância, riqueza e diversidade de foraminíferos e ostracodas fossem inferiores aos de outras lagoas do Brasil no ano de 2013 (Laut et al. 2021).

Dentre as quatro lagoas, a de situação mais alarmante é a de Maricá que recebe uma grande carga de esgoto *in natura* proveniente da região de maior ocupação urbana do município de Maricá, e apresenta-se como o ambiente mais confinado do sistema (Toledo et al. 2021). Embora a lagoa de Maricá possua o canal de Itaipuaçu ou Canal da Costa que a liga ao Oceano Atlântico, este é muito extenso e não promove uma boa renovação das águas (Cruz et al., 2010). Por outro lado, a lagoa de Guarapina, na qual a principal fonte poluidora provém de resíduos agrícolas, é considerada a que apresenta a melhor renovação de suas águas pela conectividade com mar através do canal artificial de Ponta Negra (Souza et al. 2013; Rodrigues et al. 2015). Contudo, Laut et al. (2019 e 2021) relatam que o canal de

Ponta Negra não apresenta eficiência na renovação das águas da lagoa de Guarapina e por isso, áreas com acelerados processos de eutrofização já podem ser identificadas.

Ao apresentar um panorama sobre o SLMG, Toledo et al. (2021) relataram sobre os fenômenos recorrentes de florações de algas/eutrofização e mortandade de peixes principalmente nas lagoas de Maricá e Barra, e alertaram sobre a necessidade de medidas de mitigação desses problemas. Nos últimos anos, de acordo com a prefeitura de Maricá, um projeto de macrodrenagem com obras em Itaipuaçu que teve início em 2014, que resultou em inúmeras dragagens no canal fluvial da cidade próxima de Maricá que deagam no sistema lagunar. Em 2017 as ações de dragagem se intensificaram em rios e canais do entorno das lagoas, que de acordo com a Defesa Civil, a sua regularidade já pôde afastar riscos de alagamentos no ano de 2018 (Prefeitura de Maricá, 2017; 2018; 2019). Nesse mesmo ano, o canal de Ponta Negra também foi alvo de dragagens, tornando o sistema lagunar navegável nessa região até Itaipuaçu. Contudo, a recorrência de eventos de mortandade de peixes, sobretudo no verão, levou a prefeitura no ano de 2019 a abrir o canal da lagoa da Barra objetivando a renovação das águas do sistema lagunar. Logo após a abertura do canal as mudanças foram visíveis de acordo com pescadores locais entrevistados pela prefeitura, mas, o canal foi fechado de forma natural poucos dias depois sendo necessário realizar uma reabertura mecânica. Devido a sua intermitência, a manutenção e permanência deste canal depende de esforços e estudos, já que necessitam de comprovações da eficácia da troca de águas para manutenção do ecossistema.

Estudos utilizando a biota local para compreender os efeitos de intervenções em canais lagunares têm sido amplamente utilizados (Buss & Nessimian, 2003). Para este fim, os foraminíferos bentônicos têm grande potencial, pois têm demonstrado eficiência na caracterização de corpos hídricos, com diversas vantagens quando comparado a grupos de organismos da macrofauna (Bouchet et al. 2007; Alve et al. 2009). Dentre as características dos foraminíferos para uso como bioindicadores ambientais podemos citar: sua alta densidade e diversidade que permitem uma avaliação confiável sem a necessidade de grandes volumes de sedimento; ciclos de vida curtos que são capazes de responder rapidamente as mudanças ambientais e o alto grau de especialização que demandam requisitos ecológicos específicos (Murray, 2006; Schönfeld et al., 2012; Leipnitz et al. 2014). Além disso, a possibilidade de preservação de suas conchas no sedimento permite gerar informações paleoambientais úteis para se entender a evolução dos ecossistemas, fazer reconstruções paleoclimatológicas e paleoecológicas (Murray 2006; Raposo et al., 2016; Bouchet et al. 2007)

Apesar de avanços científicos recentes, os foraminíferos não fazem parte das diretrizes e padrões ambientais nacionais de biomonitoramento. Para implementação destes organismos no monitoramento ambiental é fundamental a contribuição de pesquisas com um consenso a cerca de metodologias padronizadas que levem em conta as condições específicas de cada ambiente e a grande diversidade de regiões ecológicas (Sousa et al. 2020; Bouchet et al. 2012). Infelizmente, estudos do tipo ainda são escassos em muitos lugares do mundo como no Brasil, pois na maioria das regiões não há banco de dados prévios aos impactos ambientais e/ou interversões humanas sofridas (Bouchet et al. 2012). Especificamente para o SLMG existem dados prévios coletados no ano de 2013 (Laut et al. 2021), antes das obras de intervenção nos canais, o que permite a aplicação destes organismos para o biomonitoramento. Desta forma, este estudo tem objetivo identificar as alterações ambientais ocorridas no Sistema Lagunar Maricá-Guarapina utilizando a relação entre variáveis ambientais e a distribuição da fauna de foraminíferos. Este estudo visa contribuir para o conhecimento da biodiversidade e das relações ecológicas de foraminíferos da região Neotropical, assim como da sua utilização em programas de monitoramento ambiental.

2. Materiais e métodos

2.1. Área de estudo

O sistema lagunar estudado está situado na região sudeste do Brasil entre as latitudes 22° 53' e 22° 58' S, e as longitudes 42° 40' e 43° W, especificamente na região Norte Fluminense do estado do Rio de Janeiro, na cidade de Maricá (Figura 1). O SLMG possui uma área aproximada de 34,87 km², distribuídos entre as quatro lagoas: Maricá (18,21 km²), Barra (8,12 km²), Guarapina (6,44km²) e Padre (2,10 km²) (Cruz et al., 1996). Sua bacia de drenagem é formada por três principais sub-bacias: a bacia do Rio Vigário, a do Rio Ubatiba, com foz na lagoa de Maricá e a da bacia do Rio Caranguejo, com foz na lagoa de Guarapina (Comitê Gestor da Região Hidrográfica da Baía de Guanabara e dos Sistemas Lagunares de Maricá e Jacarepaguá, 2006).

Sua gênese está vinculada aos processos transgressivos do mar, que ocorreram a partir do Pleistoceno e se prolongaram até os últimos dois mil anos do Holoceno, quando ocorreu a formação da grande maioria das lagoas costeiras do Brasil (Silva et al., 2010). De acordo com da Silva et al. (2014) este sistema costeiro é constituído por areias quartzosas grossas a médias, bem selecionadas, indicando condições de alta energia, que vem prevalecendo nesta planície costeira. Isso é justificado pela predominância de ondas no litoral que eventualmente transpõem a barreira em tempestades de maior magnitude

depositando água e sedimento diretamente nas lagoas, além de haver grande influência também dos ventos (Silva et al. 2008; Pinheiro et al. 2015). O litoral é marcado por um regime de micro maré com amplitude máxima da maré de sizígia que não ultrapassa 1,5 m (DHN, 1980). A região é caracterizada pelo clima tropical úmido e semiúmido, com massas de ar tropicais de origens oceânicas e continentais (Barroso-Vanacor et al. 1994). Em Maricá a temperatura média é 23.4 °C e a pluviosidade média anual é de 1,034 mm (Climate-date, 2021). Atividades relacionadas ao lazer, turismo e a pesca se desenvolvem nas lagoas e por isso, o complexo lagunar é de grande importância socioeconômica para o município (Silvestre et al. 2017). Há uma área de 970 hectares a sudoeste do sistema onde é situada a Área de Preservação Ambiental de Maricá (APA Maricá), criada pelo DECRETO Nº 7.230 de 23 de abril de 1984.

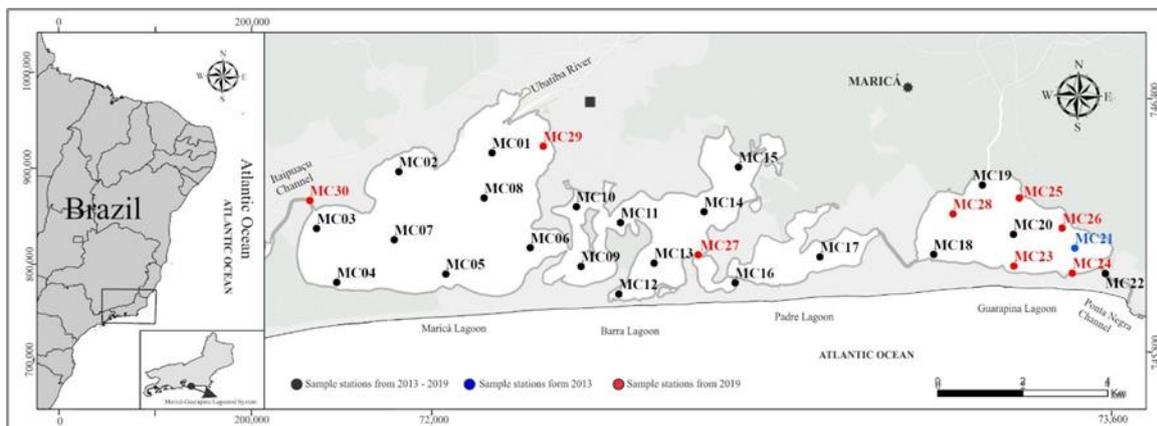


Figura 1. Área de estudo e distribuição espacial das estações de coleta (MC01 a MC30) nas amostragens de 2013 e 2019. Datum: WGS 94 zone 23S

2.2. Amostragem

A amostragem no SLMG foi realizada em julho de 2019 seguindo as mesmas metodologias aplicadas em março de 2013 por Laut et al. (2021) objetivando ter maior acurácia na comparação entre os dois períodos amostrais. Na amostragem de 2019 foram estabelecidas 29 estações amostrais, dentre estas 21 foram coincidentes com a amostragem 2013 (Laut et al. 2021) e 8 foram colocadas como pontos extra para ampliar o nível de detalhamento da amostragem (Figura 1)

Os parâmetros físico-químicos (temperatura, salinidade, pH) foram registrados por meio de uma sonda multiparamétrica (Sanxin, modelo SX751) na interface água-sedimento

durante o processo de amostragem de sedimentos na amostragem de 2019. Na amostragem de 2013 não foram medidos os parâmetros condutividade, total de sólidos dissolvidos e profundidade. As amostras de sedimento foram coletadas em triplicata com um busca fundo modelo Ekman. Para as análises sedimentológicas foram separados 150 g de sedimento que foi armazenado em sacos plásticos e refrigerados em seguida. Para a análise de foraminíferos foram separados 50 ml do primeiro centímetro superficial que foi armazenado em potes plásticos com adição de uma solução de álcool 70% e corante rosa de Bengala para identificação dos organismos vivos no momento da coleta de acordo com os protocolos estabelecidos em Schönfeld et al. (2012) para o uso de foraminíferos para o biomonitoramento.

2.3. Análise dos Foraminíferos

Após a coleta as amostras destinadas a análise de foraminíferos permaneceram em descaso por 15 dias para que houvesse a fixação do corante rosa de Bengala no protoplasma dos organismos (Schönfeld et al. 2012). Em sequência as amostras foram processadas seguindo os métodos descritos em Boltovskoy (1965) que consistem em passar o sedimento a úmido entre as peneiras de 0,5 mm e 0,062 mm para retirada do sedimento lamoso e posterior secagem em estufa a 50°C. Após este procedimento, as testas coradas (que estava vivos no momento da coleta) foram triadas, identificadas e contadas por meio de um estereoscópico em aumento de 80 x. A identificação taxonômica foi com base em várias publicações, especificamente Todd & Brönnimann (1957), Boltovskoy et al. (1980), Laut et al. (2012, 2017, 2019, 2021) e Raposo et al. (2016). A validação das espécies e de gêneros foi realizada com consulta ao *World Register of Marine Species* (WoRMS, 2020). Para a interpretação dos dados de comunidade foram aplicados os índices ecológicos de densidade, riqueza, diversidade e equitabilidade. A densidade (testas/50 ml - Df) e a riqueza (número espécies/50 ml - S) foram calculadas com base no número médio de testas coradas encontradas nas amostras coletadas em triplicadas. No software excel foi possível calcular o índice de diversidade (H) de Shannon-Weaver (1948), onde $H' = -\sum p_i \ln(p_i)$ e p_i é a abundância proporcional de cada espécie, e também os valores de equitatividade (J), ou homogeneidade, de cada estação, que é calculado pela fórmula: $J' = H' / \ln(S)$.

2.4. Análise granulométrica

A análise granulométrica foi realizada através do método de peneiramento e pipetagem e, que consiste nas seguintes etapas: 1) lavar com água deionizada para a remoção de sais solúveis; 2) secagem em temperatura ambiente; 3) pesagem; 4) tratamento com ácido clorídrico (HCl) e peróxido de hidrogênio (H₂O₂) a 30% para remoção de partículas carbonáticas e orgânicas; 5) secagem em estufa a 60 °C; e 6) peneiradas utilizando um sistema Ro-tap (agitadores e peneiras) com malhas de 2,00 mm; 1,41 mm; 1,00 mm; 0,71 mm; 0,50 mm; 0,35 mm; 0,25 mm; 0,177 mm; 0,125 mm; 0,083 mm e 0,063 mm. Os sedimentos menores que 0,063mm (silte e argila) foram analisados pelo método de Pipetagem, baseado na lei de Stokes. Os resultados obtidos foram tratados estatisticamente por meio do software Gradistat versão 8.0 (Blott & Pye, 2001) e classificados de acordo com Folk (1954). Por fim, foi realizada a elaboração de diagramas ternários no software Ternary Plot com base na classificação de Sheppard (1954).

