

UNIVERSIDADE SANTA CECÍLIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AUDITORIA AMBIENTAL

DEBORAH RIBOLLI FERRAZ

**Avaliação da aplicabilidade de alguns descritores ambientais
para monitoramento de manguezais subtropicais no sudeste
do Brasil.**

SANTOS

2023

DEBORAH RIBOLLI FERRAZ

**Avaliação da aplicabilidade de alguns descritores ambientais
para monitoramento de manguezais subtropicais no sudeste
do Brasil.**

Relatório Técnico apresentado a Universidade Santa Cecília como parte dos requisitos para obtenção de título de Mestre em Auditoria Ambiental, sob a orientação do Prof. Dr. Roberto Pereira Borges e coorientação dos Prof. Dr. João Alberto Paschoa dos Santos e da Profa. Dra. Luciana Lopes Guimarães.

SANTOS

2023

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus avós, Maria do Carmo, Rubens, Oscarina e Maria Otília, que sempre me abrilhantaram com seus olhares amorosos. E aos meus pais Henrique e Margarete, que me permitiram chegar até aqui com todo o apoio.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Dr. Roberto Pereira Borges, pelo incentivo desde a entrevista de ingresso. Por toda a disponibilidade, atenção, apoio e confiança. Por ter acreditado neste projeto desde o início e me ajudado a todo momento a concretizá-lo. Por ter me auxiliado mesmo nas intercorrências, e por ter encontrado soluções sempre que necessário.

Agradeço também aos meus coorientadores, Profa. Dra. Luciana Lopes Guimarães pelo apoio para a realização das atividades de laboratório, pelas orientações, disponibilização da infraestrutura e por ter incentivado minha jornada acadêmica desde a graduação; e ao Prof. Dr. João Alberto Paschoa dos Santos, pelo incentivo desde o início, mesmo antes de estar matriculada, por ter sido um grande entusiasta desde projeto, pela dedicação, atenção e orientação ativa a todo momento, por ter disponibilizado toda a infraestrutura necessária para que as coletas e análises fossem realizadas. Aos três, o meu mais sincero muito obrigada!

Não posso deixar de agradecer aos professores Dra. Cláudia Lamparelli, Dr. Fabio Giordano, Dra. Fernanda Moschetto e Dr. João Marcos Miragaia Schmiegelow por terem composto minhas bancas de qualificação e apresentação final de dissertação e pelas riquíssimas contribuições para aprimoramento, enriquecimento e crescimento deste trabalho. Aprendi muito com vocês!

Ao Eduardo, Gestor do Parque Estadual da Restinga de Bertiooga, e à Marília, Gestora da Área de Proteção Ambiental Marinha – Litoral Centro, por terem autorizado a realização das coletas, e pela disponibilidade de contato sempre que necessário. A todo o pessoal do Instituto de Pesquisas Ambientais do Estado de São Paulo, núcleo de Cadastro e Gestão de Pesquisa, em especial à Silvana, Aínda e Priscila. E ao Dr. Denilson Peralta, Diretor do Núcleo de Coleções Biológicas, Geológicas e Paleontológicas do Instituto de Pesquisas Ambientais pela atenção para o depósito das exsiccatas.

Ao Sandro e à Fernanda do Laboratório Central de Biologia, à Katia do Laboratório de Química, à Zélia e ao Prof. Paulo Sampaio do Herbário (HUSCS) e suas respectivas equipes pelo apoio e disponibilidade, com as salas, frascaria, soluções, preparações das exsiccatas e materiais de apoio.

Ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Auditoria Ambiental (PPGAUDB), pela imensa troca de informações, pelos ensinamentos e por toda a disponibilidade de sempre. Às secretarias Sandra e Imaculada por toda a ajuda e o carinho

durante essa jornada. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Aos meus mais que colegas de mestrado, verdadeiros amigos da vida, Camila, Thiago (Shake) e Vinícius (Estrella) pelos momentos compartilhados, pela ajuda e socorro prestados, e por terem sido tão presentes e pacientes. O caminho foi muito mais fácil tendo vocês ao lado!

Aos meus amigos que estiveram presentes e me apoiaram nas coletas e no laboratório, Jamaico, Victoria, Letícia e Julia. Nunca agradecerei o suficiente por todo o tempo, disposição e apoio me dados. Vocês são incríveis!

Aos colegas que fiz durante o mestrado, pelos trabalhos realizados em grupo, pelas noites de sexta-feira, e sábados compartilhados, por toda a troca de conteúdos e visões. Foi muito rico!

Aos amigos e familiares que entenderam e respeitaram minha ausência e a distância; mas que, acima de tudo, me apoiaram e incentivaram a todo instante. Sem essa base não seria possível.

E, especialmente, aos meus pais Henrique e Margarete, por todo o incentivo e investimento em mim desde sempre. Por terem me proporcionado e permitido estar exatamente onde eu queria estar, e com a certeza de nunca estar sozinha. Por terem acreditado que eu seria capaz mesmo quando eu duvidava. Por terem me enchido de amor, me suportado e aguentado em todos os momentos de crise. Obrigada por serem o pilar mais sólido da minha história. Eu amo vocês!

RESUMO

Embora seja conhecida a importância dos manguezais e os impactos que esses ecossistemas têm sofrido nos últimos anos em decorrência de ações antrópicas, ainda não há um protocolo de monitoramento que relacione parâmetros abióticos e bióticos para o estudo e acompanhamento desses ambientes. Desta forma, considerando as diferentes intensidades de exposição às atividades antrópicas sofridas pelo manguezal do rio Itapanhaú, e seu grau de conservação dentro do perímetro do Parque Estadual Restinga de Bertiooga, teve como objetivo desenvolver um estudo relacionando variáveis físico-químicas da água, granulometria e matéria orgânica do sedimento, assim como variáveis biológicas (aspectos morfológicos e biométrico das folhas) e análises de processamento remoto (Índice De Vegetação Por Diferença Normalizada) nesse ambiente. Analisar as relações entre as variáveis, e dessas com os níveis de antropização no local. Por fim, entender se essas variáveis podem ser consideradas indicadores para o monitoramento de ecossistemas de manguezal. Para a realização do estudo foram coletadas amostras em cinco transecções dispostas perpendicularmente à margem esquerda do rio. As amostras de água foram coletadas em três momentos diferentes durante a preamar da maré. Foram realizadas duas campanhas amostrais (fevereiro e agosto de 2022). As amostras de todos os substratos foram coletadas no mesmo dia. As análises de água indicaram influência da maré sobre a interação e concentração dos descritores estudados. As maiores variações entre os parâmetros do estudo foram obtidas em T05, a transecção visualmente mais exposta à atividade antrópica e mais à jusante no corpo hídrico. Para a análise granulométrica foi observado que os sedimentos são compostos principalmente por areia fina, o teor de matéria orgânica variou de $13,58 \pm 6,6\%$ a $53,09 \pm 4,22\%$. O NDVI variou entre $0,46 \pm 0,13$ e $0,83 \pm 0,02$, com os maiores valores obtidos no T01, transecção mais à montante do estudo. A análise foliar foi efetuada considerando as três espécies de mangue *Avicennia schaueriana*, *Laguncularia racemosa* e *Rhizophora mangle* para as cinco estações de coleta. Em geral, foi observada maior ocorrência de para todos os caracteres morfológicos no período seco para as três espécies. Com a análise da morfologia foliar, foram obtidos os maiores resultados de clorose para *L. racemosa* e *R. mangle* em T01, tanto herbivoria (T03), como anomalias (T01) e necrose (T01 e T04) apresentaram maior ocorrência foi para *L. racemosa*. Para a análise biométrica, em geral, os maiores valores de área e teor de umidade para a três espécies também foram obtidos no período seco. Tanto a Correlação de Spearman como a Análise de Componentes Principais indicaram em geral (para as três espécies) fortes relações entre as características foliares e descritores

ambientais relacionados à textura do sedimento (as três classes encontradas (areia fina, média, silte e argila)), e da qualidade da água (temperatura, potencial de oxirredução e concentrações de nitrato e agentes surfactantes, principalmente). Não foi possível estabelecer um claro gradiente antrópico para a região estudada, contudo, os resultados aqui obtidos indicaram a existência de relações entre os descritores bióticos e abióticos estudados. Assim sendo, aponta-se para importância de se relacionar essas variáveis para análise e entendimento dos bosques de manguezal. Ainda se faz necessária a ampliação do esforço amostral, principalmente na região estudada, e também considerar outros manguezais com diferentes características para o entendimento e verificação dessas respostas e interações. Para que dessa forma seja possível relacioná-las diretamente a fatores antrópicos e, então propor um protocolo de monitoramento universal, que considere as particularidades dos diferentes tipos de manguezal.

Palavras-Chave: Bioindicadores. Qualidade Ambiental. Água. Sedimento. Folhas. NDVI. Manguezal.

ABSTRACT

Although the importance of mangroves and the impacts that these ecosystems have suffered in recent years as a result of human actions is known, there is still no monitoring protocol that relates abiotic and biotic parameters for the study and monitoring of these environments. By this way, considering the different intensities of exposure suffered by the Itapanhaú River mangrove and its degree of conservation within the perimeter of the Parque Estadual da Restinga de Bertiooga, the objective was to develop a study relating physical-chemical variables of water, granulometry and organic matter of the sediment, as well as biological variables (morphological and biometric aspects of the leaves) and remote processing analyzes (Normalized Difference Vegetation Index) in this environment. Also analyze the relationship of all these variables with each other, and with the region's levels of anthropization. Finally, understand which of these variable must be considered mangrove management indicators. For the study samples were collected in five transects located at river's left margin. There were executed two sampling campaigns (February and August 2022). Substrate samples for each transect were collected on the same day. Water samples were collected at three different times during high tide, and then indicated the influence of the tide on the interaction and concentration of the studied descriptors. The greatest variations between study parameters were obtained in T05, the transect visually most exposed to anthropogenic activity and further downstream in the water body. For the granulometric analysis, it was observed that the sediments are mainly composed of fine sand, the organic matter content varied from $13.58 \pm 6.6\%$ to $53.09 \pm 4.22\%$. The NDVI varied between 0.46 ± 0.13 and 0.83 ± 0.02 , the highest values were obtained in T01, the most upstream transect of the study. Leaf analysis was carried out considering the three mangrove species *Avicennia schaueriana*, *Laguncularia racemosa*, and *Rhizophora mangle* for the five transects. In general, a higher occurrence of all morphological characters were observed in the dry period for the three species. Leaf morphology analysis got the highest chlorosis results for *L. racemosa* and *R. mangle* in T01, both herbivory (T03), anomalies (T01), and necrosis (T01 and T04) showed greater occurrence for *L. racemosa*. For biometric analysis, in general, the highest values of area and moisture content for the three species were also obtained in the dry season. Both Spearman's Correlation and Principal Component Analysis generally indicated (for the three species) strong relationships between leaf characteristics and environmental descriptors related to sediment texture (the three classes found (fine, medium sand, and silt and clay)), and water quality (temperature, redox potential, and concentrations of nitrate and surfactant agents, mainly). It was not possible to

establish a clear anthropic gradient for the studied region, however, the results obtained here indicated the existence of relationships between the biotic and abiotic descriptors studied. Therefore, the importance of relating these variables to the analysis and understanding of mangrove forests is highlighted. It is still necessary to expand the sampling effort, especially in the region studied, and also consider other mangroves with different characteristics to understand and verify these responses and interactions. So that it is possible to directly relate them to anthropic factors and then propose a universal monitoring protocol, which considers the particularities of the different types of mangroves.