2.5. Mapas de interpolação

Os mapas de parâmetros-físico químicos, sedimentológicos e de índices ecológicos das amostragens de 2013 e 2019 foram elaborados utilizando o software ArcGIS Pro 2.7. A ferramenta de interpolação utilizada foi o Spline com barreiras (SWB) com a configuração de tamanho de célula 15 e fator de suavização 0 em concordância com Belart et al. (2017). As escalas das simbologias foram auto ajustadas para efeito de comparação entre os dois períodos e as coordenadas fornecidas pelo datum WGS84 foram projetadas para a zona UTM 23S.

2.6. Análises estatísticas

Em acordo com o proposto por Fatela & Taborda (2002), as estações amostrais que apresentaram valores inferiores a 100 testas/50 ml não foram consideradas nas análises estatísticas. Após algumas testagens no software PCord 5.0, a análise multivariada que melhor representou os dados desse estudo foi a Análise de Correspondência Destendenciada (DCA). Para a análise, os valores dos parâmetros abióticos da água (pH, salinidade e temperatura) e do sedimento (porcentagem de areia, silte e argila) foram normalizados pela raiz quadrada de 0,5. Uma análise de cluster (CA) em modo Q e modo R foi utilizada baseada nos valores de abundância relativa das espécies como o objetivo de identificar por similaridade grupos de estações entre os dois períodos amostrais. Buscando diminuir a variância interna entre os agrupamentos, utilizou-se o método Ward com coeficiente de

distância euclidiano para o modo Q e o coeficiente de distância r-Pearson para Modo R no software PCord 5.0.

3. Resultados

3.1. Parâmetros físico-químicos da água

Os parâmetros físico-químicos do Sistema Lagunar Maricá-Guarapina apresentaram divergências significativas entre as amostragens realizadas em 2013 e 2019. Na figura 2 pode-se observar que houve aumento da salinidade em todo o sistema lagunar entre os dois períodos amostrais. No ano de 2019 é possível identificar um gradiente de diminuição da salinidade da Lagoa de Guarapina para a Lagoa de Maricá (Fig. 2). Em 2013, a salinidade variou entre 0,1‰ - 20‰ e em 2019 o valor máximo de 29,2‰ foi obtido na estação MC22 (Tab. 1). Todas as lagoas apresentaram aumento nas médias de salinidade, sobretudo Maricá e Barra que apresentava em 2013 uma média de 0,5‰ e 2,3‰ e em 2019 13,42‰ e 16,84‰ respectivamente (Tab. 2). Os valores de temperatura de 2019 foram em geral mais baixos dos registrados em 2013 (Fig. 2) e as médias não oscilaram muito entre as lagoas (Tab. 2). As temperaturas variaram em 2013 de 27,6 - 33,1°C (média 29,4°C) e em 2019 de 22,3 a 25,3°C (média de 23,7°C) (Tab. 1). De maneira similar, os valores de pH se caracterizaram em um pequeno decréscimo desde o verão de 2013 (Fig. 2). Na primeira amostragem (Tab. 1), a faixa de pH era de 8,2 a 9,5 (média 8,9) e em 2019 constatou-se uma tendência maior neutralidade com o valor mínimo de 7,2 e máximo de 8,7 (média 7,9), porém ainda alcalino principalmente na lagoa de Guarapina com média de 8,4, e na região oeste da lagoa de Maricá (Média de 7,8).

Tab. 1. Parâmetros físico-químicos e granulometria no Sistema-Lagunar Maricá Guarapina em 2013 e 2019.
(Sal = Salinidade, T = Temperatura, Lat = Latitude, Long = Longitude)

Estações	LAT (S)	LONG (O)	2013						2019					
			Sal	T (°C)	pH	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)	Sal	T (°C)	pH	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)
MC01	22°55'44,54"	42°50'27,35"	0,1	33,1	9,5	100	0	0	12,6	23,1	7,5	33,1	23,3	33,1
MC02	22°56'0,14"	42°51'44,00"	0,2	29,7	8,9	17,4	81,2	1,4	12,7	23,3	8,2	14,6	12,9	14,6
MC03	22°56'44,73"	42°52'51,11"	0,3	30,7	8,91	21,6	78,1	0,3	12,6	23,1	8,1	-	-	-
MC04	22°57'25,87"	42°52'33,92"	0,6	30,3	9,09	48,8	51,2	0	12,6	22,9	8	51,6	27,36	20,96
MC05	22°57'18,12"	42°51'3,96"	0,9	28,1	8,7	100	0	0	12,8	23,0	8,3	95,5	0,8	3,6
MC06	22°56'57,18"	42°49'54,45"	1	27,6	8,73	100	0	0	16,3	22,9	7,2	-	-	-
MC07	22°56'52,55"	42°51'47,00"	0,5	29,9	8,67	13,4	79,8	6,8	14,1	22,5	7,7	58,5	17,6	23,8
MC08	22°56'19,44"	42°50'33,28"	0,5	28,3	8,73	2,9	87	10,1	12,6	22,5	7,7	50,6	26,3	22,9
MC09	22°57'10,85"	42°49'12,46"	0,5	28,9	8,64	36,6	63,4	0	15,0	24,6	7,8	3,6	62,5	33,7
MC10	22°56'24,96"	42°49'17,08"	1,4	29,7	8,9	32,1	67,9	0	15,3	24,5	7,2	19,7	42,6	37,5
MC11	22°56'36,77"	42°48'40,26"	1,9	29	8,3	36,6	63,4	0	16,6	25,3	7,4	36,2	12,3	51,3
MC12	22°57'31,54"	42°48'40,88"	3,1	28	8,16	100	0	0	17,9	24,6	7,4	93,3	0,7	5,9
MC13	22°57'7,35"	42°48'12,06"	1,7	29,6	8,7	7,5	91,1	1,4	17,6	24,5	7,5	40,8	31,7	27,3
MC14	22°56'27,55"	42°47'31,45"	2	30,1	8,9	4,8	91,8	3,4	17,3	24,7	7,5	94,4	0,16	5,3
MC15	22°55'52,69"	42°47'3,52"	2,7	30,5	9,2	5,8	90,8	3,4	17,7	24,6	7,6	6,3	66,8	26,7
MC16	22°57'21,75"	42°47'4,99"	1,8	31,4	9,3	100	0	0	17,5	22,3	7,6	7,9	39,9	52,1
MC17	22°56'41,23"	42°45'7,60"	8	29	9,28	100	0	0	18,1	22,9	7,5	10,6	24,6	64,6
MC18	22°56'57,65"	42°44'21,49"	20	28,1	9	13,4	86,6	0	23,1	24,1	8,2	12,8	35,4	51,7
MC19	22°56'3,58"S	42°43'42,04"	16	29,1	9,1	79,6	20,4	0	23,9	24,6	8,7	-	-	-
MC20	22°56'44,92"	42°43'16,05"	10	27,8	9,2	17,2	82,8	0	26	24	8,4	16,1	49,6	34,2
MC21	22°56'51,67"	42°42'25,13"	20	28,5	9,2	76,4	23,6	0	-	-	-	-	-	-
MC22	22°57'16,50"	42°41'46,56"	20	28,4	9,1	100	0	0	29,2	23,3	8,3	95	0,7	4,2
MC23	22°57'5,56"	42°43'14,96"	-	-	-	-	-	-	24,2	24	8,3	92,4	0,88	6,69
MC24	22°57'10,16"	42°42'26,66"	-	-	-	-	-	-	25,5	24,1	8,6	92,8	0,79	6,4
MC25	22°56'13,28"	42°43'11,49"	-	-	-	-	-	-	24,6	24,1	8,7	-	-	-
MC26	22°56'35,87"	42°42'35,52"	-	-	-	-	-	-	26,4	23,8	8,3	25,5	44	30,5
MC27	22°57'0,47"	42°47'35,71"	-	-	-	-	-	-	16,9	24,6	7,5	45,7	11,9	42,3
MC28	22°56'26,18"	42°44'6,02"	-	-	-	-	-	-	24,2	24,4	8,6	-	-	-
MC29	22°55'39,02"	42°49'45,19"	-	-	-	-	-	-	12,5	23	7,5	43,5	19,9	36,6
MC30	22°56'23,24"	42°52'57,13"	-	-	-	-	-	-	15,4	23,2	7,3	4	35,8	60,1
		Máximo	20	33,1	9,5	100	91,8	10,1	29,2	25,3	8,7	95,5	66,8	64,6
		Mínimo	0,1	27,6	8,2	2,9	0	0	12,5	22,3	7,23	3,6	0,16	3,6
		Média	5,1	29,4	8,9	50,6	48,1	1,2	18,3	23,7	7,9	46,6	25,6	29

Tab 2. Média dos Parâmetros físico-químicos das lagoas do Sistema Lagunar Maricá-Guarapina em 2013 e 2019 (Sal = Salinidade, T = Temperatura e pH)

	2013			2019		
	Sal	Temp C	pH	Sal	Temp C	pH
Maricá	0,5	29,9	8,9	13,42	23	7,8
Barra	2,3	29,4	8,7	16,84	24,7	7,5
Padre	4,9	30,2	9,3	17,83	22,6	7,6
Guarapina	17,2	28,4	9,1	25,28	24,1	8,4

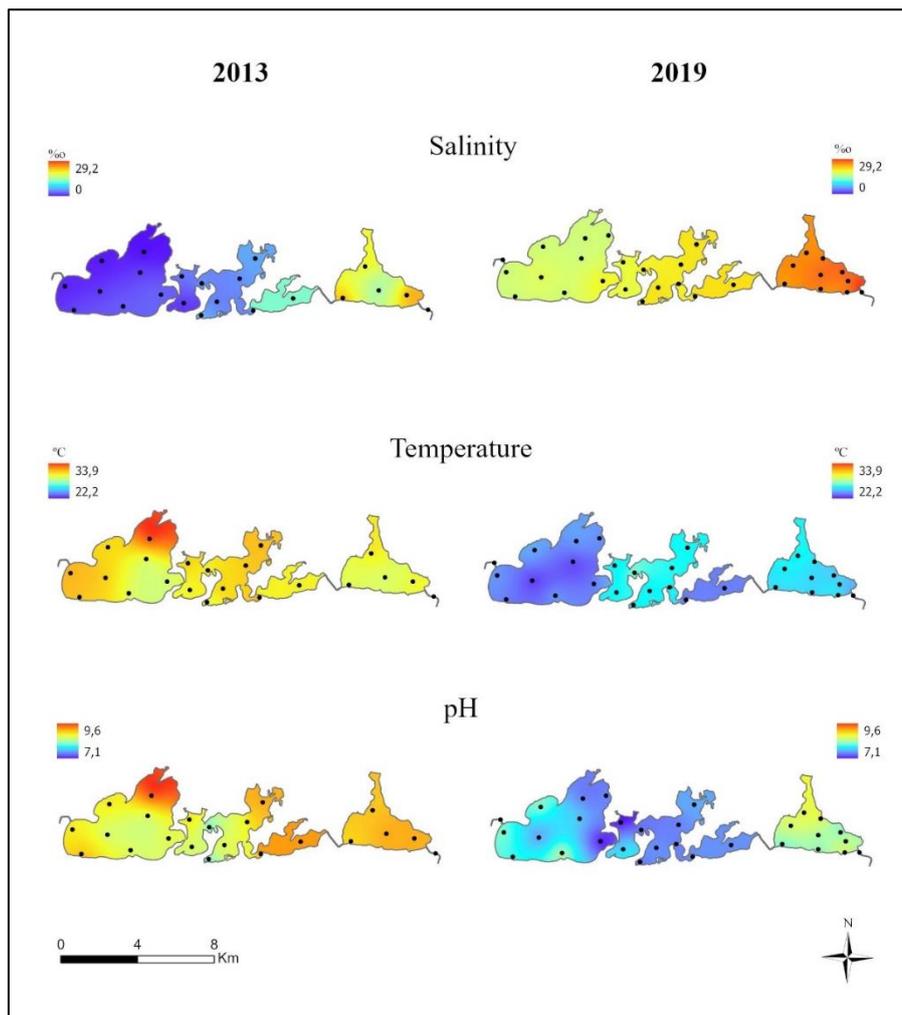


Figura 2. Mapa de distribuição dos parâmetros físico-químicos da coluna d'água dos Sistema Lagunar Maricá-Guarapina nos anos de 2013 e 2019.

3.2. Dados de granulometria

A granulometria do sedimento das estações das duas amostragens está descrita na Tabela 1 e ilustrada na Figura 3. Os mapas de distribuição demonstraram que houve uma

alternância nas regiões com maiores concentrações de areia em 2013 com destaque para região norte e sudeste da lagoa de Maricá e Guarapina. Em 2019, há uma atenuação desses valores, com uma considerável substituição das frações arenosas na lagoa do Padre e nas regiões norte de Maricá e Guarapina.