Passwords: Bioindicators. Environmental Quality. Fresh water. Sediments. Leaf characteristics. NDVI. Mangrove.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa indicativo do município de Bertioga (destacado em verde escuro), situado na Região Metropolitana da Baixada Santista (RMBS), litoral central do Estado de São Paulo. Fonte: Elaborado pelo autor.	27
Figura 2: Localização do Rio Itapanhaú no Sistema Estuarino de Santos. Fonte: Adaptado de ROVERSI, ROSMAN e HARARI, 2016.	28
Figura 3: Mapa indicativo dos limites do Parque Estadual Restinga de Bertioga, no Município de Bertioga, apenas a região onde estão inclusos os pontos amostrais do estudo. Fonte: Elaborado pelo autor.	29
Figura 4: Ilustração da disposição das transecções, onde foi realizado o estudo. Fonte: Elaborado pelo autor.	31
Figura 5: Ilustração da disposição dos pontos, onde foram realizadas as amostragens de água na calha do Rio Itapanhaú. Fonte: Elaborado pelo autor.	32
Figura 6: Ilustração das Transecções de amostragem dispostas ainda dentro dos limites do Parque Estadual Restinga de Bertioga. Fonte: Elaborado pelo autor.	33
Figura 7: Localização das transecções de amostragem dispostas à jusante dos limites do Parque Estadual Restinga de Bertioga. Fonte: Elaborado pelo autor.	34
Figura 8: Ilustração das atividades antrópicas ocorrentes ao longo do Rio Itapanhaú em Bertioga-SP, na região de estudo. Onde: A – Descarte de Efluente de ETE Bertioga 2 (T02); B – Ocupação às margens do rio (T03) ; C - Ponte a Rodovia SP-055 (T04) ; D – Linha Férrea (T03); E – Construções sobre o manguezal (T04). Fonte: Elaborado pelo autor.	34
Figura 9: Ilustração das atividades antrópicas ocorrentes ao longo do Rio Itapanhaú em Bertioga-SP, na região de estudo. Onde: F – Entulho acumulado à margem do rio (T05); G – Pesca (T04) ; H – Clareira erosiva (T02); I – Focos de óleo e espuma (T05). Fonte: Elaborado pelo autor.	35
Figura 10: Dados de precipitação para Bertioga – SP na região do bairro Jardim Lido posto de coleta 350635902A do SIBH-DAEE para o mês de fevereiro de 2022 em mm de precipitação por dia. Fonte: SIBH-DAEE, 2023.	48
Figura 11: Dados de precipitação para Bertioga – SP na região do bairro Jardim Lido posto de coleta 350635902A do SIBH-DAEE para o mês de agosto de 2022 em mm de precipitação por dia. Fonte: SIBH-DAEE, 2023.	48
Figura 12: Curva da maré da região de Bertioga – SP durante a amostragem do período chuvoso em 13 de fevereiro de 2022. Onde o losango marca a amostragem no ponto controle e os pontos em azul marcam a altura da maré no momento de amostragem de cada transecção. Fonte: Tábua de Marés, 2023.	49
Figura 13: Curva da maré da região de Bertioga – SP durante a amostragem do período seco em 27 de agosto de 2022. Onde o losango marca a amostragem no ponto controle e os pontos em vermelho marcam a altura da maré no momento de amostragem de cada transecção. Fonte: Tábua de Marés, 2023.	49
Figura 14: Resultados obtidos para temperatura (°C) no período seco e chuvoso para as quatro transecções (T01, T02, T05 e controle), sendo que para as três primeiras os dados foram obtidos em três momentos de maré (baixa-mar, enchente e preamar) na calha do rio Itapanhaú. As barras de variação representam o intervalo de confiança com $p=0,05$	50
Figura 15: Resultados obtidos para o pH no período seco e chuvoso para as quatro transecções (T01, T02, T05 e controle), sendo que para as três primeiras os dados foram obtidos em três momentos de maré (baixa-mar, enchente e preamar) na calha do rio Itapanhaú. Onde as barras de variação representam o intervalo de confiança com $p=0,05$	52
Figura 16: Resultados do teste <i>post hoc</i> de Comparações Múltiplas de Dunn para os valores de pH obtidos nas quatro transecções (T01, T02, T05 e controle), sendo que para as três primeiras os dados foram obtidos em três momentos de maré (baixa-mar (B), enchente (E) e preamar (P)) na calha do rio Itapanhaú no período seco (S) e chuvoso (C). Destacado em vermelho estão os valores de $p \leq 0,05$, e em amarelo as comparações entre transecções compatíveis, momentos de maré, ou um mesmo ponto em períodos diferentes.	52
Figura 17: Resultados obtidos para a condutividade eletrolítica (mS/cm) no período seco e chuvoso para as quatro transecções (T01, T02, T05 e controle), sendo que para as três primeiras os dados foram obtidos em três momentos de maré (baixa-mar, enchente e preamar) na calha do rio Itapanhaú. Onde as barras de variação representam o intervalo de confiança com $p=0,05$	53
Figura 18: Resultados do teste <i>post hoc</i> de Comparações Múltiplas de Dunn para os valores de condutividade eletrolítica obtidos nas quatro transecções (T01, T02, T05 e controle), sendo que para as três primeiras os dados foram obtidos em três momentos de maré (baixa-mar (B), enchente (E) e preamar (P)) na calha do rio Itapanhaú no período seco (S) e chuvoso (C). Destacado em vermelho estão os valores de $p \leq 0,05$, e em amarelo as comparações entre transecções compatíveis, momentos de maré, ou um mesmo ponto em períodos diferentes.	54

Figura 19: Resultados obtidos para a salinidade (ppt) no período seco e chuvoso para as quatro transecções (T01, T02, T05 e controle), sendo que para as três primeiras os dados foram obtidos em três momentos de maré (baixa-mar, enchente e preamar) na calha do rio Itapanhaú. Onde as barras de variação representam o intervalo de confiança com $p=0,05$.	55
Figura 20: Resultados do teste <i>post hoc</i> de Comparações Múltiplas de Dunn para os valores de salinidade obtidos nas quatro transecções (T01, T02, T05 e controle), sendo que para as três primeiras os dados foram obtidos em três momentos de maré (baixa-mar (B), enchente (E) e preamar (P)) na calha do rio Itapanhaú no período seco (S) e chuvoso (C). Destacado em vermelho estão os valores de $p\leq 0,05$, e em amarelo as comparações entre transecções compatíveis, momentos de maré, ou um mesmo ponto em períodos diferentes.	55
Figura 21: Resultados obtidos para o total de sólidos dissolvidos (g/L) no período seco e chuvoso para as quatro transecções (T01, T02, T05 e controle), sendo que para as três primeiras os dados foram obtidos em três momentos de maré (baixa-mar, enchente e preamar) na calha do rio Itapanhaú. Onde as barras de variação representam o intervalo de confiança com $p=0,05$.	56
Figura 22: Resultados do teste <i>post hoc</i> de Comparações Múltiplas de Dunn para os valores de sólidos totais dissolvidos obtidos nas quatro transecções (T01, T02, T05 e controle), sendo que para as três primeiras os dados foram obtidos em três momentos de maré (baixa-mar (B), enchente (E) e preamar (P)) na calha do rio Itapanhaú no período seco (S) e chuvoso (C). Destacado em vermelho estão os valores de $p\leq 0,05$, e em amarelo as comparações entre transecções compatíveis, momentos de maré, ou um mesmo ponto em períodos diferentes.	57
Figura 23: Resultados obtidos para o oxigênio dissolvido (mg/L) no período seco e chuvoso para as quatro transecções (T01, T02, T05 e controle), sendo que para as três primeiras os dados foram obtidos em três momentos de maré (baixa-mar, enchente e preamar) na calha do rio Itapanhaú. Onde as barras de variação representam o intervalo de confiança com $p=0,05$.	58
Figura 24: Resultados do teste <i>post hoc</i> de Comparações Múltiplas de Dunn para os valores de oxigênio dissolvido obtidos nas quatro transecções (T01, T02, T05 e controle), sendo que para as três primeiras os dados foram obtidos em três momentos de maré (baixa-mar (B), enchente (E) e preamar (P)) na calha do rio Itapanhaú no período seco (S) e chuvoso (C). Destacado em vermelho estão os valores de $p\leq 0,05$, e em amarelo as comparações entre transecções compatíveis, momentos de maré, ou um mesmo ponto em períodos diferentes.	58
Figura 25: Resultados de potencial de oxirredução (mV) no período seco e chuvoso para as quatro transecções (T01, T02, T05 e controle), sendo que para as três primeiras os dados foram obtidos em três momentos de maré (baixa-mar, enchente e preamar) na calha do rio Itapanhaú. Onde as barras de variação representam o intervalo de confiança com $p=0,05$.	59
Figura 26: Resultados do teste <i>post hoc</i> de Tukey para os valores de ORP obtidos nas quatro transecções (T01, T02, T05 e controle), sendo que para as três primeiras os dados foram obtidos em três momentos de maré (baixa-mar (B), enchente (E) e preamar (P)) na calha do rio Itapanhaú no período seco (S) e chuvoso (C). Destacado em vermelho estão os valores de $p\leq 0,05$, e em amarelo as comparações entre transecções compatíveis, momentos de maré, ou um mesmo ponto em períodos diferentes.	60
Figura 27: Resultados obtidos para turbidez (NTU) no período seco e chuvoso para as quatro transecções (T01, T02, T05 e controle), sendo que para as três primeiras os dados foram obtidos em três momentos de maré (baixa-mar, enchente e preamar) na calha do rio Itapanhaú. Onde as barras de variação representam o intervalo de confiança com $p=0,05$.	61
Figura 28: Resultados do teste <i>post hoc</i> de Comparações Múltiplas de Dunn para os valores de turbidez obtidos nas quatro transecções (T01, T02, T05 e controle), sendo que para as três primeiras os dados foram obtidos em três momentos de maré (baixa-mar (B), enchente (E) e preamar (P)) na calha do rio Itapanhaú no período seco (S) e chuvoso (C). Destacado em vermelho estão os valores de $p\leq 0,05$, e em amarelo as comparações entre transecções compatíveis, momentos de maré, ou um mesmo ponto em períodos diferentes.	61
Figura 29: Resultados obtidos para nitrato (NO_3) (mg/L) no período seco e chuvoso para as quatro transecções (T01, T02, T05 e controle), sendo que para as três primeiras os dados foram obtidos em três momentos de maré (baixa-mar, enchente e preamar) na calha do rio Itapanhaú. Onde as barras de variação representam o intervalo de confiança com $p=0,05$.	62
Figura 30: Resultados do teste <i>post hoc</i> de Comparações Múltiplas de Dunn para as concentrações de nitrato obtidos nas quatro transecções (T01, T02, T05 e controle), sendo que para as três primeiras os dados foram obtidos em três momentos de maré (baixa-mar (B), enchente (E) e preamar (P)) na calha do Rio itapanhaú no período seco (S) e chuvoso (C). Destacado em vermelho estão os valores de $p\leq 0,05$, e em amarelo as comparações entre transecções compatíveis, momentos de maré, ou um mesmo ponto em períodos diferentes.	63

Figura 31: Resultados obtidos para nitrito (NO ₂) (mg/L) no período seco e chuvoso para as quatro transecções (T01, T02, T05 e controle), sendo que para as três primeiras os dados foram obtidos em três momentos de maré (baixa-mar, enchente e preamar) na calha do rio Itapanhaú. Onde as barras de variação representam o intervalo de confiança com $p=0,05$.	64
Figura 32: Resultados obtidos para nitrogênio amoniacal (NH ₃) (mg/L) no período seco e chuvoso para as quatro transecções (T01, T02, T05 e controle), sendo que para as três primeiras os dados foram obtidos em três momentos de maré (baixa-mar, enchente e preamar) na calha do rio Itapanhaú. Onde as barras de variação representam o intervalo de confiança com $p=0,05$.	65
Figura 33: Resultados do teste <i>post hoc</i> de Comparações Múltiplas de Dunn para as concentrações de nitrogênio amoniacal obtidos nas quatro transecções (T01, T02, T05 e controle), sendo que para as três primeiras os dados foram obtidos em três momentos de maré (baixa-mar (B), enchente (E) e preamar (P)) na calha do Rio Itapanhaú no período seco (S) e chuvoso (C). Destacado em vermelho estão os valores de $p\leq 0,05$, e em amarelo as comparações entre transecções compatíveis, momentos de maré, ou um mesmo ponto em períodos diferentes.	66
Figura 34: Resultados obtidos para fosfato (PO ₄) (mg/L) no período seco e chuvoso para as quatro transecções (T01, T02, T05 e controle), sendo que para as três primeiras os dados foram obtidos em três momentos de maré (baixa-mar, enchente e preamar) na calha do rio Itapanhaú.	67
Figura 35: Resultados obtidos para surfactantes (LAS) (mg/L) no período seco e chuvoso para as quatro transecções (T01, T02, T05 e controle), sendo que para as três primeiras os dados foram obtidos em três momentos de maré (baixa-mar, enchente e preamar) na calha do rio Itapanhaú.	68
Figura 36: Resultados do teste <i>post hoc</i> de Comparações Múltiplas de Dunn para as concentrações de surfactantes obtidos nas quatro transecções (T01, T02, T05 e controle), sendo que para as três primeiras os dados foram obtidos em três momentos de maré (baixa-mar (B), enchente (E) e preamar (P)) na calha do rio Itapanhaú no período seco (S) e chuvoso (C). Destacado em vermelho estão os valores de $p\leq 0,05$, e em amarelo as comparações entre transecções compatíveis, momentos de maré, ou um mesmo ponto em períodos diferentes.	68
Figura 37: Matriz de Correlação de Spearman (diagonal superior) e suas respectivas significâncias (diagonal inferior) entre as variáveis físico-químicas de qualidade de água obtida a partir do conjunto bruto dos resultados obtidos no Rio Itapanhaú em período seco e chuvoso. Onde os valores em azul representam as correlações positivas, em vermelho as negativas, sendo os em destaque mais escuros as mais fortes. Já os valores em vermelho na diagonal inferior representam as correlações significativas ($p\leq 0,05$).	69
Figura 38: Correlação de Spearman entre as variáveis físico-químicas de qualidade de água obtida a partir do conjunto bruto dos resultados obtidos no Rio Itapanhaú em período seco e chuvoso.	69
Figura 39: Composição do sedimento das regiões de centro (C) e franja (F) em cada uma das cinco transecções (T01 a T05) do estudo, situadas à margem esquerda do Rio Itapanhaú, apresentada por porcentagem (%) de ocorrência de areia média (azul escuro) e areia fina (azul claro) nos períodos seco e chuvoso. Teores de matéria orgânica (% M.O.) do estudo.	71
Figura 40: Teores de matéria orgânica (% M.O.) das regiões de centro (cinza) e franja (branca) em cada uma das cinco transecções (T01 a T05) do estudo, situadas à margem esquerda do rio Itapanhaú, nos períodos seco (vermelho) e chuvoso (azul).	73
Figura 41: Resultados do teste <i>post hoc</i> de Comparações Múltiplas de Dunn para o Teor de Matéria Orgânica obtido nas regiões de centro (C) e franja (F) em cada uma das cinco transecções (T01 a T05) do estudo, situadas à margem esquerda do Rio Itapanhaú no período seco (S) e chuvoso (C). Destacado em vermelho estão os valores de $p\leq 0,05$, e em amarelo as comparações entre locais compatíveis, centro ou franja de uma mesma campanha (seco ou chuvoso), centro e franja na mesma campanha e transecção, ou uma mesma região em campanhas distintas.	74
Figura 42: Imagem obtida com o satélite Sentinel 2, na data de 20/02/2022, da área de estudo, utilizada para obter-se os valores de NDVI. Fonte: SentinelHub – EO Browser - Satélite Sentinel 2, 2022.	74
Figura 43: Imagem obtida com o satélite Sentinel 2, na data de 14/08/2022, da área de estudo, utilizada para obter-se os valores de NDVI. Fonte: SentinelHub – EO Browser - Satélite Sentinel 2, 2022.	75
Figura 44: Polígonos criados para o estudo do índice de diferença normalizada em cada área amostral para a região do rio Itapanhaú no município de Bertioga – SP. Imagem do satélite Sentinel 2 obtida na plataforma SentinelHub – EO Browser. Figura elaborada no software QGIS 3.22.6. Fonte: Elaborado pelo autor.	75
Figura 45: NDVI calculado para a região do rio Itapanhaú no município de Bertioga – SP. Imagem do satélite Sentinel 2 obtida na plataforma SentinelHub – EO Browser. Figura elaborada no software QGIS 3.22.6. Onde: A – período chuvoso e B – período seco. Fonte: Elaborado pelo autor.	76
Figura 46: Resultados de Índice de Diferença Normalizada (NDVI) obtidos para a área de estudo.	77
Figura 47: Resultados do teste <i>post hoc</i> de Comparações Múltiplas de Dunn para os valores de NDVI obtidos em cada uma das cinco transecções (T01 a T05) do estudo, situadas à margem esquerda do Rio Itapanhaú	

no período seco (S) e chuvoso (C). Destacado em vermelho estão os valores de $p \leq 0,05$, e em amarelo as comparações entre transecções compatíveis, de centro ou de franja de uma mesma campanha (seco ou chuvoso), de centro e franja na mesma campanha e transecção, ou uma mesma região em campanhas distintas.	77
Figura 48: Ocorrência de clorose (%) para as cinco transecções do estudo situadas à margem esquerda do rio Itapanhaú para <i>Rhizophora mangle</i> em período seco e chuvoso.	78
Figura 49: Ocorrência de herbivoria (%) para as cinco transecções do estudo situadas à margem esquerda do rio Itapanhaú para <i>Rhizophora mangle</i> em período seco e chuvoso.	79
Figura 50: Ocorrência de anomalias (%) para as cinco transecções do estudo situadas à margem esquerda do rio Itapanhaú para <i>Rhizophora mangle</i> em período seco e chuvoso.	79
Figura 51: Ocorrência de necroses (%) para as cinco transecções do estudo situadas à margem esquerda do rio Itapanhaú para <i>Rhizophora mangle</i> em período seco e chuvoso.	80
Figura 52: Área das folhas (cm^2) de <i>Rhizophora mangle</i> para as cinco transecções do estudo situadas à margem esquerda do rio Itapanhaú em período seco e chuvoso. As barras de erro indicam os respectivos intervalos de confiança.	80
Figura 53: Teor de umidade (%) das folhas de <i>Rhizophora mangle</i> para as cinco transecções do estudo situadas à margem esquerda do rio Itapanhaú em período seco e chuvoso. As barras de erro indicam os respectivos intervalos de confiança.	81
Figura 54: Índice de Esclerofilia (g/dm^2) das folhas de <i>Rhizophora mangle</i> para as cinco transecções do estudo situadas à margem esquerda do rio Itapanhaú em período seco e chuvoso. As barras de erro indicam os respectivos intervalos de confiança.	82
Figura 55: Resultados do teste <i>post hoc</i> de Comparações Múltiplas de Dunn para os valores de Índice de Esclerofilia (g/dm^2) obtidos em cada uma das cinco transecções (T01 a T05) do estudo, situadas à margem esquerda do Rio Itapanhaú no período seco (S) e chuvoso (C) para as folhas de <i>Rhizophora mangle</i> . Destacado em vermelho estão os valores de $p \leq 0,05$, e em amarelo as comparações entre transecções compatíveis, uma mesma transecção nas duas campanhas, ou transecções distintas em uma mesma campanha.	83
Figura 56: Matriz com os resultados da Correlação de Spearman realizada com os dados das análises biométricas e morfológicas das folhas de <i>R. mangle</i> obtidas em cada uma das cinco transecções (T01 a T05) do estudo, situadas à margem esquerda do Rio Itapanhaú no período seco (S) e chuvoso (C). Na diagonal inferior encontram-se os valores de r^2 para as correlações, e na diagonal superior as significâncias dessas correlações. Destacado em fonte vermelha estão os valores de $p \leq 0,05$, e preenchidos em azul as correlações significativas positivas e em vermelho as negativas.	83
Figura 57: Ocorrência de clorose (%) para as cinco transecções do estudo situadas à margem esquerda do rio Itapanhaú para <i>Laguncularia racemosa</i> em período seco e chuvoso.	84
Figura 58: Ocorrência de herbivoria (%) para as cinco transecções do estudo situadas à margem esquerda do rio Itapanhaú para <i>Laguncularia racemosa</i> em período seco e chuvoso.	85
Figura 59: Ocorrência de anomalias (%) para as cinco transecções do estudo situadas à margem esquerda do rio Itapanhaú para <i>Laguncularia racemosa</i> em período seco e chuvoso.	85
Figura 60: Resultados do teste <i>post hoc</i> de Pairwise para a ocorrência de anomalias nas folhas de <i>L. racemosa</i> obtidos em cada uma das cinco transecções (T01 a T05) do estudo, situadas à margem esquerda do Rio Itapanhaú no período seco (S) e chuvoso (C). Destacado em vermelho estão os valores de $p \leq 0,05$, e em amarelo as comparações entre transecções compatíveis, de centro ou de franja de uma mesma campanha (seco ou chuvoso).	86
Figura 61: Ocorrência de necroses (%) para as cinco transecções do estudo situadas à margem esquerda do rio Itapanhaú para <i>Laguncularia racemosa</i> em período seco e chuvoso.	86
Figura 62: Área das folhas (cm^2) de <i>Laguncularia racemosa</i> para as cinco transecções do estudo situadas à margem esquerda do rio Itapanhaú em período seco e chuvoso. As barras de erro indicam os respectivos intervalos de confiança.	87
Figura 63: Teor de umidade (%) das folhas de <i>Laguncularia racemosa</i> para as cinco transecções do estudo situadas à margem esquerda do rio Itapanhaú em período seco e chuvoso. As barras de erro indicam os respectivos intervalos de confiança.	88
Figura 64: Índice de Esclerofilia (g/dm^2) das folhas de <i>Laguncularia racemosa</i> para as cinco transecções do estudo situadas à margem esquerda do rio Itapanhaú em período seco e chuvoso. As barras de erro indicam os respectivos intervalos de confiança.	88
Figura 65: Resultados do teste <i>post hoc</i> de Comparações Múltiplas de Dunn para os valores de Índice de Esclerofilia (g/dm^2) obtidos em cada uma das cinco transecções (T01 a T05) do estudo, situadas à margem esquerda do Rio Itapanhaú no período seco (S) e chuvoso (C) para as folhas de <i>Laguncularia racemosa</i> . Destacado em vermelho estão os valores de $p \leq 0,05$, e em amarelo as comparações entre transecções	