O sedimento siltoso tinha uma ampla distribuição em 2013, se destacando nas regiões com menores concentrações de argila, como o centro e oeste da lagoa de Maricá e Guarapina, além de toda lagoa da Barra. Em 2019, há uma significativa diminuição nas frações de silte, onde as maiores concentrações passam a ser encontradas em pontos isolados fora das regiões centrais das lagoas. As frações argilosas que antes eram escassas em 2013, principalmente fora de Maricá e Barra, em 2019 passam a compor todo o sistema lagunar caracterizando uma distribuição mais homogênea.

Em 2013 haviam 9 estações amostrais (MC01, MC05, MC06, MC12, MC13, MC14, MC19, MC21 e MC22) que apresentavam mais de 60% de areia, enquanto que em 2019 esses valores foram encontrados em 7 estações (MC05, MC12, MC14, MC 22, MC23 e MC24) (Fig. 3). Os sedimentos siltosos prevaleceram em 2013 em 11 estações (MC02, MC03, MC07, MC09, MC10, MC11, MC13, MC14, MC15, MC18 e MC20) e em 2019 apenas as estações MC 09 e MC15 permaneceram com mais de 60% silte (Fig.3). A argila em 2013 não ultrapassava a máxima de 10% na estação MC08 e em 2019 alcançou maiores valores nas estações MC17 (64,6%) e MC30 (60%) (Tab. 2). Utilizando a classificação granulométrica de Shepard (1954) pode-se constatar que no ano de 2013, 41% das estações eram classificadas como areia, 41% silte 18% areno-siltosa (Fig. 4). Diferentemente, em 2019 foram constatadas as classificações argilo-siltosas e silte-arenosos, predominantes em 10% e 38% das estações respectivamente. Nesse ano, o sedimento siltoso foi predominante em apenas 7% das estações, enquanto que a predominância de arenoso e o areno-siltoso foram observadas em 25 e 20 % das estações respectivamente.

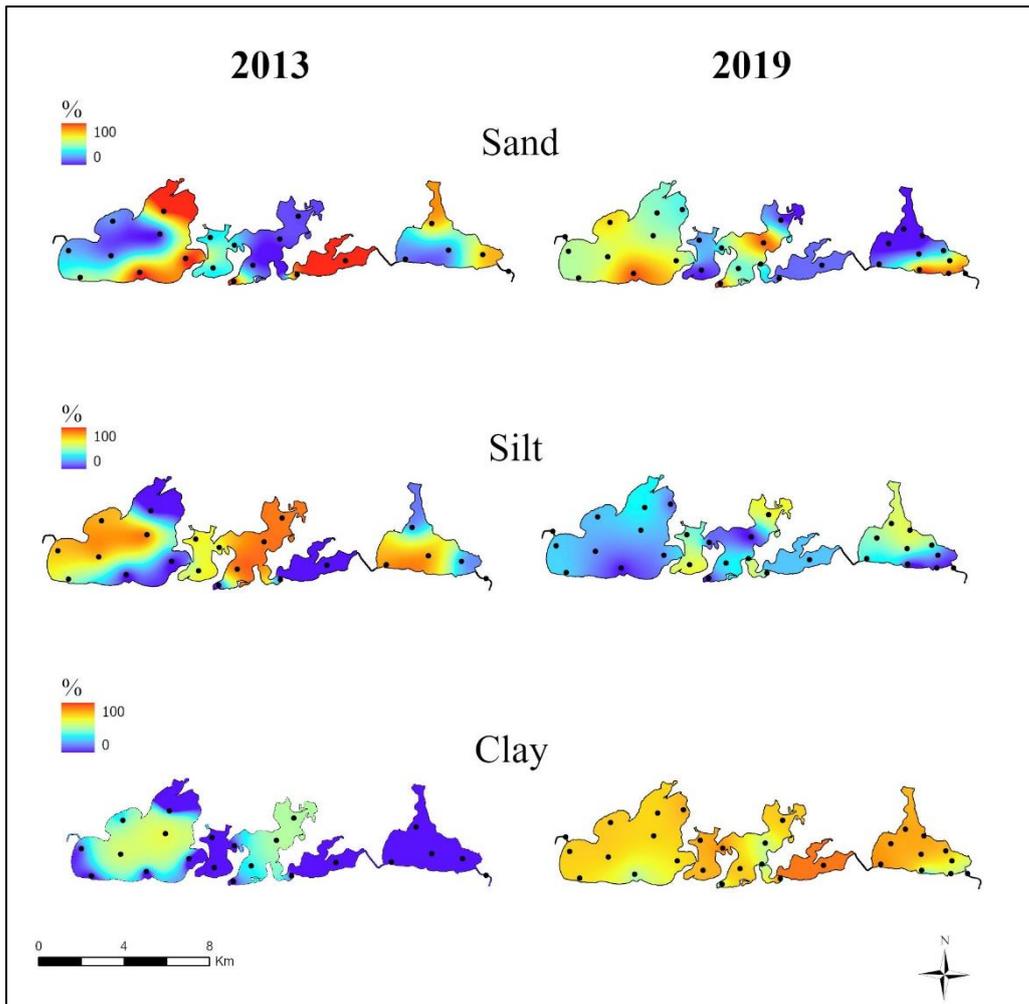


Fig 3. Mapa de distribuição das frações granulométrica no Sistema Lagunar Maricá-Guarapina nos anos de 2013 e 2019. (areia, silte e argila)

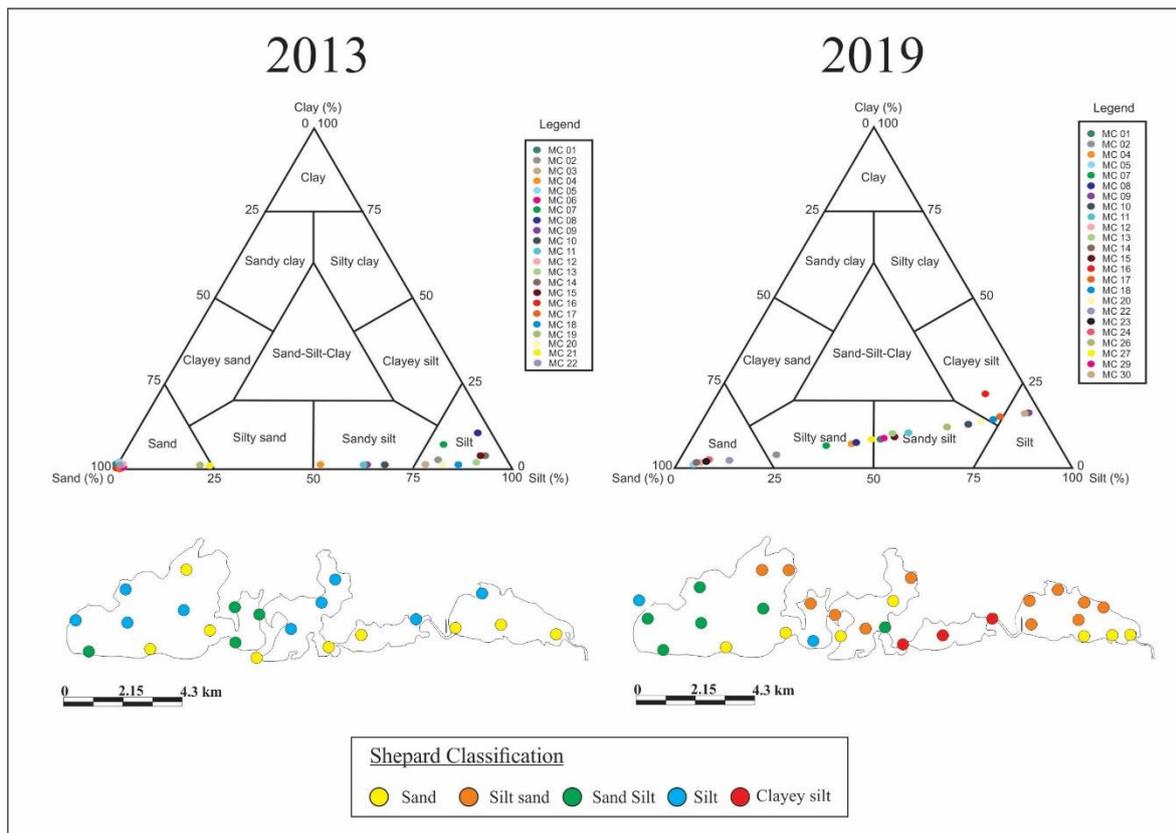


Figura 4. Diagrama ternário com base na classificação de Shepard (1954) e mapa da distribuição da granulometria das estações.

3.3. Dados bióticos

Na amostragem de 2013 foram identificadas 17 espécies vivas de foraminíferos em 14 estações, e em 2019 foram identificadas 18 espécies em 17 estações (Tab. 3 e Tab. 4). Em 2013 as estações MC02, MC05, MC06, MC07, MC08, MC09, MC10 e MC13 não apresentaram foraminíferos vivos e em 2019 foram as estações MC01, MC02, MC05, MC06, MC10, MC11, MC13, MC14, MC15, MC16, MC21, MC22 e MC28. De uma maneira geral pode-se observar que a lagoa de Guarapina apresentou os maiores valores de Df em ambos os períodos estudados, havendo um aumento considerável em 2019 (Fig. 4).

Os maiores valores Df em 2013 foram encontrados nas estações MC12, MC16 e MC19 (2.300, 3.780 e 4.040 respectivamente) localizadas nas lagoas de Guarapina, Padre e Barra, enquanto que os menores valores foram em MC01, MC03 e MC14 localizadas em Maricá e Barra (110, 109 e 102 respectivamente) (Tab. 3). Em 2019 os maiores valores de Df foram concentradas nas estações MC19, MC20 e MC25 (66.960, 5.342 e 47.340 respectivamente) todas situadas em Guarapina, ao passo que os menores valores foram em

MC03, MC09 e MC12 (53, 108 e 109 respectivamente), também localizados nas lagoas de Maricá e Barra (Tab. 4).

Os valores de S em 2013 apresentaram um gradiente de redução da lagoa de Guarapina para a lagoa de Maricá exceto pela estação MC04 (Fig. 4). Os maiores valores de S em 2013 foram de 7 espécies nas estações MC04, MC19 e MC20 (Tab. 3 e 4). Em 2019 os valores de S se apresentaram dispersos pelo SLMG (Fig. 4) como os maiores valores nas estações MC19, MC24, MC23 e MC25 (11, 10 e 8 espécies respectivamente). Na lagoa do Padre (MC16 e MC17) foi identificada a única redução dos valores de S entre os períodos amostrais (Fig. 4; Tab. 4).

O gradiente de redução dos valores de H da lagoa de Guarapina para a lagoa de Maricá também pode ser identificado em 2013 (Fig. 4). Os maiores valores entre 1,8 e 1,4 foram nas estações MC20, MC19 e MC17 (Tab. 3). Em 2019, esses valores aumentaram variando de 0,7 a 2 em todo sistema lagunar (Fig. 4) com os maiores valores de 1,6 a 2 nas estações MC09, MC23 e MC24 (Tab. 3). Em 2013, os menores valores de H (0,3 e 0,4) foram observados em MC11 e MC12 situados na lagoa da Barra, já em 2019 esses valores mais baixos entre 0,7 e 0,8 nas estações MC17 e MC08 situadas nas lagoas do Padre e Maricá respectivamente. Os valores de J acompanharam os de H (Fig. 4) com valor mais alto de 1 na estação MC18 e o mínimo de 0,3 em MC11 no ano de 2013 e em 2019, o valor mais alto de 1 se apresentou nas estações MC12 e MC24 e mínimo de 0,5 em MC08 e MC19 (Tabs. 3 e 4).

Na análise de 2013, *Ammonia tepida* foi a espécie mais constante apresentando abundância relativa entre 5,9 - 91,7% (Tab. 3) seguida por *Ammonia parkinsoniana* (3,3 - 26,7%) e *Criboelphidium excavatum* (4,2 - 100%). As espécies *A. parkinsoniana* e *C. excavatum* foram ausentes na lagoa de Maricá (Tab. 3). Por outro lado, *Ammobaculites dilatatus* (1,1%) e *Trochammina salsa* (2,1%) apenas foram registradas apenas na lagoa de Maricá, e sete espécies tiveram a ocorrência apenas na lagoa de Guarapina: *Elphidium discoideale* (2%), *Caronia exilis* (0,7%), *Haynesina germanica* (4,6%), *Pseudononion japonicum* (20 - 33,3%), *Pyrgo oblonga* (6,7 - 11,1%), *Paratrochammina guaratibaensis* (2-57,9%) e *Textularia earlandi* (70,6%).

Na amostragem de 2019 *Ammotium morenoi* foi a espécie mais constante sendo encontrada em todo sistema lagunar exceto na lagoa do Padre, sua abundância relativa variou entre 1,3 a 77,2% seguida de *A. tepida* (1,6 a 66,6%) e *C. excavatum* (3,3-58,8%) (Tab. 3). A espécie *Trochammina inflata* (7,14%) foi identificada apenas na lagoa da Barra e *Miliammina fusca* (13,2%), *Polysaccamina hipohalina* (0,54%), *C. exillis* (0,27%),

Trochamminita salsa (0,68%) e *Entzia macrescens* (2,2%) apenas na lagoa de Guarapina (Tab. 4).

Dentre as espécies identificadas no SLMG *Warrenita palustres*, *Textularia earlandi*, *P. oblonga*, *H. germanica*, *E. discoidale* e *P. japonicum* foram registradas exclusivamente nas amostragens de 2013. Todas com sua distribuição restrita a lagoa de Guarapina, exceto *W. palustres* que também foi encontrada na lagoa de Maricá. Já nas amostras de 2019, as espécies exclusivas foram: *A. exiguus*, *Ammotium cassis*, *Elphidium gunteri*, *M. fusca*, *Miliolinella sobrotunda*, *P. hipohalina* e *T. inflata*. Nessa análise, *M. fusca* e *P. hipohalina* foram as únicas que se restringiram a lagoa de Guarapina, enquanto *T. inflata* foi encontrada apenas na lagoa da Barra e *A. exiguus*, *A. cassis*, *E. gunteri* e *M. sobrotunda* foram observadas ao longo de todo SLMG.

3.4. Análise Estatística

O resultado da análise de DCA apresentou coeficiente de variância de 45% no eixo 1 e 3% no eixo 2 (Fig. 5 e 6). O eixo 1 mostrou que o pH e Temperatura foram os parâmetros que influenciaram positivamente as espécies *W. palustres*, *T. earlandi*, *A. mexicana*, *T. salsa* e *Q. seminula* (Fig. 5). Ainda no eixo 1, o sedimento argiloso apresenta uma influência positiva para as espécies *A. cassis*, *A. exiguus*, *T. inflata*, *A. dilatatus* e *A. morenoi* (Fig 5). Uma relação menos significativa com a fração argilosa pode ser identificada para as espécies *E. gunteri*, *M. fusca* e *M. sobrotunda* que demonstram uma relação positiva com a salinidade no eixo 2 (Fig. 5). As espécies *P. oblonga* e *P. japonicum*, *C. exillis*, *P. guaratibaensis* e *C. excavatum* formam as que responderam mais positivamente a salinidade no eixo 2, (Fig. 5). As porcentagens de areia e silte apresentaram vetores pequenos na análise indicando possuir pouca influência na distribuição das espécies.

O DCA relacionada às estações amostrais demonstrou que no eixo 1, o pH e a temperatura influenciaram fortemente a estação MC22, e de maneira mais branda as estações MC18 e MC20 da amostragem de 2013. As estações MC04, MC11, MC12, MC15 e MC16 de 2013 tiveram sua distribuição associada somente a temperatura (Fig. 6). Em contrapartida, estações amostrais de 2019 MC04, MC08, MC09, MC12, MC24 e MC27 foram fortemente influenciados principalmente pelas maiores concentrações de sedimentos argilosos (Fig. 6). No eixo 2, a salinidade foi fortemente correlacionada com as estações MC14, MC18 e MC21 de 2013 e MC17, MC19, MC26 de 2019. A fração areia apresentou influência positiva para

a estação MC07 de 2019, enquanto que a fração silte foi positiva para as estações MC21 de 2013 e MC17 de 2019.

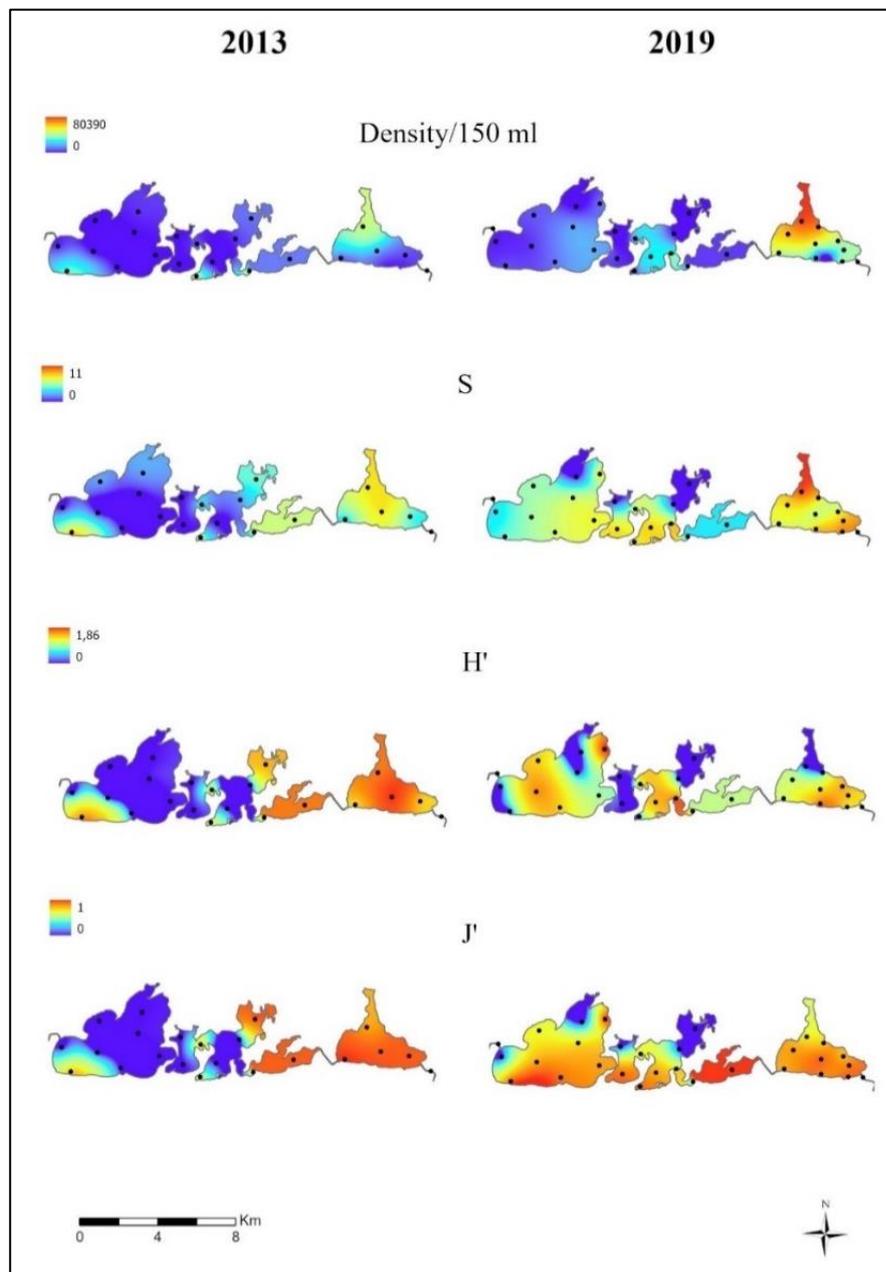


Figura 4. Mapa de distribuição dos índices ecológicos da comunidade de foraminíferos do MSLG (Densidade, número de espécies - S, diversidade - H' e equitabilidade - J').

Tab 4. Dados de foraminíferos do Sistema-Lagunar Maricá-Guarapina em 2013 por Laut et al (2021).

	MC01	MC03	MC04	MC11	MC12	MC14	MC15	MC16	MC17	MC18	MC19	MC20	MC21	MC22
Densidade de foraminíferos/150 ml	110	109	1,500	180	2,300	102	300	3,780	340	220	4,040	620	180	340
H' foraminifera	-	-	1.2	0.3	0.4	-	1.0	0.7	1.4	0.7	1.4	1.8	0.9	1.1
J' foraminifera	-	-	0.6	0.5	0.3	-	0.9	0.5	0.9	1.0	0.7	0.9	0.9	0.6
S foraminifera	1.0	1.0	7.0	2.0	4.0	1.0	3.0	4.0	5.0	2.0	7.0	7.0	3.0	6.0
<i>Ammobaculites dilatatus</i>	-	-	1.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ammonia tepida</i>	-	-	54.3	88.9	91.7	-	46.7	78.8	33.3	-	16.4	13.3	-	5.9
<i>Ammonia parkinsoniana</i>	-	-	-	11.1	3.3	-	13.3	9.5	11.1	-	4.6	26.7	-	-
<i>Ammotium morenoi</i>	-	-	1.1	-	-	-	-	-	5.6	-	-	-	-	-
<i>Arenoparrella mexicana</i>	-	-	24.5	-	-	-	-	-	-	42.1	-	-	-	5.9
<i>Criboelphidium excavatum</i>	-	-	-	-	4.2	100	-	10.6	38.9	-	36.2	-	55.6	-
<i>Elphidium discoidale</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.0	-	-	-
<i>Caronia exillis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.7	-	-	-
<i>Haynesina germanica</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.6	-	-	-
<i>Entzia macrescens</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	11.1	-	-	-	-	-
<i>Pseudononion japonicum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	33.3	-
<i>Pyrgo oblonga</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.7	11.1	-
<i>Paratrochammina guaratibaensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	57.9	35.5	2	-	5.9
<i>Quinqueloculina seminula</i>	100	100	16	-	0.8	-	40	1.1	-	-	-	6.7	-	5.9
<i>Textularia earlandi</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	70.6
<i>Trochammina salsa</i>	-	-	2.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Warrenita palustris</i>	-	-	1.1	-	-	-	-	-	-	-	-	6.7	-	5.9

Tab 5. Dados de foraminíferos do Sistema-Lagunar Maricá-Guarapina em 2019.

	MC03	MC04	MC07	MC08	MC09	MC12	MC17	MC18	MC19	MC20	MC23	MC24	MC25	MC26	MC27	MC29	MC30
Densidade de foraminíferos/150 ml	53	173	116	506	108	109	115	2895	66960	5342	569	2245	47340	3839	1410	195	193
H' foraminifera	-	1	0,9	0,8	1,6	1,7	0,7	1,2	1,1	1,4	1,6	2,0	1,1	1,1	1,0	1,5	1,2
J' foraminifera	-	0,9	0,7	0,5	0,8	1	0,9	0,6	0,5	0,8	0,7	1	0,5	0,6	0,5	0,8	0,6
S foraminifera	2	3	4	5	7	7	2	6	11	5	8	10	8	6	7	6	7
<i>Ammobaculites dilatatus</i>	-	13.9	8,3	16,8	5.0	14.2	-	-	-	-	-	-	0.5	-	13.4	1.7	-
<i>Ammobaculites exiguus</i>	-	2.3	-	5,9	-	7.1	-	-	1.0	-	-	8.2	-	-	2.5	-	-
<i>Ammonia parkinsoniana</i>	-	-	5,5	-	-	7.1	-	3.0	1.0	-	13.4	3.3	0.5	1,04	3.3	11.8	47.4
<i>Ammonia spp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	4.0	3.4	1.3	6.6	11.0	-	-	-	-
<i>Ammonia tepida</i>	-	-	66,6	-	10.0	-	-	56.0	6.2	34.4	18.0	5.5	7.0	9,90	1.7	20.3	34.2
<i>Ammotium cassis</i>	50.0	9.3	-	1,9	-	-	-	-	-	-	-	1.1	-	-	3.3	-	-
<i>Ammotium morenoi</i>	50.0	69.7	19,4	74,2	5.0	28.5	-	7,7	1.3	-	2.5	9.4	-	-	72.3	35.6	5.2
<i>Arenoparrella mexicana</i>	-	4.6	-	0,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.2	-
<i>Caronia exilis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Criboelphidium excavatum</i>	-	-	-	-	45.0	-	41.2	25.	13.6	23.6	41.0	32.0	58.8	17,71	3.3	15.2	5.2
<i>Elphidium gunteri</i>	-	-	-	-	15.0	7.1	-	7,1	3.2	-	4.5	-	0.1	-	-	-	5.2
<i>Entzia macrescens</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.2	-	-	-	-	-
<i>Miliammina fusca</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13.2	-	-	-	-	-
<i>Miliolinella sobrotunda</i>	-	-	-	-	10.0	28.5	-	-	1.3	11.5	3,85	3.4	4.2	8,33	-	-	-
<i>Paratrochammina guaratibaensis</i>	-	-	-	-	10.0	-	58.8	1,19	61.7	25.0	10,90	6.1	12.6	56,25	-	-	2.6
<i>Polysaccammina hipohalina</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0.5	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Quinqueloculina seminula</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0.5	-	0,64	-	0.5	0,52	-	-	-
<i>Quinqueloculina spp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	4.9	1.3	3,85	8.3	4.7	6,25	-	-	-
<i>Trochammina inflata</i>	-	-	-	-	-	7,14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Trochamminita salsa</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,7	-	-	-	-	-	-	-

No CA foi possível dividir identificar seis grupos de estações através da análise em modo Q com 75% de similaridade (Fig. 7): o grupo I foi composto apenas por estações amostrais de 2019 (MC04, MC08 e MC27); o grupo II foi composto pelas estações de 2019 MC09, MC22, MC23, MC24, MC25, MC17, MC14 e MC21 configurando-se com o maior grupo de estações do SLMG; o grupo III que foi constituído pela estação MC20 de 2013, e pelas estações MC12, MC29 e MC30 de 2019; o grupo IV foi constituído apenas pela MC22 de 2013; o grupo V foi composto por estações da lagoa de Guarapina MC18, MC19 de 2013 e por MC17, MC19, MC26 de 2019; e o grupo VI foi o segundo maior encontrado do sistema que foi constituído pelas estações de 2013 MC11, MC12, MC16, MC04 e MC15 e de 2019 MC07 e MC18 (Fig. 7).