compatíveis, uma mesma transecção nas duas campanhas, ou transecções distintas em uma mesma campanha.....	89
Figura 66: Matriz com os resultados da Correlação de Spearman realizada com os dados das análises biométricas e morfológicas das folhas de <i>L. racemosa</i> obtidas em cada uma das cinco transecções (T01 a T05) do estudo, situadas à margem esquerda do Rio Itapanhaú no período seco (S) e chuvoso (C). Na diagonal inferior encontram-se os valores de r^2 para as correlações, e na diagonal superior as significâncias dessas correlações. Destacado em fonte vermelha estão os valores de $p \leq 0,05$, e preenchidos em azul as correlações significativas positivas.....	89
Figura 67: Ocorrência de clorose (%) para as cinco transecções do estudo situadas à margem esquerda do rio Itapanhaú para <i>Avicennia schaueriana</i> em período seco e chuvoso.	90
Figura 68: Ocorrência de herbivoria (%) para as cinco transecções do estudo situadas à margem esquerda do rio Itapanhaú para <i>Avicennia schaueriana</i> em período seco e chuvoso.	91
Figura 69: Ocorrência de anomalias (%) para as cinco transecções do estudo situadas à margem esquerda do rio Itapanhaú para <i>Avicennia schaueriana</i> em período seco e chuvoso.	91
Figura 70: Ocorrência de necroses (%) para as cinco transecções do estudo situadas à margem esquerda do rio Itapanhaú para <i>Avicennia schaueriana</i> em período seco e chuvoso.	92
Figura 71: Área das folhas (cm^2) de <i>Avicennia schaueriana</i> para as cinco transecções do estudo situadas à margem esquerda do rio Itapanhaú em período seco e chuvoso. As barras de erro indicam os respectivos intervalos de confiança.	93
Figura 72: Teor de umidade (%) das folhas de <i>Avicennia schaueriana</i> para as cinco transecções do estudo situadas à margem esquerda do rio Itapanhaú em período seco e chuvoso. As barras de erro indicam os respectivos intervalos de confiança.	93
Figura 73: Índice de Esclerofilia (g/dm^2) das folhas de <i>Avicennia schaueriana</i> para as cinco transecções do estudo situadas à margem esquerda do rio Itapanhaú em período seco e chuvoso. As barras de erro indicam os respectivos intervalos de confiança.	94
Figura 74: Resultados do teste <i>post hoc</i> de Comparações Múltiplas de Dunn para os valores de Índice de Esclerofilia (g/dm^2) obtidos em cada uma das cinco transecções (T01 a T05) do estudo, situadas à margem esquerda do Rio Itapanhaú no período seco (S) e chuvoso (C) para as folhas de <i>Avicennia schaueriana</i> . Destacado em vermelho estão os valores de $p \leq 0,05$, e em amarelo as comparações entre transecções compatíveis, uma mesma transecção nas duas campanhas, ou transecções distintas em uma mesma campanha.....	95
Figura 75: Matriz com os resultados da Correlação de Spearman realizada com os dados das análises biométricas e morfológicas das folhas de <i>A. schaueriana</i> obtidas em cada uma das cinco transecções (T01 a T05) do estudo, situadas à margem esquerda do Rio Itapanhaú no período seco (S) e chuvoso (C). Na diagonal inferior encontram-se os valores de r^2 para as correlações, e na diagonal superior as significâncias dessas correlações. Destacado em fonte vermelha estão os valores de $p \leq 0,05$, e preenchidos em azul as correlações significativas positivas.....	95
Figura 76: Análise de Componentes Principais realizada com as 23 variáveis nas 5 transecções em ambos os períodos, considerando apenas as características de <i>Rhizophora mangle</i> para as folhas. Legenda: ÁREA – Área Foliar, UMI – Teor de Umidade das Folhas; CLO – Ocorrência de Cloroses; HERB – Ocorrência de Herbivoria; ANOM – Ocorrência de Anomalias; NEC – Ocorrência de Necroses; ESCLE – Índice de Esclerofilia; TEMP – Temperatura da água; pH – pH da água; COND – Condutividade da água; SAL – Salinidade da água; TDS – Total de Sólidos Dissolvidos; OD – Oxigênio Dissolvido; ORP – Potencial de Oxirredução; TURB – Turbidez; NO_3 – Nitrato; NO_2 – Nitrito; NH_3 – Nitrogênio Amônia; PO_4 – Fosfato; LAS – Agentes Surfactantes; FINOS – Porção de Finos (Silte e Argila) do Sedimento; A.FINA – Areia Fina; A.Média – Areia Média; MO – Teor de Matéria Orgânica do Sedimento; NDVI – Índice de Vegetação por Diferença Normalizada.	97
Figura 77: Matriz da Correlação de Spearman realizada para o conjunto de 23 variáveis ambientais, usado os resultados foliares obtidos para <i>R. mangle</i> . Legenda: ÁREA – Área Foliar, UMI – Teor de Umidade das Folhas; CLO – Ocorrência de Cloroses; HERB – Ocorrência de Herbivoria; ANOM – Ocorrência de Anomalias; NEC – Ocorrência de Necroses; ESCLE – Índice de Esclerofilia; TEMP – Temperatura da água; pH – pH da água; COND – Condutividade da água; SAL – Salinidade da água; TDS – Total de Sólidos Dissolvidos; OD – Oxigênio Dissolvido; ORP – Potencial de Oxirredução; TURB – Turbidez; NO_3 – Nitrato; NO_2 – Nitrito; NH_3 – Nitrogênio Amônia; PO_4 – Fosfato; LAS – Agentes Surfactantes; FINOS – Porção de Finos (Silte e Argila) do Sedimento; A.FINA – Areia Fina; A.Média – Areia Média; MO – Teor de Matéria Orgânica do Sedimento; NDVI – Índice de Vegetação por Diferença Normalizada.	100
Figura 78: Análise de Componentes Principais realizada com as 23 variáveis nas 5 transecções em ambos os períodos, considerando apenas as características de <i>Laguncularia racemosa</i> para as folhas. Legenda: ÁREA – Área Foliar, UMI – Teor de Umidade das Folhas; CLO – Ocorrência de Cloroses; HERB – Ocorrência	

de Herbivoria; ANOM– Ocorrência de Anomalias; NEC – Ocorrência de Necroses; ESCLE – Índice de Esclerofilia; TEMP – Temperatura da água; pH – pH da água; COND – Condutividade da água; SAL – Salinidade da água; TDS – Total de Sólidos Dissolvidos; OD – Oxigênio Dissolvido; ORP – Potencial de Oxirredução; TURB – Turbidez; NO₃ – Nitrato; NO₂ – Nitrito; NH₃ – Nitrogênio Amoniacal; PO₄ – Fosfato; LAS – Agentes Surfactantes; FINOS – Porção de Finos (Silte e Argila) do Sedimento; A.FINA – Areia Fina; A.Média – Areia Média; MO – Teor de Matéria Orgânica do Sedimento; NDVI – Índice de Vegetação por Diferença Normalizada.....102

Figura 79: Matriz da Correlação de Spearman realizada para o conjunto de 23 variáveis ambientais, usado os resultados foliares obtidos para *L. racemosa*. **Legenda:** ÁREA – Área Foliar, UMI – Teor de Umidade das Folhas; CLO – Ocorrência de Cloroses; HERB – Ocorrência de Herbivoria; ANOM– Ocorrência de Anomalias; NEC – Ocorrência de Necroses; ESCLE – Índice de Esclerofilia; TEMP – Temperatura da água; pH – pH da água; COND – Condutividade da água; SAL – Salinidade da água; TDS – Total de Sólidos Dissolvidos; OD – Oxigênio Dissolvido; ORP – Potencial de Oxirredução; TURB – Turbidez; NO₃ – Nitrato; NO₂ – Nitrito; NH₃ – Nitrogênio Amoniacal; PO₄ – Fosfato; LAS – Agentes Surfactantes; FINOS – Porção de Finos (Silte e Argila) do Sedimento; A.FINA – Areia Fina; A.Média – Areia Média; MO – Teor de Matéria Orgânica do Sedimento; NDVI – Índice de Vegetação por Diferença Normalizada.....105

Figura 80: Análise de Componentes Principais realizada com as 23 variáveis nas 5 transecções em ambos os períodos, considerando apenas as características de *Avicennia schaueriana* para as folhas. **Legenda:** ÁREA – Área Foliar, UMI – Teor de Umidade das Folhas; CLO – Ocorrência de Cloroses; HERB – Ocorrência de Herbivoria; ANOM– Ocorrência de Anomalias; NEC – Ocorrência de Necroses; ESCLE – Índice de Esclerofilia; TEMP – Temperatura da água; pH – pH da água; COND – Condutividade da água; SAL – Salinidade da água; TDS – Total de Sólidos Dissolvidos; OD – Oxigênio Dissolvido; ORP – Potencial de Oxirredução; TURB – Turbidez; NO₃ – Nitrato; NO₂ – Nitrito; NH₃ – Nitrogênio Amoniacal; PO₄ – Fosfato; LAS – Agentes Surfactantes; FINOS – Porção de Finos (Silte e Argila) do Sedimento; A.FINA – Areia Fina; A.Média – Areia Média; MO – Teor de Matéria Orgânica do Sedimento; NDVI – Índice de Vegetação por Diferença Normalizada.....107

Figura 81: Matriz da Correlação de Spearman realizada para o conjunto de 23 variáveis ambientais, usado os resultados foliares obtidos para *A.schaueriana*. **Legenda:** ÁREA – Área Foliar, UMI – Teor de Umidade das Folhas; CLO – Ocorrência de Cloroses; HERB – Ocorrência de Herbivoria; ANOM– Ocorrência de Anomalias; NEC – Ocorrência de Necroses; ESCLE – Índice de Esclerofilia; TEMP – Temperatura da água; pH – pH da água; COND – Condutividade da água; SAL – Salinidade da água; TDS – Total de Sólidos Dissolvidos; OD – Oxigênio Dissolvido; ORP – Potencial de Oxirredução; TURB – Turbidez; NO₃ – Nitrato; NO₂ – Nitrito; NH₃ – Nitrogênio Amoniacal; PO₄ – Fosfato; LAS – Agentes Surfactantes; FINOS – Porção de Finos (Silte e Argila) do Sedimento; A.FINA – Areia Fina; A.Média – Areia Média; MO – Teor de Matéria Orgânica do Sedimento; NDVI – Índice de Vegetação por Diferença Normalizada110

Figura 82: Matriz da Correlação de Spearman entre as variáveis foliares de *R. mangle* e as demais variáveis ambientais. **Legenda:** em vermelho estão destacadas as correlações estatisticamente significativas ($p \leq 0,05$). Na diagonal inferior estão os valores de R das correlações, onde em vermelho são as correlações negativas fortes ($r > -0,5$), em azul as positivas fortes ($r > 0,5$) e em negrito as correlações fortes significativas. **Legenda:** ÁREA – Área Foliar, UMI – Teor de Umidade das Folhas; CLO – Ocorrência de Cloroses; HERB – Ocorrência de Herbivoria; ANOM– Ocorrência de Anomalias; NEC – Ocorrência de Necroses; ESCLE – Índice de Esclerofilia; TEMP – Temperatura da água; pH – pH da água; COND – Condutividade da água; SAL – Salinidade da água; TDS – Total de Sólidos Dissolvidos; OD – Oxigênio Dissolvido; ORP – Potencial de Oxirredução; TURB – Turbidez; NO₃ – Nitrato; NO₂ – Nitrito; NH₃ – Nitrogênio Amoniacal; PO₄ – Fosfato; LAS – Agentes Surfactantes; FINOS – Porção de Finos (Silte e Argila) do Sedimento; A.FINA – Areia Fina; A.Média – Areia Média; MO – Teor de Matéria Orgânica do Sedimento; NDVI – Índice de Vegetação por Diferença Normalizada.150

Figura 83: Matriz da Correlação de Spearman entre as variáveis foliares de *L. racemosa* e as demais variáveis ambientais. **Legenda:** em vermelho estão destacadas as correlações estatisticamente significativas ($p \leq 0,05$). Na diagonal inferior estão os valores de R das correlações, onde em vermelho são as correlações negativas fortes ($r > -0,5$), em azul as positivas fortes ($r > 0,5$) e em negrito as correlações fortes significativas. **Legenda:** ÁREA – Área Foliar, UMI – Teor de Umidade das Folhas; CLO – Ocorrência de Cloroses; HERB – Ocorrência de Herbivoria; ANOM– Ocorrência de Anomalias; NEC – Ocorrência de Necroses; ESCLE – Índice de Esclerofilia; TEMP – Temperatura da água; pH – pH da água; COND – Condutividade da água; SAL – Salinidade da água; TDS – Total de Sólidos Dissolvidos; OD – Oxigênio Dissolvido; ORP – Potencial de Oxirredução; TURB – Turbidez; NO₃ – Nitrato; NO₂ – Nitrito; NH₃ – Nitrogênio Amoniacal; PO₄ – Fosfato; LAS – Agentes Surfactantes; FINOS – Porção de Finos (Silte e Argila) do Sedimento; A.FINA – Areia Fina; A.Média – Areia Média; MO – Teor de Matéria Orgânica do Sedimento; NDVI – Índice de Vegetação por Diferença Normalizada.151

Figura 84: Matriz da Correlação de Spearman entre as variáveis foliares de *A. schaueriana* e as demais variáveis ambientais. Legenda: em vermelho estão destacadas as correlações estatisticamente significativas ($p \leq 0,05$). Na diagonal inferior estão os valores de R das correlações, onde em vermelho são as correlações negativas fortes ($r > -0,5$), em azul as positivas fortes ($r > 0,5$) e em negrito as correlações fortes significativas.

Legenda: ÁREA – Área Foliar, UMI – Teor de Umidade das Folhas; CLO – Ocorrência de Cloroses; HERB – Ocorrência de Herbivoria; ANOM – Ocorrência de Anomalias; NEC – Ocorrência de Necroses; ESCLE – Índice de Esclerofilia; TEMP – Temperatura da água; pH – pH da água; COND – Condutividade da água; SAL – Salinidade da água; TDS – Total de Sólidos Dissolvidos; OD – Oxigênio Dissolvido; ORP – Potencial de Oxirredução; TURB – Turbidez; NO₃ – Nitrato; NO₂ – Nitrito; NH₃ – Nitrogênio Amônia; PO₄ – Fósforo; LAS – Agentes Surfactantes; FINOS – Porção de Finos (Silte e Argila) do Sedimento; A.FINA – Areia Fina; A.Média – Areia Média; MO – Teor de Matéria Orgânica do Sedimento; NDVI – Índice de Vegetação por Diferença Normalizada.152

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Resultados de classificação granulométrica das amostras de sedimento segundo a ABNT NBR 6502/1995 e os respectivos teores médios de matéria orgânica. Onde: F - parcelas de franja e C – parcelas de centro.	70
Tabela 2: Valores médios de NDVI e seus respectivos desvios padrão obtidos para cada uma das cinco transecções dispostas à margem esquerda do rio Itapanhaú em período seco e chuvoso.	76
Tabela 3: Porcentagem de ocorrência de folhas esclerófilas ($IE \geq 0,6 \text{ g/dm}^2$) para <i>Rhizophora mangle</i> nas cinco transecções do estudo situadas à margem esquerda do rio Itapanhaú em período seco e chuvoso.	82
Tabela 4: Porcentagem de ocorrência de folhas esclerófilas ($IE \geq 0,6 \text{ g/dm}^2$) para <i>Rhizophora mangle</i> nas cinco transecções do estudo situadas à margem esquerda do rio Itapanhaú em período seco e chuvoso.	89
Tabela 5: Porcentagem de ocorrência de folhas esclerófilas ($IE \geq 0,6 \text{ g/dm}^2$) para <i>Avicennia schaueriana</i> nas cinco transecções do estudo situadas à margem esquerda do rio Itapanhaú em período seco e chuvoso. ..	94
Tabela 6: Percentual de Variância de cada um dos nove componentes principais onde foi descrita a Análise Componentes Principais para as variáveis foliares de <i>R. mangle</i>	96
Tabela 7: Contribuição das variâncias de cada amostra na formação dos eixos da Análise de Componentes Principais com as variáveis foliares de <i>R. mangle</i> . Resultados em porcentagem (%).	98
Tabela 8: Contribuição das variâncias de cada variável na formação dos eixos da Análise de Componentes Principais com as variáveis foliares de <i>R. mangle</i> . Resultados em porcentagem (%). Legenda: ÁREA – Área Foliar, UMI – Teor de Umidade das Folhas; CLO – Ocorrência de Cloroses; HERB – Ocorrência de Herbivoria; ANOM – Ocorrência de Anomalias; NEC – Ocorrência de Necroses; ESCLE – Índice de Esclerofilia; TEMP – Temperatura da água; pH – pH da água; COND – Condutividade da água; SAL – Salinidade da água; TDS – Total de Sólidos Dissolvidos; OD – Oxigênio Dissolvido; ORP – Potencial de Oxirredução; TURB – Turbidez; NO3 – Nitrato; NO2 – Nitrito; NH3 – Nitrogênio Amoniacal; PO4 – Fosfato; LAS – Agentes Surfactantes; FINOS – Porção de Finos (Silte e Argila) do Sedimento; A.FINA – Areia Fina; A.Média – Areia Média; MO – Teor de Matéria Orgânica do Sedimento; NDVI – Índice de Vegetação por Diferença Normalizada.	99
Tabela 9: Percentual de Variância de cada um dos nove componentes principais onde foi descrita a Análise Componentes Principais para as variáveis foliares de <i>L. racemosa</i>	101
Tabela 10: Contribuição das variâncias de cada amostra na formação dos eixos da Análise de Componentes Principais com as variáveis foliares de <i>L. racemosa</i> . Resultados em porcentagem (%).	103
Tabela 11: Contribuição das variâncias de cada variável na formação dos eixos da Análise de Componentes Principais com as variáveis foliares de <i>L. racemosa</i> . Resultados em porcentagem (%). Legenda: ÁREA – Área Foliar, UMI – Teor de Umidade das Folhas; CLO – Ocorrência de Cloroses; HERB – Ocorrência de Herbivoria; ANOM – Ocorrência de Anomalias; NEC – Ocorrência de Necroses; ESCLE – Índice de Esclerofilia; TEMP – Temperatura da água; pH – pH da água; COND – Condutividade da água; SAL – Salinidade da água; TDS – Total de Sólidos Dissolvidos; OD – Oxigênio Dissolvido; ORP – Potencial de Oxirredução; TURB – Turbidez; NO3 – Nitrato; NO2 – Nitrito; NH3 – Nitrogênio Amoniacal; PO4 – Fosfato; LAS – Agentes Surfactantes; FINOS – Porção de Finos (Silte e Argila) do Sedimento; A.FINA – Areia Fina; A.Média – Areia Média; MO – Teor de Matéria Orgânica do Sedimento; NDVI – Índice de Vegetação por Diferença Normalizada.	104
Tabela 12: Percentual de Variância de cada um dos nove componentes principais onde foi descrita a Análise Componentes Principais para as variáveis foliares de <i>A. schaueriana</i> . (%).....	106
Tabela 13: Contribuição das variâncias de cada amostra na formação dos eixos da Análise de Componentes Principais com as variáveis foliares de <i>A. schaueriana</i> . Resultados em porcentagem (%).	108
Tabela 14: Contribuição das variâncias de cada variável na formação dos eixos da Análise de Componentes Principais com as variáveis foliares de <i>A. schaueriana</i> . Resultados em porcentagem (%). Legenda: ÁREA – Área Foliar, UMI – Teor de Umidade das Folhas; CLO – Ocorrência de Cloroses; HERB – Ocorrência de Herbivoria; ANOM – Ocorrência de Anomalias; NEC – Ocorrência de Necroses; ESCLE – Índice de Esclerofilia; TEMP – Temperatura da água; pH – pH da água; COND – Condutividade da água; SAL – Salinidade da água; TDS – Total de Sólidos Dissolvidos; OD – Oxigênio Dissolvido; ORP – Potencial de Oxirredução; TURB – Turbidez; NO3 – Nitrato; NO2 – Nitrito; NH3 – Nitrogênio Amoniacal; PO4 – Fosfato; LAS – Agentes Surfactantes; FINOS – Porção de Finos (Silte e Argila) do Sedimento; A.FINA – Areia Fina; A.Média – Areia Média; MO – Teor de Matéria Orgânica do Sedimento; NDVI – Índice de Vegetação por Diferença Normalizada.	109