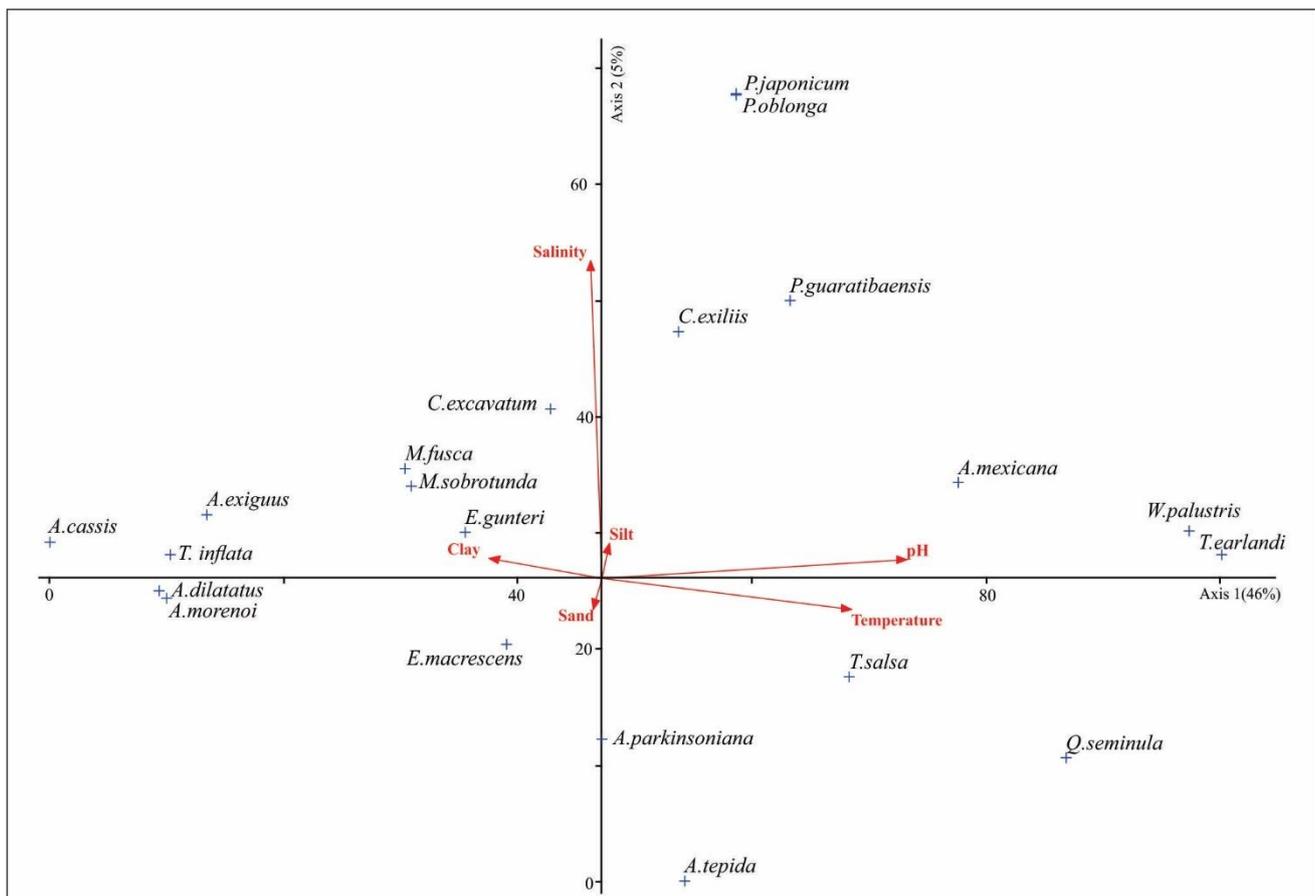


Figura 6. DCA das espécies de foraminíferos e parâmetros ambientais coletados no Sistema Lagunar Maricá-Guarapina nos anos de 2013 e 2019.

A análise de agrupamento do modo R (Fig. 7) foi capaz de reconhecer seis assembleias de foraminíferos com 53% de similaridade. A assembleia A foi constituída principalmente por *A. dilatatus*, *A. morenoi* e *A. Cassisi*; a assembleia B foi constituída principalmente por *A. exiguus* seguido por *M. fusca*, *E. gunteri*, *M. sobrotunda* e *T. inflata*; a assembleia C é constituída principalmente por *A. parkinsoniana* e *T. earlandi* seguida por *C. exillis*, *Entzia macrescens*, *A. mexicana*, *T. salsa*, *Q. seminula*, *W. palustres*; a assembleia D constituída por *C. excavatum* seguida por *P. japonicum* e *P. oblonga*; a assembleia E foi constituída somente por *P. guaratibaensis*; e a assembleia F apenas por *A. tepida*.

Analisando-se conjuntamente o resultado do CA em modo Q e em modo R obteve-se a seguinte associação: o grupo I foi formado pelas espécies: *A. dilatatus* e *A. morenoi* (Assembleia A); o grupo II foi formado por *C. excavatum* (Assembleia D); o grupo III foi formado por *A. parkinsoniana* (Assembleia C); o grupo IV é formado pela espécie *T. earlandi* (Assembleia C); o grupo V foi formado por *P. guaratibaensis* (Assembleia E); e o grupo VI foi formado por *A. tepida* (Assembleia F).

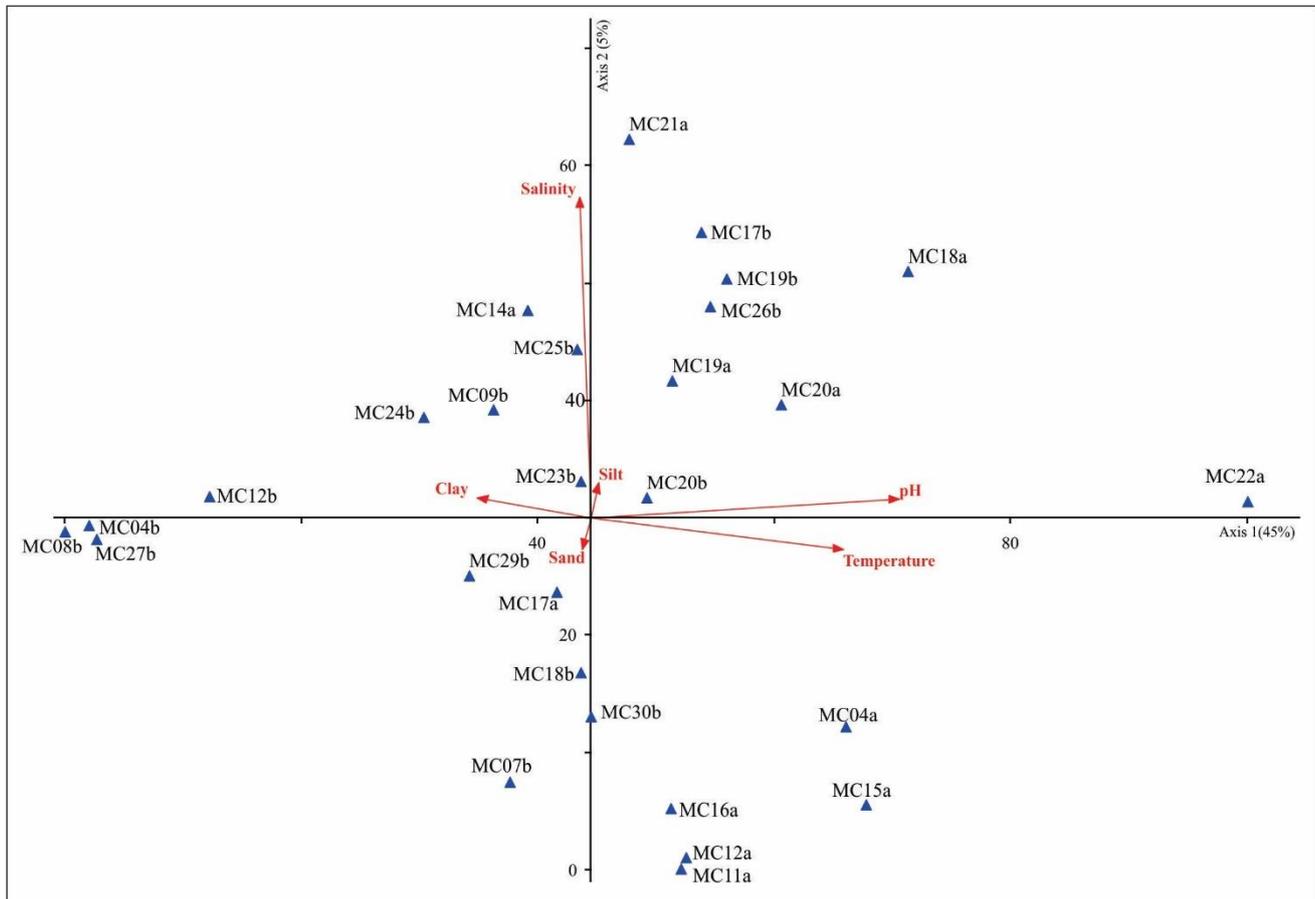


Fig 7. DCA das estações amostrais e parâmetros ambientais coletados no Sistema Lagunar Maricá-Guarapina. nos anos de 2013 (a) e 2019 (b)

4. Discussão

A análise dos parâmetros físico-químicos realizada em 2019 constatou divergências significativas com a amostragem realizada em março de 2013 por Laut et al. (2019). Os parâmetros ambientais analisados indicam um aumento significativo da influência marinha no sistema entre 2013 e 2019. Os valores mais altos de salinidade na proximidade do Canal de Ponta Negra reforçam que este representa a principal conectividade como o mar (Kjerfve & Knoppers, 1999; Guerra et al., 2011). Em amostragens coletadas em 2012, Franco et al. (2019) identificaram variações sazonais em alguns parâmetros do SLMG dentre eles a salinidade que apresentou valores de 34 ‰ no verão (média 20) e 25 ‰ no inverno (média 15). No presente estudo os valores mais altos de salinidade foram no mês do inverno austral e os mais baixos no verão, o que é esperado, pois as maiores médias pluviométricas na

região são entre meses de dezembro e março. A média de precipitação para o mês da amostragem de 2019 foi de 58 mm enquanto que para o mês de março da amostragem de 2013 é estimado um valor de 130 mm (INMet, 2019). Historicamente a lagoa de Maricá se apresenta como um ambiente de água doce com pequenos períodos de intrusão de água salobra (Kjerfve e Knoppers, 1999; Bomfim et al., 2010; Guerra et al, 2011; Laut et al. 2019, 2021). Os menores valores de salinidade foram registrados em estações próximas ao Rio Ubatiba (MC01 e MC02 em 2013 e MC01 e MC29 em 2019) em Maricá em ambos os períodos, indicando a grande influência da descarga de água doce desse rio que parece ter sido reduzida em 2019. Os valores de salinidade mais elevados em 2019 podem ser o resultado também da abertura de canais artificiais da Barra e da desobstrução do canal de Itaipuaçu que contribuíram para o aumento da influência marinha no sistema. A lagoa de Guarapina com salinidade média de 17,2 ‰ em 2013 também sobre uma grande transformação entre os períodos deixando de ser um sistema mesohalino para um sistema polihalino com salinidade média de 25,2 ‰ segundo o sistema de classificação de Veneza (1958).

As médias de temperatura da água mais altas em 2013 também podem ser o resultado da diferença de estações do ano entre as amostragens. De acordo com Franco et al (2019) a temperatura média do SLMG no verão é de aproximadamente 28,1°C e no inverno 23,7°C. O valor máximo de 33,1 °C registrado na estação MC01 localizada na foz do rio Ubatiba em 2013, demonstra que nas áreas assoreadas e ricas em matéria orgânica o sedimento pode atingir valores acima das médias da região (Chapman & Kimstach, 1996). A lagoa do Padre, a mais rasa do sistema segundo Silva & Molisani (2019), registou a maior média de temperatura (30,2 °C) dentre as lagoas nos anos de 2013. Resultados semelhantes foram registrados do Sistema Lagunar de Saquarema localizado a 11 km de SLMG na região mais rasa com formação e depósito de turfa (Belart et al. 2018). Carloni et al. (2010) ao avaliarem as mudanças na qualidade da água geradas pela estabilização da conexão permanente com o mar no Sistema Lagunar de Saquarema identificaram uma menor variabilidade dos valores de temperatura com resultado da homogeneização da influência marinha. No SLMG em 2019, também foi registrada uma menor variação de temperatura que configuraram em uma homogeneização da coluna d'água que pode ser um indicativo do aumento da circulação ao longo de todo o sistema.

Durante o primeiro evento de amostragem, a faixa de pH caracterizou o SLMG como um ambiente alcalino (Laut et al. 2019). Da mesma forma que a temperatura, o valor máximo de pH em 2013 também foi encontrado próximo a foz de Ubatiba e a lagoa com a maior média de pH (9,3) foi a lagoa do Padre. Em 2019, a faixa de pH foi definida por valores mais baixos tendendo a uma maior neutralidade, principalmente na lagoa da Barra, mas ainda com características alcalinas, especialmente na lagoa de Guarapina mostrando sua maior influência marinha. Os valores de pH da amostragem de 2019 se aproxima dos parâmetros estabelecidos pela resolução CONAMA 357 (2005) como ideais para águas salobras (entre 6,5 a 8,5).