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Relação de número e siglas dados a cada uma das variáveis estudadas para a composição das matrizes multivariadas.	46
Quadro 2: Resumo do esforço amostral realizado para o desenvolvimento do estudo no rio Itapanhaú.	47

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Foto 1: Amostragem de água subsuperficial com garrafa Van Dorn de 3 litros. Fonte: Elaborado pelo autor.	37
Foto 2: Amostragem de dados físico-químicos da água in situ com sonda multiparâmetros. Fonte: Elaborado pelo autor.	37
Foto 3: Reações das análises para quantificação de Nitrato (A), Nitrito (B), Fosfato (C) e Surfactantes (D), em laboratório. Fonte: Elaborado pelo autor.....	38
Foto 4: Amostragem de sedimento com bomba de sucção. Fonte: Elaborado pelo autor.	39
Foto 5: Conjunto de peneiras granulométricas no tamizador para separação do sedimento seco em categorias para determinação granulométrica. Fonte: Elaborado pelo autor.	40
Foto 6: Cadinhos de cerâmica contendo as amostras de sedimento antes da queima em mufla (esquerda) e após a queima de matéria orgânica em mufla (direita). Fonte: Elaborado pelo autor.....	41
Foto 7: Prancha com exemplares de folhas contendo as características analisadas: clorose (A), necrose (B), herbivoria (C), anomalias (D, E) e sadia (F). Fonte: Elaborado pelo autor.....	43
Foto 8: Aferição das medidas de largura e comprimento das folhas. Fonte: Elaborado pelo autor.....	44
Foto 9: Aferição da massa das folhas secas em balança de mão. Fonte: Elaborado pelo autor.	44

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira De Normas Técnicas
ANOM	Anomalias
AP	Amapá
APA	Área De Proteção Ambiental
APP	Área De Proteção Permanente
Ca	Cálcio
CLO	Clorose
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COND	Condutividade
CONT	Controle
Cu	Cobre
D.G.	Diâmetro do Grão
ETE	Estação De Tratamento De Esgoto
G. L.	Graus de Liberdade
HERB	Herbivoria
HUSC	Herbário Universidade Santa Cecília
LAS	Surfactantes Sulfonato de Alquil Benzeno de Cadeia Linear
LPPNat	Laboratório De Pesquisa Em Produtos Naturais
Mg	Magnésio
MO	Matéria Orgânica
NBR	Norma Brasileira
NDVI	Índice De Vegetação Por Diferença Normalizada
NEC	Necrose Foliar
NH ₃	Nitrogênio Amoniacal
NO ₂	Nitrito
NO ₃	Nitrato
OD	Oxigênio Dissolvido
ORP	Potencial De Oxirredução
P	Fósforo
PCA	Análise De Componentes Principais
PERB	Parque Estadual Restinga De Bertioga
PO ₄	Fosfato
PPT	Partes Por Mil

SABESP	Companhia De Saneamento Básico Do Estado De São Paulo
SAL	Salinidade
SES	Sistema Estuarino Santos-São Vicente
SMWW	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater
TDS	Sólidos Totais Dissolvidos
TEMP	Temperatura
TURB	Turbidez
UGRHI	Unidade De Gerenciamento De Recursos Hídricos
UMI	Teor de Umidade das Folhas
ZEE	Zoneamento Ecológico Econômico
ZEEC	Zoneamento Ecológico Econômico Costeiro
Zn	Zinco

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	20
2. MATERIAIS E MÉTODOS	26
2.1. ÁREA DE ESTUDO	26
2.2. CONDIÇÕES AMBIENTAIS	35
2.3. ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA	36
2.4. ANÁLISE GRANULOMÉTRICA E TEOR DE MATÉRIA ORGÂNICA DO SEDIMENTO	39
2.5. ÍNDICE DE VEGETAÇÃO POR DIFERENÇA NORMALIZADA	41
2.6. PARÂMETROS FOLIARES	42
2.7. ANÁLISE DOS DADOS.....	44
3. RESULTADOS.....	48
3.1. CONDIÇÕES AMBIENTAIS	48
3.2. ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DE ÁGUA	49
3.3. ANÁLISE GRANULOMÉTRICA E TEOR DE MATÉRIA ORGÂNICA DO SEDIMENTO	70
3.4. ÍNDICE DE VEGETAÇÃO POR DIFERENÇA NORMALIZADA	74
3.5. PARÂMETROS FOLIARES	78
3.6. ANÁLISES MULTIVARIADAS	95
4. DISCUSSÃO	111
4.1. ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DE ÁGUA	111
4.2. ANÁLISE GRANULOMÉTRICA E TEOR DE MATÉRIA ORGÂNICA DO SEDIMENTO	117
4.3. ÍNDICE DE VEGETAÇÃO POR DIFERENÇA NORMALIZADA	118
4.4. PARÂMETROS FOLIARES	122
4.5. ANÁLISES MULTIVARIADAS	126
5. CONCLUSÕES.....	129
APRESENTAÇÃO DO RELATÓRIO TÉCNICO	131
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	132
APÊNDICE A – RESULTADOS MÉDIOS E RESPECTIVOS DEVIOS PADRÕES OBTIDOS PARA A ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DE ÁGUA NOS TRÊS MOMENTOS DE AMOSTRAGEM (BAIXAMAR, ENCHENTE E PREAMAR) EM CADA UMA DAS TRÊS TRANSECÇÕES EM PERÍODOS SECO (AGOSTO/2022) E CHUVOSO (FEVEREIRO/2022) NO RIO ITAPANHAÚ.	146
APÊNDICE B – RESULTADOS MÉDIOS E DEVIOS PADRÕES DAS VARIÁVEIS BIOMÉTRICAS (ÁREA FOLIAR, TEOR DE UMIDADE, ESCLEROFILIA) E OCORRÊNCIA DAS VARIÁVEIS MORFOLÓGICAS (CLOROSE, HERBIVORIA, ANOMALIAS E NECROSE) OBTIDOS PARA <i>R. MANGLE</i> , <i>L. RACEMOSA</i> E <i>A.</i> <i>SCHAUERIANA</i> EM CADA UMA DAS CINCO TRANSECÇÕES EM PERÍODOS SECO (AGOSTO/2022) E CHUVOSO (FEVEREIRO/2022) NA MARGEM ESQUERDA DO RIO ITAPANHAÚ.....	148

APENDICE C – MATRIZ DAS CORRELAÇÕES DE SPEARMAN REALIZADA ENTRE AS VARIÁVEIS DE FOLHAS DE CADA UMA DAS TRÊS ESPÉCIES E AS DEMAIS VARIÁVEIS AMBIENTAIS.	150
APENDICE D – PROPOSTA INICIAL DE MÉTODO PARA MONITORAMENTO AMBIENTAL DE MANGUEZAIS NA REGIÃO SUDESTE DO BRASIL.	153
ANEXO A - Carta de Autorização para Coleta Dentro de Unidade de Conservação	160
ANEXO B – Laudos de Análise e Ficha De Informações De Segurança De Produtos Químicos dos Espectrokits e Padrões de Referência (MR)	165

1. INTRODUÇÃO

Estuários são corpos de água costeiros com, pelo menos, uma ligação permanente com o mar que constituem um importante ambiente de transição entre as águas doces e salinas, composto por águas salobras. Esses corpos hídricos podem ser caracterizados química, física e biologicamente. As características estão principalmente relacionadas à salinidade da água e ao ponto máximo de intrusão da maré, com a definição do gradiente halino e das zonas de mistura. As características físicas podem ser explicadas pelos padrões de circulação, pela densidade e pelos padrões de mistura da água (DUARTE E VIEIRA, 1997). Biologicamente, são uma zona de encontro marinho e fluvial, com hidrodinâmica que favorece a retenção de nutrientes e consequentemente o desenvolvimento da vida, mantendo dessa forma, alta biodiversidade intrínseca (CASPER, 1967; DA SILVA, 2000). Esses corpos hídricos também constituem ambientes costeiros protegidos e abrigados, favorecendo o desenvolvimento de manguezais nas regiões quentes do planeta (ALVES, 2001).

Os manguezais são definidos por Schaeffer-Novelli (2000) como ecossistemas alagáveis, com solos frequentemente submersos devido às variações da maré e alta pluviosidade, encontrados nas costas das regiões tropicais, entre os trópicos de Câncer e Capricórnio. Apresentam vegetação típica, especialmente adaptadas às altas concentrações de sal e baixa disponibilidade de oxigênio do solo (SCHAEFFER-NOVELLI e CINTRÓN, 1990).

São amplamente conhecidos por sua grande importância ecológica e biológica para o abrigo de diversas espécies marinhas da ictiofauna, macrofauna bentônica e aves dependentes dessas formações, além de serem também considerados como “berçário marinho” para diversas espécies como robalos (*Centropomus* spp.), tainhas (*Mugil* spp.), entre outros (ICMBIO, 2018).

A característica física da vegetação de mangue é utilizada como refúgio de proteção contra predadores, principalmente as raízes, rizóforos e pneumatóforos, e também são fonte de energia e geradores de nutrientes, tanto pelas folhas como pelas macroalgas associadas (KATHIRESAN E BINGHAM, 2001).

Os manguezais são, ainda, importantes provedores de serviços ecossistêmicos, atuando como barreiras de proteção na atenuação dos impactos das ondas na zona costeira e amortecimento de tsunamis e ciclones; e também

filtros de compostos químicos da água marinha que adentra o ambiente fluvial, retendo nutrientes, e até ricos locais de pesca e de reprodução de espécies de pescado ao redor do mundo. (ALONGI, 2008).

Os estudos acerca desse ecossistema, e principalmente sobre os impactos antrópicos sofridos por ele, estabelecem uma conhecida e importante frente de pesquisa. Tal interesse pode ser relacionado a diversas questões, partindo de sua importância econômica e ecológica como pontuado por Checon *et al.* (2017), ou ainda a potencial capacidade para o sequestro de carbono, discutido por Alongi (2012), que pode ser aplicado como ferramenta para atendimento às metas propostas no Acordo de Paris (2015).

As maiores áreas e os mais desenvolvidos bosques de manguezal, são encontrados na Ásia, principalmente na Malásia, Indonésia, Índia e China, (ROMAÑACH *et al.*, 2018). No Brasil, os manguezais ocorrem desde a região norte, no Parque Nacional do Cabo Orange (AP) até a Lagoa Imaruí em Santa Catarina, sendo que os bosques mais desenvolvidos são encontrados no Litoral Equatorial Amazônico, na região do Golfão Maranhense e das rias do Pará e Maranhão (SCHAEFFER-NOVELLI *et al.*, 2000; ICMBIO, 2018).

Os manguezais apresentavam uma cobertura global de cerca de 18 milhões de hectares na década de 1990, sendo observada uma perda de aproximadamente 46% dessa área registrada até o ano de 2016. As principais perdas desses ecossistemas se devem a ações antrópicas, como, a implantação de fazendas de aquicultura e agricultura, entre outras atividades (ROMAÑACH *et al.*, 2018). De acordo com o Atlas dos Manguezais do Brasil (2018), a perda global anual estimada de cobertura desses ecossistemas atualmente é de 1 a 2 % da cobertura total, tendo alcançado marcas históricas de 86% em alguns países em desenvolvimento. No Brasil, estima-se a perda de 100 mil hectares nos últimos 30 anos (ICMBIO, 2018).

Grande parte dos impactos observados em manguezais possuem origem antrópica, quer seja por pressões e distúrbios físicos ou químicos alterando a qualidade das águas e sedimentos, e necessitando assim de um controle e regulação urgentes dessas interações (SCHAEFFELKE *et al.*, 2005). Outros autores, apontaram a rápida e acentuada ocupação das zonas costeiras relacionada à migração da população para o litoral, que vem sendo observada nas últimas décadas e com um esperado aumento, em um futuro próximo

(FERREIRA E LACERDA, 2016; MOSCHETTO, RIBEIRO E DE FREITAS, 2021). Atualmente cerca de 50% da população global habita as zonas costeiras, com uma densidade habitacional muito maior que a média, sendo parte dessa população composta por pessoas carentes que dependem da extração do recurso costeiro para sobreviver (PRATES, GONÇALVES E ROSA, 2010).

No Brasil, os manguezais são considerados, pela Lei Federal nº 12.651/2012, como Áreas de Preservação Permanente – APPs (BRASIL, 2012). Contudo, a mesma lei também prevê a autorização de supressão desses ecossistemas costeiros com a finalidade de regularização fundiária, para obras de urbanização e habitação de interesse social em regiões já consolidadas pela ocupação de populações de baixa renda. Isso, desde que o manguezal já esteja com a sua função ecológica comprometida ou sob forte pressão antrópica. Essa condicionante da legislação permite que esse ecossistema costeiro fique suscetível a pressões antrópicas, quer seja por supressão física, aterramentos ou contaminação química das águas e do solo. Essas pressões antrópicas e a decorrente perda desses manguezais pode trazer grandes prejuízos ambientais, principalmente para a ciclagem de nutrientes entre os ambientes terrestre e o oceano (FERREIRA e LACERDA, 2016).

Os principais impactos ambientais decorrentes das atividades antrópicas são evidenciados na região nordeste e sudeste do país. Na região nordeste, as principais atividades responsáveis pelas perdas de manguezal são a carcinocultura e a indústria salina, enquanto a expansão residencial e portuária são as principais ameaças ao ecossistema no Sudeste (FERREIRA & LACERDA, 2016). Na região da Baixada Santista, por exemplo, região na costa sudeste do Brasil, a principal perda de manguezal se deve à expansão urbana irregular composta por favelas e palafitas (MOSCHETTO, RIBEIRO E DE FREITAS, 2021). Não somente a expansão da urbanização costeira, mas também a acentuada ocupação irregular, historicamente conhecida e citada por Moschetto, Ribeiro e De Freitas (2021), é um importante fator degradante dos bosques de manguezais na região sudeste, principalmente na parte central da Baixada Santista entre os municípios de Cubatão, Santos, São Vicente e Guarujá.

Aproximadamente 70% da área de manguezal da margem insular da região sul do Canal de Bertioga, na Baixada Santista foi perdida em função do

aumento do turismo e da ocupação por estruturas náuticas entre os anos de 1962 a 1994, de acordo com o observado por Santos, Cunha-Lignon e Schaeffer-Novelli (2007). Em contrapartida, o manguezal da região do Rio Itapanhaú no município de Bertioga é considerado como uma das porções mais preservadas desse ecossistema no Sistema Estuarino de Santos-São Vicente (SES) e em todo o estado de São Paulo (SCHMIEGELOW, 2009; CAPPARELLI *et al.*, 2020). Muitos estudos foram realizados nessa região para análise de dinâmica e composição dos manguezais, avaliações sensoriamento remoto, análises da qualidade da água e dos sedimentos do estuário, entre tantos outros. Um exemplo é o estudo conduzido por Schmiegelow (2009) em 20 áreas de manguezal no SES, dentre elas os bosques do Canal de Bertioga onde o autor avaliou a estrutura e produção de serapilheira.

Embora seja possível encontrar métodos de monitoramento bem estabelecidos na literatura para esse ambiente, como os descritos por Cintrón e Schaeffer-Novelli (1986), ou até mesmo os protocolos descritos no ReBentos (TURRA e DENADAI, 2015), esses possuem como objeto de análise e estudo apenas o componente biótico, principalmente relacionado à vegetação de manguezal, não englobando as características abióticas de solo e água. Além disso, quando observados os estudos ambientais a respeito de manguezais para fins licenciamento, também não se encontra homogeneidade em relação ao métodos e descritores aplicados (observação pessoal).

Com exceção de um termo de referência publicado pelo Ibama em 2020, junto à “Estrutura do Plano de Gestão Ambiental do Licenciamento Ambiental Federal”, que discorre sobre o modelo de monitoramento de manguezais que deve ser seguido para o licenciamento ambiental federal de empreendimentos portuários (IBAMA, 2020), as demais categorias de atividades e de autarquias de licenciamento (estaduais), seguem com programas e métodos de diagnóstico e monitoramento ambiental desses ecossistemas despadronizadas (observação pessoal).

Devido à despadronização citada é possível encontrar desde diagnósticos ambientais que apresentem apenas o levantamento florístico das espécies de manguezal ocorrentes no local, como é o caso dos empreendimentos do Terminal Portuário BC Port em Balneário Camburiú (PDBS, 2016); CEL Parque Eólico Tratado de Tordesilhas em Laguna (EÓLICAS DE LAGUNA, 2013) ambos

em Santa Catarina, ou ainda empreendimentos mais recentes no estado do Rio de Janeiro: Terminal de Sepetiba TECON em Itaguaí (CSN, 2018). Estudos de diagnóstico ambiental mais robustos para manguezais, com ampla metodologia e esforço amostral, como é o caso do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) do Porto de Itaquí – Maranhão (EMAP, 2001), que embora embasado em dados secundários de artigos acadêmicos da região, considerou a fitossociologia do manguezal local para fazer o diagnóstico ambiental. Há ainda diagnósticos de dados primários robustos, como é o caso do EIA da Transposição do Rio Itapanhaú – SP (SABESP, 2015), que além de fazer um levantamento fitossociológico da região, ainda considerou a comunidade de macroalgas (*Bostrychietum*), a carcinofauna e as características físico-químicas da água da região.

Segundo Arruda (2015) a legislação ambiental para proteção dos ecossistemas de manguezal é promissora, desde as legislações estaduais até a federal, principalmente no estado de São Paulo. Contudo, conforme apontam Prates, Gonçalves e Rosa (2010) na maioria das vezes, o cerne do problema no que se diz respeito ao licenciamento, proteção e monitoramento dos ecossistemas costeiros, entre eles o manguezal, não é a falta da legislação, mas sim o entendimento falho dessa. As autoras em questão citam como referência a degradação causada pelas fazendas de carcinicultura licenciadas e implementadas em regiões de apicuns mesmo que esse sejam parte dos ecossistemas de manguezal e, por consequência, protegidos pela Lei 12.651/2012.

A falta de padronização e, principalmente a problemática da maioria dos estudos de impactos ambientais (EIA/Rima) sobre manguezais serem pautados em levantamentos qualitativos, além da preferência pela proposição de medidas mitigatórias ao desenvolvimento de programas de monitoramento para esses ecossistemas nesses documentos já havia sido reportada por Fonseca (1995), em uma análise investigativa de oito EIA/Rimas desenvolvidos no Estado de São Paulo. O referido estudo aponta ainda, que a grande maioria dos programas de monitoramento desenvolvidos priorizam o meio físico, e não os manguezais em questão.

Importante parte das perdas de cobertura de manguezais ocasionadas no Brasil foram historicamente registradas na região sudeste, em especial no

estado de São Paulo (FERREIRA E LACERDA, 2016). Ainda que com esse registro de supressão, o Zoneamento Ecológico Econômico Costeiro (ZEEC) da Baixada Santista, regulamentado pelo decreto estadual Nº 58.996 de 2013 (SÃO PAULO, 2013), classifica a maior parte dos bosques de manguezais restantes na região como Zona 1 Terrestre (Z1T)¹. Desta forma, a área é classificada como:

“Z-1 -zona que mantém os ecossistemas primitivos em pleno equilíbrio ambiental, ocorrendo uma diversificada composição de espécies e uma organização funcional capazes de manter, de forma sustentada, uma comunidade de organismos balanceada, integrada e adaptada, podendo ocorrer atividades humanas de baixos efeitos impactantes (SÃO PAULO, 2013)”

O Decreto estabelece ainda, em seu Artigo 13º, os usos permitidos para áreas Z1T:

“Artigo 13 - Na Z1T, observado o disposto no artigo 3º do presente decreto, são permitidos os seguintes usos e atividades:

- I - pesquisa científica;
- II - educação ambiental;
- III - manejo autossustentado dos recursos naturais, condicionado à elaboração de plano específico;
- IV - empreendimentos de ecoturismo que mantenham as características ambientais da zona;
- V - pesca artesanal;
- VI - ocupação humana de baixo efeito impactante. (SÃO PAULO, 2013)”

Conforme já salientado por Borja *et al.* (2008), nota-se uma busca por metodologias para o uso sustentável dos oceanos. No entanto ainda são necessários protocolos interdisciplinares que entendam a integridade ecológica desses ambientes, que integrem a composição física e biótica e padronizem a obtenção destes dados, de modo a padronizá-los. Assim como o conhecimento de indicadores ambientais, como característica físico-química da água e do sedimento, ou ainda a morfologia das folhas dos indivíduos arbóreos, para a execução destes protocolos.