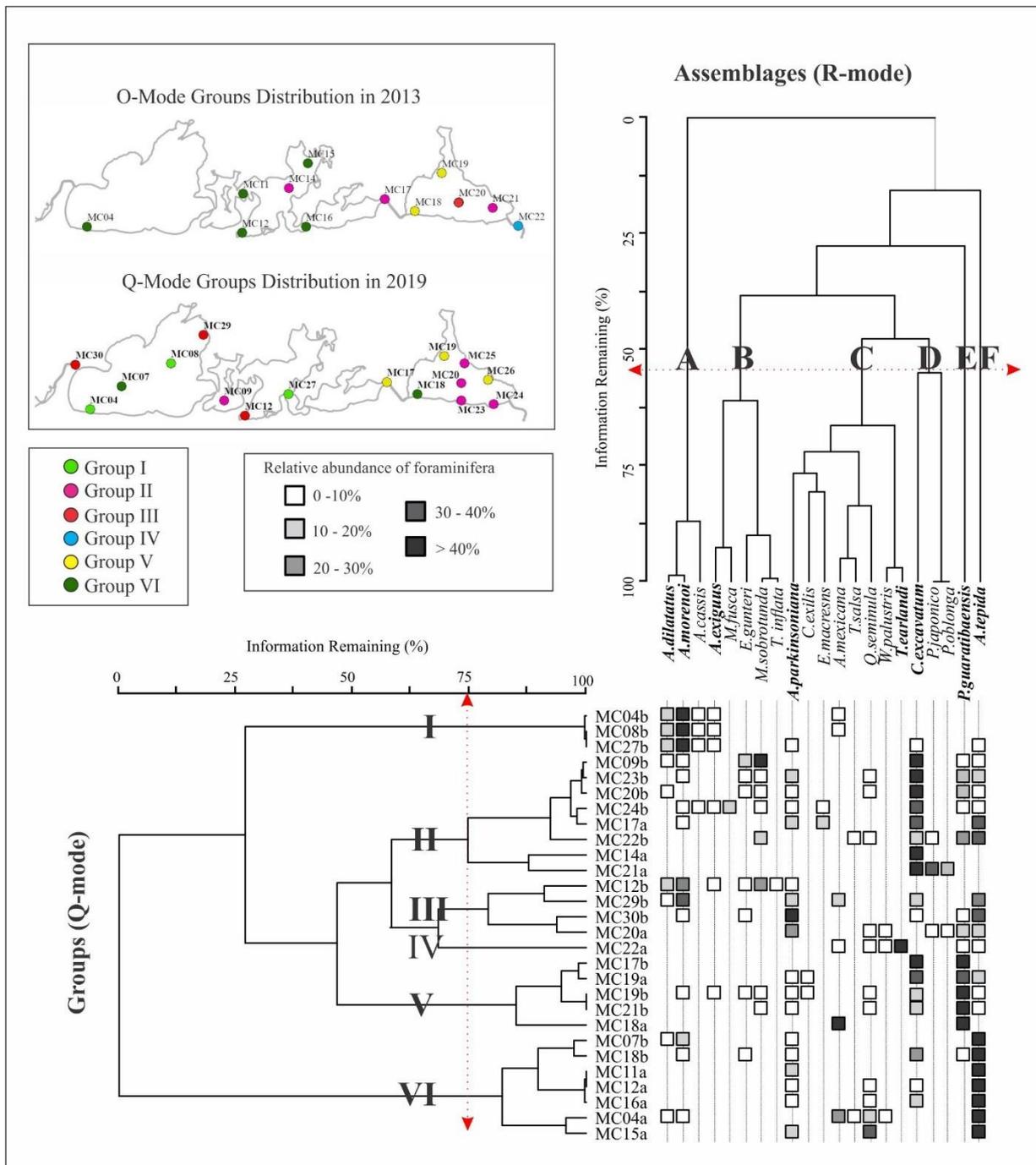


Figura 8. CA em modo Q (do grupo I ao VI) e modo R (assembleia A ao F) das amostras coletadas no Sistema Maricá-Guarapina nos anos de 2013 (a) e 2019 (b).

As análises granulométricas de ambos os períodos mostram a contribuição das areias oriundas da barreira arenosa que separa a lagoa do oceano Atlântico. A predominância do sedimento classificado como areia na margem sul do SLMG resultante da ação eólica no campo de dunas adjacente também foi descrita por Silvestre et al. (2017); Laut et al. (2019, 2021) e Silva et al. (2014b). As areias também são dominantes nas estações próximas ao canal de Ponta Negra demonstrando a maior hidrodinâmica neste setor. As maiores diferenças entre a granulometria dos períodos amostrais estão concentradas nas regiões norte de Maricá e Guarapina, próximas à foz dos rios Ubatiba e Caranguejo, que anteriormente se caracterizavam pela maior concentração de material arenoso, em 2019 foi constituído por frações

mais siltosas e argilosas. A mudança para a sedimentação silto-argilosa pode evidenciar uma alteração drástica na hidrodinâmica do sistema que possivelmente pode ser explicada pela menor contribuição fluvial. Cruz (2010) relata que a hidrodinâmica do SLMG se dá primordialmente pelas enchentes em períodos chuvosos. Knoppers & Moreira (1990) também evidenciaram que a descarga fluvial e as mudanças meteorológicas de curto prazo podem promover a remobilização dos sedimentos de fundo. Portanto, os menores índices de precipitação do período podem ter interferido na dinâmica do sistema e conseqüentemente na diferença na distribuição do tamanho de grão do sedimento entre os dois períodos estudados.

A distribuição das classes granulométricas de Sheppard (1954) evidenciou que havia em 2013 uma distribuição mais homogênea do sedimento em comparação a 2019. Em 2013, o silte se fazia predominante ao longo de todo SLMG exceto nas margens sul e norte da lagoa de Maricá. Teodoro et al (2010) sugere que as frações siltosas podem evidenciar a redução da velocidade das correntes de fundo. Portanto, as regiões mais confinadas tendem a apresentar frações mais finas, como era o caso da região central da lagoa de Maricá, Barra e do canal de Cordeirinho que liga a lagoa do Padre a Guarapina no ano de 2013. Em 2019 pode-se notar um aumento das condições hidrodinâmicas no sistema de uma maneira geral com a predominância do sedimento areno-siltoso. Em contrapartida, na lagoa do Padre pode-se constatar houve uma redução grande nas condições hidrodinâmicas com a predominância do sedimento argilo-siltoso na amostragem de 2019.

Laut et al. (2021) evidenciaram que a amostragem de foraminíferos vivos em março de 2013 era composta por valores de abundância, riqueza e diversidade menores do que em outras lagoas documentadas no sudeste do Brasil (Raposo et al. 2016, 2018; Belart et al. 2019). Neste estudo, o número total de espécies não se alterou significativamente nos dois períodos ($S=17$ em 2013 e $S=19$ em 2019), no entanto o valor de S por estação foi consideravelmente superior em 2019, o que acarretou numa melhora dos índices ecológicos de H' e J' . Os valores de densidade demonstraram um significativo aumento em estações situadas na lagoa de Guarapina que já era a região de maior número de foraminíferos em 2013. Esse resultado corrobora com o entendimento sobre a maior eficácia do Canal de Ponta presente nessa lagoa (Laut et al. 2019), que pode ser melhorado com as últimas dragagens realizadas em 2017.

No sistema lagunar de Saquarema, Belart et al. (2019) avaliaram a influência da sazonalidade na composição das assembleias foraminíferos bentônicos e identificaram uma tendência a maior densidade e riqueza de espécies no verão quando comparado ao inverno. No entanto, este estudo não reproduziu resultados semelhantes, já que na amostragem realizada no inverno de 2019 esses valores foram superiores a amostragem realizada em março de 2013. Isso leva a crer que a sazonalidade não foi o principal fator contribuidor na mudança da composição de foraminíferos, e sim as intervenções nos canais do sistema.

As espécies mais constantes nas lagoas do SLMG em 2013 (*A. tepida*, *A. parkinsoniana*, *C. excavatum* e *Q. seminula*) são calcarias cosmopolitas descritas na literatura como tolerantes a grandes variações abióticas, sendo comumente registradas em ambientes sob estresse natural ou condições

antropogênicas (Clemente et al. 2015; Martins et al. 2015, 2016; Laut et al. 2016; Raposo et al. 2018; Belart et al. 2019). Na análise DCA das espécies do gênero *Ammonia* não possuíram fortes correspondências com nenhum parâmetro analisado enquanto *C. excavatum* pode corresponder a maiores concentrações de sedimento arenoso. Laut et al. (2021) correlacionaram essas espécies a altas concentrações de componentes de matéria orgânica no sedimento relacionadas a condições de baixo confinamento, tendências semelhantes já foram observadas anteriormente em outros estudos (Frontalini et al., 2013; Clemente et al., 2015; Martins et al. 2016, 2020).

Quinqueloculina seminula tem sido associada a fundos arenosos e pH básico/neutro em vários ecossistemas de transição, além de ser dominante em regiões confinadas com alta temperatura da água e concentrações de MO (Eichler et al., 2003; Laut et al., 2014, 2016, 2021; Martins et al. 2015, 2016). No entanto, na análise DCA, *Q. seminula* se relacionou com maiores valores de pH e temperatura. Portanto, a distribuição de *Q. seminula* em 2013 pode estar relacionada a maiores concentrações de areia e altas temperaturas no período além da maior tolerância da espécie que acaba sendo dominante em estações pouco diversificadas nas lagoas de Maricá e Barra. Em 2019, ocorre uma mudança nesse cenário com o aparecimento *A. morenoi*, *A. cassis*, *M. sobrotunda*, *A. dilatatus* e *E. gunteri* que substituem *Q. seminula* e a restringe a lagoa de Guarapina.

A ampla distribuição de *Ammonium morenoim* na amostragem de 2019 pode estar relacionada à capacidade de adaptação desta espécie a mudanças de salinidade, como apontado por Murray (1991) e a tolerância a sedimentos enriquecidos de matéria orgânica degradada de fontes de fontes naturais como manguezais ou antropogênicas (Laut et al., 2016; Raposo et al., 2016; Martins et al., 2020, 2021; Eichler et al. 2021). Belart et al. (2019) também registrou a maior densidade de espécies de foraminíferos aglutinantes no período do inverno no Sistema Lagunar de Saquareama. As espécies *A. cassis*, *A. morenoi*, *A. dilatatus* e *A. exiguus* comumente são associadas a manguezais e as áreas de maior acúmulo de matéria orgânica localizadas em regiões influenciadas pela deposição de sedimentos fluviais (Debenay et al. 2004; Laut et al. 2011, 2012, 2017; Belart et al. 2019; Raposo et al. 2019; Semensatto, 2020). Na análise DCA, essas espécies respondem positivamente a maiores concentrações de sedimento argiloso, junto de outras espécies aglutinantes que também foram marcadas pela maior ou exclusiva ocorrência em 2019. A ocorrência dessas espécies nesse período na lagoa de Guarapina pode indicar maior aporte do mangue localizado entre a lagoa do Padre. Nas lagoas de Maricá e Barra possivelmente a ocorrência destas espécies está associada à descarga de sedimento argiloso transportado pelo Rio Ubatiba.

Areparrella mexicana, *W. palustres*, *T. earlandi* e *T. salsa* também são espécies aglutinantes registradas nos mangues brasileiros. (Brönnimann et al., 1981; Eichler et al., 2007; Laut et al., 2010, 2012; Semensatto, 2020). Belart et al. (2019) associaram essas espécies a áreas de maior acúmulo de MO com influência de água doce que demonstra a grande contribuição fluvial no SLMG.

Laut et al. (2021) considerou *P. guaratibaensis*, *P. japonicum* e *P. oblonga* como bioindicadores da maior influência marinha e maior hidrodinâmica. De fato, a análise DCA demonstrou que essas espécies responderam positivamente a maiores valores de salinidade. Em 2013 a espécie *P.*

guaratibaensis ocorreu somente na lagoa de Guarapina e em 2019 de distribuiu ao longo do sistema até a lagoa de Maricá, o que indica um aumento da hidrodinâmica e da influência marinha na região. As *P. japonicum* e *P. oblonga* presente somente na amostragem de 2013, com baixos valores de abundância são espécies comuns em regiões costeiras adjacentes como a baía de Guanabara (Clemente et al. 2015). Por sem organismos típicos de plataforma interna, normalmente só ocorrem nas lagoas costeiras do Rio de Janeiro durante o período do verão austral sempre na zona de influência do canal de comunicação com o oceano (Raposo et al. 2018; Belart et al. 2019).

O DCA ilustrado na Fig 7, demonstrou que a composição de foraminíferos das estações amostrais em 2013 tiveram pouca correspondência com as variáveis sedimentológicas, apenas respondendo positivamente a maiores valores de temperatura, pH e salinidade com fortes correlações em estações situadas na lagoa de Guarapina, principalmente MC21, MC18, MC22. Em contrapartida, na análise de 2019 estações localizadas nas lagoas de Maricá e Barra responderam positivamente a maiores porcentagens de argila (MC04, MC08, MC12 e MC27).

Os resultados da CA de modo Q e R permitiu reconhecer seis grupos distintos de estações nos dois períodos estudados com base na distribuição e abundância de espécies que demonstram uma grande mudança nas condições marinhas do sistema. O grupo I não foi representado por nenhuma das estações de 2013, correspondendo apenas estações da amostragem de 2019 localizadas nas lagoas de Maricá e Barra, denominadas MC04, MC08 e MC27. Essas estações foram caracterizadas pela maior influência das frações argilosas e marcadas pelas espécies aglutinantes *A. dilatatus* e *A. morenoi* (Assembleia A). O fato deste grupo ser ausente no ano de 2013 indica que houve uma grande mudança na circulação da lagoa de Maricá com uma redistribuição do sedimento trazido pelo canal fluvial. O grupo II composto pela Assembleia D (*C. excavatum*) que indica maiores valores de salinidade no sistema era localizado na região central da lagoa de Guarapina e estende até a lagoa de Maricá em 2019. A dispersão desta assembleia no sistema também é um indicativo de maior influência marinha em 2019. O grupo III é caracterizado por *A. parkinsoniana*, era limitado à estação MC20 na lagoa de Guarapina e em 2019, ele se desloca para regiões mais internas do SLMG, sendo composto por estações próximas aos canais da Barra e de Itaipuaçu (MC12 e MC30), além da estação MC29 próxima do rio Ubatiba. Sugere-se, portanto a influência da maior hidrodinâmica. O grupo IV isolou a estação MC 22 de 2013, localizada no canal de Ponta Negra. Esse grupo se destacou pela ocorrência de espécies como *W. palustris* e *T. earlandi* consideradas como bioindicadoras de sedimento arenoso com matéria orgânica (Laut et al. 2021). O grupo V foi formado por estações concentradas nas lagoas de Guarapina em 2013, e em 2019 também está presente na lagoa do Padre (MC17). As estações desse grupo foram apontadas na análise DCA com forte relação a maiores valores de salinidade e com *P. guaratibaensis*, indicando o transporte de Guarapina para a região mais interna da lagoa em 2019. O grupo VI foi representado por estações com maior abundância de *A. tepida* que era ausente em 2013 somente na lagoa de Guarapina, e ocorre de forma isolada em 2019 na lagoa do Padre e na região central da lagoa de Maricá representando as regiões com maior estresse ambiental no sistema.

5. Conclusão

A abundância e a composição das assembleias variaram ao longo do tempo em resposta tanto das mudanças ambientais quanto da interferência humana por meio dos canais, proporcionando uma melhoria nos índices ecológicos como riqueza e diversidade de espécies. Na primeira amostragem, *A. tepida*, *A. parkinsoniana*, *C. excavatum* e *Q. seminula* foram as espécies mais constantes enquanto que na mais recente a dominância *Q. seminula* é substituída pelo surgimento de novas espécies aglutinantes como *A. morenoi* e *A. cassis*. No primeiro ano, análise DCA demonstrou que os parâmetros físico-químicos exerceram grande influência nas distribuições das espécies de foraminíferos, enquanto que a assembleia identificada na segunda amostragem correspondeu principalmente a maiores valores de salinidade e argila. A CA de modo Q e R identificou 6 diferentes grupos que permitiu reconhecer a influência marinha em todo sistema lagunar, que foi intensificada em 2019 e proporcionou a maior distribuição de espécies como *P. Guaratibaensis* nas regiões mais internas e confinadas do sistema como a lagoa de Maricá. No entanto, observou-se também a prevalência da baixa biodiversidade no sistema como um todo e a dominância de espécies bioindicadoras de ambientes degradados e estressados como as do gênero *Ammonia*. Esses resultados poderiam ser explicados pela permanência da descarga de poluentes que ainda afetam esse ambiente já considerado hipertrófico por esse motivo, demonstrando uma necessidade urgente de cessamento dessas fontes poluidoras. Concomitantemente a isso, o sistema lagunar após essas intervenções pode precisar de um prazo maior para essa recuperação ser ainda mais refletida na composição das assembleias de foraminíferos. O desenvolvimento de mais estudos que permitam compreender os efeitos dos canais artificiais mostra-se muito importante a fim de contribuir com o gerenciamento costeiro mais adequado e eficaz.

Referências bibliográficas

ALVE, E.; A. LEPLAND, J.; MAGNUSSON; K. BACKER-OWE. 2009. Monitoring strategies for re-establishment of ecological reference conditions: possibilities and limitations. *Marine Pollution Bulletin* 59(8–12): 297–310.

BARROSO-VANACÔR, L.; PERRIN, P.; CARMOUZE, J.P. 1994. Lesystème lagunaire de Maricá-Guarapina (Brésil) et ses modifications écologiques récentes d'origine antropique. *Revue d'Hydrobiologie Tropicale* 27(3), 189-197

BELART, P.; CLEMENTE, I.; RAPOSO, D.; HABIB, R.; VOLINO, E.K.; VILLAR, A.; MARTINS, M.V.A.; FONTANA, L.F.; LORINI, M.L.; PANIGAI, G.; FRONTALINI, F.; FIGUEIREDO, M.S.L.; VASCONCELOS, S.C.; LAUT, L. 2018. Living and dead foraminifera as bioindicators in Saquarema Lagoon System, Brazil. *Lat. Am. J Aquatic Res.* 46, 1055–1072. <http://dx.doi.org/10.3856/vol46-issue5-fulltext-18>.

BELART, P.; HABIB, R.; RAPOSO, D.; CLEMENTE, I.; MARTINS, M.V.A.; FRONTALINI, F.; FIGUEIREDO, M.S.L.; LORINI, M.L.; LAUT, L. 2019. Seasonal Dynamics of Benthic Foraminiferal Biocoenosis in the Tropical Saquarema Lagoonal System (Brazil). *Estuaries Coasts* 42, 822–841. <https://doi.org/10.1007/s12237-018-00514-w>. Blott, S.J. and Pye, K. (2001).

GRADISTAT: a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. *Earth Surface Processes and Landforms* 26, 1237-1248

BOLTOVSKOY, E. 1965. *Los Foraminiferos Recientes (biologia, metodos de estudio, aplicación oceanografica)*: EUDEBA, Buenos Aires, 510 pp.

BOLTOVSKOY, E.; GIUSSANI, G.; WATANABE, S.; WRIGHT, R. 1980. *Atlas of benthic shelf foraminifera of the Southwest Atlantic*. Netherlands.

BOMFIM, C. D. S.; VILELA, C. G.; GUEDES, D. C. 2010. Foraminíferos bentônicos em sedimentos de fundo da lagoa de Maricá, Estado do Rio de Janeiro. *Anuário do Instituto de Geociências*, v. 33, n. 1, p. 9–19.

BOUCHET, V. M. P.; ALVE, E.; RYGG, B.; TELFORD, R.J. 2012. Benthic foraminifera provide a promising tool for ecological quality assessment of marine waters. *Ecol. Indic.* 23, 66–75.

BOUCHET, V.M.P; DEBENAY, J.P.; SAURIAU, P.G.; RADFORD-KNOERY, J.; SOLETSCHNIK, P. 2007. Effects of short-term environmental disturbances on living benthic foraminifera during the

Pacific oyster summer mortality in the Marennes–Oleron Bay (France). *Marine Environmental Research* 64: 358–383.

BRÖNNIMANN P., DIAS-BRITO D. & MOURA J.A. 1981. Foraminíferos da Fácies Mangué da planície de maré de Guaratiba, Rio de Janeiro, Brasil. *Anais do II Congresso Latino-Americano de Paleontologia*, 2, 877-891.

BUSS, D.F.; BAPTISTA, D.F.; NESSIMIAN, J.L. 2003. Bases conceituais para aplicação de biomonitoramento em programas de avaliação da qualidade da água de rios. *Cadernos de Saúde Pública*, 19(2), 465–473.

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

CHAPMAN, D. & KIMSTACH, V. 1996. 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*. 2^o Edition. Londres: UNESCO/ WHO/UNEP, p. 60.

CLEMENTE, I.M.M.M., F.S. SILVA, L.L.M. LAUT, F. FRONTALINI, V.L. COSTA, AND R.M.A. CONCEIÇÃO. 2015. Biochemical composition and foraminiferal content of sediments for determining bottom sector environments in Guanabara Bay (Rio de Janeiro, Brazil). *Journal of Coastal Research* 315: 1190–1204.

CRUZ, C. B. M.; JÚNIOR, W. C.; BARROS, R. S.; ARGENTO, M. S. F.; MAYR, L. M. 1996. Impactos ambientais no sistema lagunar de maricá-guarapina. *Anais VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Salvador, Brasil, abril 1996, INPE, p. 137-141, 1996.

DEBENAY, J.P.; GUILLON, J.J; REDOIS, F. & GESLIN, E. 2000. Distribution trends of foraminiferal assemblages in paralic environments. A base for using foraminifera as bioindicators. In: MARTIN, R.E. (ed.) *Environmental Micropaleontology. Topics in Geobiology*, v. 15, Kluwer Academic Publishing/Plenum, New York, p. 39-64.

DEBENAY, J.P.; TSAKIRIDIS, E.; SOULARD, R. & GROSSEL, H. 2001. Factors determining the distribution of foraminiferal assemblages in Port Joinville Harbor (Ile d'Yeu, France): the influence of pollution. *Mar. Micropaleontology*, 43:75-118.

DEBENAY, J.P., B. MILLET, AND M.O. ANGELIDIS. 2005. Relationships between foraminiferal assemblages and hydrodynamics in the gulf of Kalloni, Greece. *Journal of Foraminiferal Research* 35 (4): 327–343.

- DHN. 1954. Diretoria de Hidrografia e Navegação – Divisão de Aerofotogrametria. Fotografias aéreas do trecho entre Búzios e Maricá (RJ) executada em 07/1954, altura do voo de 4,500 m e escala de 1:30.000.
- DIONISIO, L.P.C.; RHEINHEIMER, G.; BORREGO, J.J. 2000. Microbiological Pollution of Ria Formosa (South of Portugal). *Mar. Poll. Bull.*, 40 (2): 186-193.
- ESTEVES, F. D. A. 1988. Fundamentos de Limnologia. *Interface*, n. 2, p. 226.
- EICHLER, P.P.B.; EICHLER, B.B.; MIRANDA, L.B.; PEREIRA, E.R.M.; KFOURI, P.B.P.; PIMENTA, F.M.; BÉRGAMO, A.L. & VILELA, C.G. 2003. Benthic foraminifera response to variations in temperatura, salinity, dissolved oxygen and organic matter, in Guanabara Bay, Rio de Janeiro, Brazil. *Anuário do Instituto de Geociências*, 26: 36-51
- EICHLER, P. B., EICHLER, B. B., MIRANDA, L. B. & RODRIGUES, A. R. 2007. Modern foraminiferal facies in a subtropical estuarine channel, Bertioga, São Paulo, Brazil. *Journal of Foraminiferal Research*, 37, 3, 234-247
- FATELA, F. & R. TABORBA. 2002. Confidence limits of species proportions in microfossil assemblages. *Marine Micropaleontology* 45(2): 169–174.
- FOLK, R.L. 1954. The distinction between grain size and mineral composition in sedimentary-rock nomenclature. *Journal of Geology*, 62, 344-359.
- FRANCO, T. P.; NEVES, L. M.; ARAÚJO, F. G. 2019. Better with more or less salt? The association of fish assemblages in coastal lagoons with different salinity ranges. *Hydrobiologia*, v. 828, n. 1, p. 83-100.
- GUELORGET, O.; PERTHUISOT, J.P., 1983. Le domaine paraliq. *Travaux du laboratoire de geologie* 16. Presses de l'ecole normale superieure, Paris, 136 pp
- GUERRA, L.V.; SAVERGNINI, F., SILVA, F.S.; BERNARDES, M.C.; CRAPEZ, M.A.C. 2011. Biochemical and microbiological tools for the evaluation of environmental quality of a coastal lagoon system in southern Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 71 (2): 461–468.
- HERNÁNDEZ-ARANA, H. A.; AMENEYRO-ANGELES, B. 2011. Benthic biodiversity changes due to the opening of an artificial channel in a tropical coastal lagoon (Mexican Caribbean). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, v. 91, n. 5, p. 969–978.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). 2022. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>. Acessado em Jan 2022
- KJERFVE, B. 1994. Chapter 1 Coastal Lagoons. *Elsevier Oceanography Series*, v. 60, n. C, p. 1–8.

- KNOPPERS, B. A.; MOREIRA, P. 1990. Matéria em suspensão e a sucessão de fitoplâncton na Lagoa de Guarapina-RJ. *Acta Limnologica Brasiliensia*, v. III, p. 291-317.
- KNOPPERS, B., AND B. KJERFVE. 1999. Coastal lagoons of southeastern Brazil: physical and biogeochemical characteristics. In *Estuaries of South America*, ed. G.M.E. Perillo, M.C. Piccolo, and M.P. Quivira, 35–66.
- LANZONI, S.; SEMINARA, G. 2002. Long-term evolution and morphodynamic equilibrium of tidal channels. *Journal of Geophysical Research*, v. 107, n. C1.
- LAUT, L. L. M., FERREIRA, D. E. S., SANTOS, V. F., FIGUEIREDO, A. G. JR., CARVALHO, M. A. & MACHADO, O. F. 2010. Foraminifera, thecamoebians and palynomorphs as hydrodynamic indicators in Araguari Estuary, Amazonian Coast, Amapá State – Brazil. *Anuário do Instituto de Geociências – Universidade Federal do Rio de Janeiro*, 33, 2, 52-65.
- Laut, L.L.M., Laut, V.M., Silva, F.S., Figueiredo Jr, A.G., 2011. Modern Diatom Distributions in Guanabara Bay Sediment and Oceanic Areas, Rio de Janeiro (Brazil). *Anuário do Instituto de Geociências* 34, 72-95.
- LAUT, L. L. M., SILVA, F. S., MARTINS, M. V. A., RODRIGUES, M. A. C., MENDONÇA, J. O., CLEMENTE, I. M. M. M., LAUT, V. M. & MENTZINGEN, L. G. 2012. Foraminíferos do Complexo Sepetiba/Guaratiba. In: RODRIGUES, M. A. C., PEREIRA, S. D. & SANTOS S. B. (eds.), *Baía de Sepetiba - Estado da Arte*. Corbã, Rio de Janeiro, pp. 115-50.
- LAUT, L. L. M.; MARTINS, M. V. A.; FONTANA, L. F.; SILVA, F. S.; MENDONÇA-FILHO, J. G.; CLEMENTE, I. M. M.; FRONTALINI, F.; RAPOSO, D.; BELART, P.; BALLALAI, J. 2016. Ecological status evaluation of Itaipu Lagoon (Niterói) based on biochemical composition of organic matter. *Journal of Sedimentary Environments*, 1 (3): 304–323.
- LAUT, L., CLEMENTE, I., MARTINS, M. V. A., FRONTALINI, F., RAPOSO, D., BELART, P., HABIB, R., FORTES, R. and LORINI, M. L. 2017. Benthic Foraminifera and Thecamoebians of Godineau River Estuary, Gulf of Paria, Trinidad Island. *Anuário do Instituto de Geociências*, 40 (2): 118–143.
- LAUT, L.; MARTINS, M.V.A.; BELART, P.; LORINI, M.L.; CLEMENTE, I.; NOGUEIRA, L.; JULIACE A.; FONTANA, L.F. 2019. Organic compounds as proxies of the sedimentary environmental quality of the Maricá-Guarapina Lagoon System (SE, Brazil). *J. Sediment. Environ.* 4 (2): 159-173.

- LAUT, L.; CLEMENTE, I.; LOUZADA, W. 2021. The influence of organic matter compounds on foraminiferal and ostracode assemblages: A case study from the Maricá-Guarapina Lagoon System (Rio de Janeiro, Brazil). *Micropaleontology*, v. 67, n. 5, p. 447–458.
- LEIPNITZ, I.I.; FERREIRA, F.; LEÃO, C.J.; ARMYNOT DU CHÂTELET, E. & FRONTALINI, F. 2014. Foraminiferal and testate amoeba diversity, distribution and ecology in transitional environments of the Tramandaí Basin (Rio Grande do Sul, South Brazil). *Marine Biodiversity*, 44(3): 415-434.
- MACEDO, S. S. Litoral Urbanização Ambientes e seus Ecosistemas Frágeis. *Paisagem e Ambiente*, 1999. n. 12, p. 151-232. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/paam/article/view/134042>. Acesso em: 26 fev. 2021
- MARTÍNEZ-COLÓN, M., HALLOCK, P., GREEN-RUIZ, C. R. and SMOAK, J. M., 2017. Temporal variability in potentially toxic elements (PTE's) and benthic Foraminifera in an estuarine environment in Puerto Rico. *Micropaleontology*, 63 (6): 357–381.
- MARTINS, V. A., SILVA, F., LAUT, L. M. L., FRONTALINI, F., CLEMENTE, I. M., MIRANDA, P., FIGUEIRA, R., SOUSA, S. H. M. and DIAS, J. M. A., 2015. Response of benthic foraminifera to organic matter quantity and quality and bioavailable concentrations of metals in Aveiro Lagoon (Portugal). *PLoS One*, 10 (2): e0118077
- MARTINS, M. V. A., PINTO, A. F. S., FRONTALINI, F., FONSECA, M. C. M., TERROSO, D. L., LAUT, L. L. M., ZAABOUB, N., RODRIGUES, M. A. C. and ROCHA, F., 2016. Can benthic foraminifera be used as bioindicators of pollution in areas with a wide range of physicochemical variability? *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 182: 211–225.
- MIRANDA, L. B.; CASTRO, B. M; KJERFVE, B. 2002. *Princípios de Oceanografia Física de Estuários*. Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo, p. 441.
- MURRAY, J. W. 1991. *Ecology and paleoecology of benthic foraminifera*. London: Routledge
- MURRAY, J.W. 2006. *Resumo das distribuições vivas. Ecologia e Aplicações de Benthic Foraminifera*. Cambridge: Cambridge University Press. 238–264
- PE´REZ-RUZAF A.; MARCOS-DIEGO, C.; ROS, J.D. 1991. Environmental changes related to recent human activities in the Mar Menor (SE of Spain). *Marine Pollution Bulletin* 23, 747–751
- PINHEIRO, A. B. 2015. *Variações topográficas sazonais e a estabilidade da praia na APA de Maricá (RJ) entre 2008 e 2015*. 2015. 62 f. Monografia (Licenciatura em Geografia) – Departamento de Geografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Formação de Professores, São Gonçalo, Rio de Janeiro.

- PREFEITURA DE MARICÁ. Canal de Ponta Negra recebe dragagem. Disponível em <<https://www.marica.rj.gov.br/2018/10/02/canal-de-ponta-negra-recebe-dragagem/>> Acessado em 30 de junho de 2021.
- PREFEITURA DE MARICÁ. Prefeitura intensifica dragagem de rios e canais. Disponível em: <https://www.marica.rj.gov.br/2017/03/09/prefeitura-intensifica-dragagem-de-rios-e-canais/>. Acessado em: 30 de Jun de 2021
- PREFEITURA DE MARICÁ. Prefeito visita obra em Itaipuaçu e acompanha dragagem do Canal da Cidade. Disponível em: <https://www.marica.rj.gov.br/2017/01/13/prefeito-visita-obra-em-itaipuacu-e-acompanha-dragagem-do-canal-da-cidade/>. Acessado em: 10 de jun. de 2021.
- PREFEITURA DE MARICÁ. Abertura do canal da Barra de Maricá já mostra seus resultados. Disponível em: <https://www.marica.rj.gov.br/2019/02/04/abertura-do-canal-da-barra-de-marica-ja-mostra-seus-resultados/>. Acessado em: 03 de ago. de 2020
- PREFEITURA DE MARICÁ. Canal da Barra de Maricá é fechado de forma natural. Disponível em: <https://www.marica.rj.gov.br/2019/02/07/canal-da-barra-de-marica-e-fechado-de-forma-natural/>. Acessado em: 03 de ago. de 2020
- RAPOSO, D.; V. LAUT; I. CLEMENTE; M.V.A. MARTINS; F. FRONTALINI; F. SILVA; M.L. LORINI; R. FORTES; L. LAUT. 2016. Recent benthic foraminifera from the Itaipu Lagoon, Rio de Janeiro (southeastern Brazil). Check List 12
- RAPOSO, D.; CLEMENTE, I.; FIGUEIREDO, M.; VILAR, A.; LORINI, M.L.; FRONTALINI, F.; MARTINS, M.V.A.; BELART, P.; FONTANA, L.; HABIB, R.; LAUT, L. 2018. Benthic foraminiferal and organic matter compounds as proxies of environmental quality in a tropical coastal lagoon: the Itaipu lagoon (Brazil). Marine Pollution Bulletin 129: 114–125
- RODRIGUES, B.C.B.; DA SILVA, A.L.C; RANGEL, C.M.A.; SILVESTRE, C.P. 2015. Identificação dos principais problemas ambientais no sistema lagunar de maricá no estado do Rio de Janeiro. Universidade Estadual do Rio de Janeiro - FFP / UERJ / PPGGeografia 3 Universidade Federal Fluminense – UFF / IEAR 4 Universidade Federal Fluminense.
- SANTIAGO, N. DE L. 2008. A Vulnerabilidade de Assoreamento do Canal da Costa de Itaipuaçu na Porção Oeste do Sistema Lagunar de Maricá (RJ). p. 1–11.
- SANTOS, M. C. DOS. 1970. Contribuição à gestão das Lagoas Costeiras: conhecimento tradicional, técnico e científico associado ao manejo dos recursos naturais da Lagoa de Carapebus, Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba – RJ. Revista Vértices, v. 11, n. 1, p. 143–145.

- SCHÖNFELD, J., ALVE, E., GESLIN, E., JORISSEN, F., KORSUN, S., SPEZZAFERRI, S., ET AL. 2012. The FOBIMO (FOraminiferal BIo-MONitoring) initiative—Towards a standardised protocol for soft-bottom benthic foraminiferal monitoring studies. *Marine Micropaleontology*, 94–95, 1–13
- SEMENSATTO, D. 2020. A key to the identification of agglutinant and monothalamous foraminifera from Brazilian mangroves *Ocean and Coastal Research* 2020, v68:e20297
- SFRISO A.; FACCA C.; GHETTI P.F. 2003. Temporal and spatial changes of macroalgae and phytoplankton in a Mediterranean coastal area: the Venice lagoon as a case study. *Marine Environmental Research* 56, 617–636.
- SHEPARD, F.P. 1954. Nomenclature Based on Sand-Silt-Clay Ratios. *Journal of Sedimentary Petrology*, 24, 151-158.
- SCHÖNFELD, J., ALVE, E., GESLIN, E., JORISSEN, F., KORSUN, S., & SPEZZAFERRI, S. 2012. The FOBIMO (FOraminiferal BIo-MONitoring) initiative—Towards a standardised protocol for soft-bottom benthic foraminiferal monitoring studies. *Marine Micropaleontology*, 94-95, 1–13.
- SILVA, A. L. C., SILVA, M. A. M., SANTOS, C. L. RIBEIRO, G. B., SANTOS, R. A.; VASCONCELOS, S. C. 2008. Retrogradação da Barreira Arenosa e Formação de Leques de Arrombamento na Praia de Itaipuaçu (Oeste de Maricá, RJ). *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v.9, n. 2, p. 75-82.
- SILVA, A. L. C.; SILVA, M. A. M.; GAMBOA, L. A. P.; RODRIGUES, A. R. 2014a. 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.
- SILVA, A.L.C.; SILVA, M.A.M. 2014b. Caracterização geomorfológica e sedimentar da planície costeira central de Maricá (Rio de Janeiro). In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 8, 2010. Recife, Anais..., Recife, UGB, v. 1, p. 1-15.
- SILVA, L. B. C.; MOLISANI, M. M. 2019. Revisão histórica sobre o estado trófico de lagoas costeiras do estado do Rio de Janeiro. Campos dos Goytacazes, RJ: Essentia, 105 p
- SILVESTRE, C. P.; DA SILVA, A.L.C.; DA SILVA, M.A.M.; BAPTISTA NETO, J.A.; VASCONCELOS, S.C. 2017. Geomorfologia, sedimentação e processos atuantes na lagoa de maricá, rio de janeiro. *Rev. Bras. Geomorfol. (Online)*, São Paulo, v.18, n.2, (Abr-Jun) p.237-256.
- SOUZA, L. G. R.; MIRANDA, A. C.; MEDEIROS, H. B. 2013. O sistema lagunar de maricá: um estudo de impacto ambiental. IX Fórum Ambiental da Alta Paulista, v. 9, n. 2. p. 153-165.

SOUZA, V.M.; LAUT, L.L.M.; SILVA, F.S.; FIGUEIREDO JR., A.G.; VITAL, H. & FRAZÃO, E. 2010. Benthic foraminifera and bacterial activity as a Proxy for environmental characterization on Potengi Estuary, Rio Grande do Norte, Brazil. *Anuário do Instituto de Geociências*, 33(1): 20-34.

SUZUKI, M.S.; FIGUEIREDO, R.O.; CASTRO, S.C.; SILVA, C.F.; PEREIRA, E.A.; SILVA, J.A.; ARAGÃO, G.T. 2002. Sand bar opening in a coastal Lagoon (Iquipari) in the northern region of Rio de Janeiro state: Hydrological and hydrochemical changes *Brazilian journal of biology* 62(1):51-62

TODD, R. & BRÖNNIMANN, P. 1957. Recent Foraminifera and thecamoebian from the Eastern Gulf of Paria: Cushman Foundation for Foraminifera Research, Special Publication, 3: 1–43.

TOLEDO, L. M.; WALL, F.C.M.; OBRACZKA, M.; SALOMÃO, A.L.S. 2021 Panorama do Sistema Lagunar de Maricá - Rj: Indicadores de Saneamento Vs. Qualidade de água. *Revista Internacional de Ciências*, v. 11, n. 1, p. 6-24.

YOUNG G.C. & POTTER I.C. 2003. Influence of an artificial entrance channel on the ichthyofauna of a large estuary. *Marine Biology* 142, 1181–1194