Uma questão importante de se considerar para a análise desses indicadores e estabelecimento de protocolos é a constante exposição dos manguezais a condições de estresse natural, relacionada às frequentes mudanças ambientais que sofrem em ciclos curtos de tempo e decorrente capacidade de adaptação da vegetação a essa característica. Além disso,

¹ https://arquivo.ambiente.sp.gov.br/cpla/2011/05/ZEE_ENCARTÉ.pdf

ressalta-se a importância de não somente entender a estrutura e composição da vegetação desses locais, mas também as alterações físico-químicas que a atividade antrópica pode exercer sobre os corpos hídricos e sedimentos associados a esses ambientes, para monitorar, qualificar e quantificar os efeitos causados por essa interação (FARIDAH-HANUM *et al.*, 2019).

Desta forma, o presente estudo teve por principal objetivo avaliar a aplicabilidade de diferentes descritores ambientais bióticos e abióticos como indicadores de impacto ambiental. Como objetivos específicos estabeleceu-se (1) determinar um gradiente de exposição antrópica na região de estudo; (2) caracterizar as variáveis físico-químicas da água do estuário com os seguintes descritores: temperatura, pH, condutividade, salinidade, sólidos totais dissolvidos, oxigênio dissolvido, potencial de oxirredução, turbidez, concentrações de nitrato, nitrito, nitrogênio amoniacal, fosfato e surfactantes, (3) avaliar as concentrações de matéria orgânica e granulometria do sedimento em locais com variadas intensidades de influência antrópica; (4) comparar os descritores de água em diferentes momentos de maré; (5) determinar a relação entre os valores de Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e o grau de influência antrópica; (6) determinar a relação de variáveis descritivas de características foliares (ocorrência de cloroses, herbivoria, anomalias, necroses, área foliar, teor de umidade e o índice de esclerofilia) com a exposição à pressão antrópica; (7) verificar a influência da sazonalidade (período seco e chuvoso) sobre as variáveis do estudo; (8) estabelecer a interação entre todas as variáveis analisadas e suas respectivas relações com atores antrópicos observados na região de estudo (presença de descarte de estação de tratamento de efluentes, tráfego de embarcações, uso e ocupação do solo por diferentes construções).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. ÁREA DE ESTUDO

O rio Itapanhaú está localizado no município de Bertioga (46° 9'19.45"O, 3°49'33.64"S) (Figura 1) ao norte da Região Metropolitana da Baixada Santista, litoral centro do Estado de São Paulo (GIANESELLA *et al.*, 2000). Esse rio é o principal afluente que desagua, com vazão de 10 m³/s, no Canal de Bertioga localizado na porção mais ao norte do Sistema Estuarino de Santos (Figura 2).

O Canal de Bertioga apresenta duas extremidades: uma ao sul que deságua para o interior no Canal de Piaçaguera e outra mais ao norte que deságua no Oceano Atlântico (Barra de Bertioga) (BERNARDES e MIRANDA, 2001). O rio Itapanhaú constitui a maior bacia hidrográfica do compartimento costeiro Santos – Bertioga, com área de abrangência de cerca de 260 km². Sua região estuarina é exposta a um regime de micro-marés (variações menores que 2 m) (MIRANDA *et al.*, 1998; MUEHE *et al.*, 2006).



Figura 1: Mapa indicativo do município de Bertioga (destacado em verde escuro), situado na Região Metropolitana da Baixada Santista (RMBS), litoral central do Estado de São Paulo.
Fonte: Elaborado pelo autor.

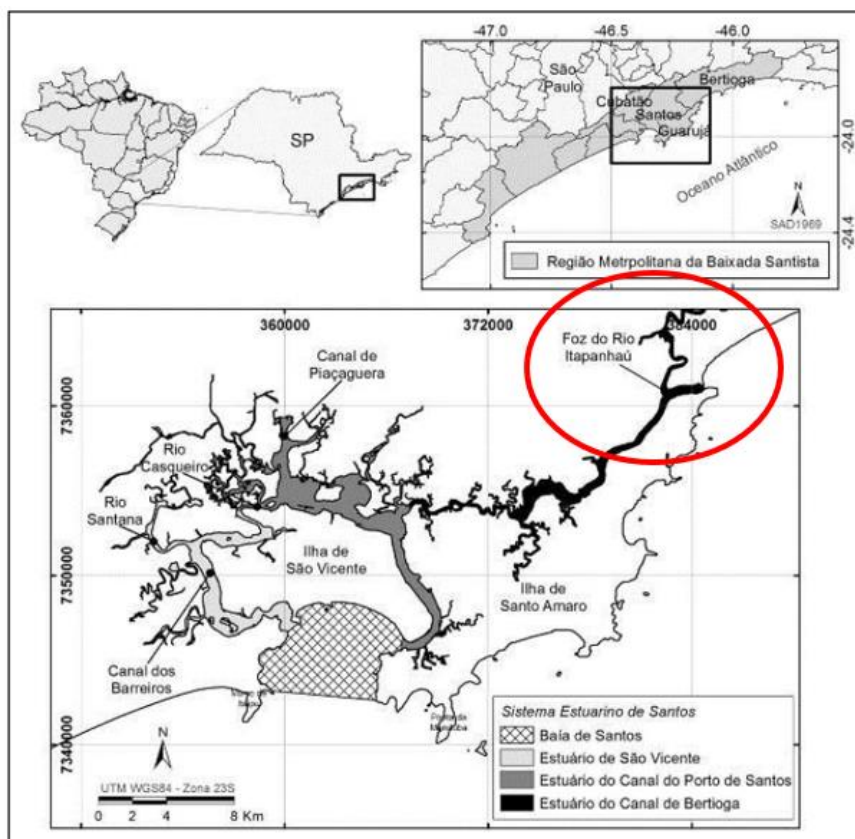


Figura 2: Localização do Rio Itapanhaú no Sistema Estuarino de Santos. Fonte: Adaptado de ROVERSI, ROSMAN e HARARI, 2016.

A região possui clima classificado como “Af” (tropical úmido/super úmido) pelo sistema Köppen, segundo Setzer (1966). As chuvas são frequentes ao longo do ano, porém mais intensas no mês de fevereiro, em que também são registradas as maiores médias de temperatura (28,3 °C). As chuvas da região são menos frequentes no mês de julho, que por sua vez possui a menor temperatura média (20,7 °C) (MARTINS *et al.*, 2008).

A bacia do rio Itapanhaú se conecta com a Área de Proteção Ambiental (APA) Marinha Litoral Centro, Unidade de Conservação de Uso Sustentável (SÃO PAULO, 2008a) inserida na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) 7 – Baixada Santista, sendo destinada ao abastecimento hídrico da região (CETESB, 2006)

Além dessas características, a região de estudo está parcialmente inserida dentro dos limites do Parque Estadual Restinga de Bertioga (PERB) (Figura 3), Unidade de Conservação de Proteção Integral criada a partir do Decreto Estadual nº 56.500/2010 (SÃO PAULO, 2010). O parque apresenta área aproximada de 93 km² (correspondente a cerca de 19 % do território do município

de Bertioga) e possui a função de proteção dos diversos corpos hídricos que drenam a Serra do Mar e a planície costeira, entre eles rios Itaguapé e Guaratuba. Além disso, no Parque Estadual Restinga de Bertioga 98% da cobertura vegetal é do bioma Mata Atlântica, contemplando áreas de Floresta Ombrófila Densa e extensas áreas de manguezal². Apresenta riqueza de mais de 300 espécies de fauna terrestre, sem contar a fauna aquática das sub-bacias regionais, de acordo com a Fundação Florestal do Estado de São Paulo³.



Figura 3: Mapa indicativo dos limites do Parque Estadual Restinga de Bertioga, no Município de Bertioga, apenas a região onde estão inclusos os pontos amostrais do estudo. Fonte: Elaborado pelo autor.

Mesmo com a instalação do parque, estudos indicam que a região apresenta certo grau de degradação ambiental, desde a contaminação química a alterações físicas (erosão, assoreamento, entre outros) (CAPPARELLI et al., 2021). Outra forte atividade antrópica reportada para o local é a pesca turística e artesanal, principalmente para o grupo dos robalos (*Centropomus* sp.) e

² <https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/fundacaoflorestal/planos-de-manejo/planos-de-manejo-planos-concluidos/pe-restinga-de-bertioga/>

³ <https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/fundacaoflorestal/parque-estadual-restinga-de-bertioga/>

pescadas (*Cynoscion* sp., *Macrodon atricauda*) (GONÇALVES *et al.*, 2013; TOGNI, 2013).

Na cidade de Bertioga há duas estações de tratamento de esgoto (ETE) da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp) (Figura 4): ETE Vista Linda (Bertioga 2) (46° 5'7.78"O, 23°48'0.50"S) à montante do rio, e ETE Bertioga (46°9'12.04"O, 23°49'6.97"S) em direção à foz no Canal de Bertioga, ambas têm como corpo receptor o Rio Itapanhaú, com vazões de referência 0,6918 m³/s e 0,3769 m³/s, respectivamente, sem contar com o lançamento da ETE informal da Riviera de São Lourenço (ANA, 2017; COSTA *et al.*, 2016).

Os manguezais da região foram classificados por Fiertz (2017) como um dos mais extensos da RMBS e por Capparelli *et al.* (2021) como constituinte de uma das áreas mais conservadas do Sistema Estuarino de Santos. Embora os bosques situados à margem direita do rio estejam dentro dos limites do Parque Estadual Restinga de Bertioga (PERB), ainda sofrem perturbação antrópica devido às ondas provenientes das embarcações que transitam no rio e à ocupação da cidade de Bertioga à margem esquerda do rio (RODRIGUES *et al.*, 1996; LAURELI, RAMIRES E BARRELLA, 2021).

Para a seleção do local de estudo foram consideradas as características do ambiente, dentre elas o nível de interação antrópica sob o qual está exposto e a semelhança ambiental entre as transecções, por pertencerem a um mesmo bosque. Isso foi estabelecido com a finalidade de minimizar os fatores de alteração e isolar as interferências de variáveis como altura e período dos ciclos de maré, teores de salinidade, índice pluviométrico entre outros.

Devido às características da área de estudo e os objetivos do projeto, optou-se pela disposição de cinco transecções (com aproximadamente 200 m de comprimento) no manguezal à margem direita do rio Itapanhaú (Figura 4), perpendicularmente ao curso do rio. Essas transecções foram distribuídas em função de um possível gradiente de exposição a pressões antrópicas decorrentes do aporte de efluentes das ETES (regulares), dos esgotos provenientes das ocupações irregulares na margem oposta do rio, das perturbações físicas causadas pelo tráfego de embarcações, que se somam em direção à foz do rio no Canal de Bertioga, conforme descrito a diante.

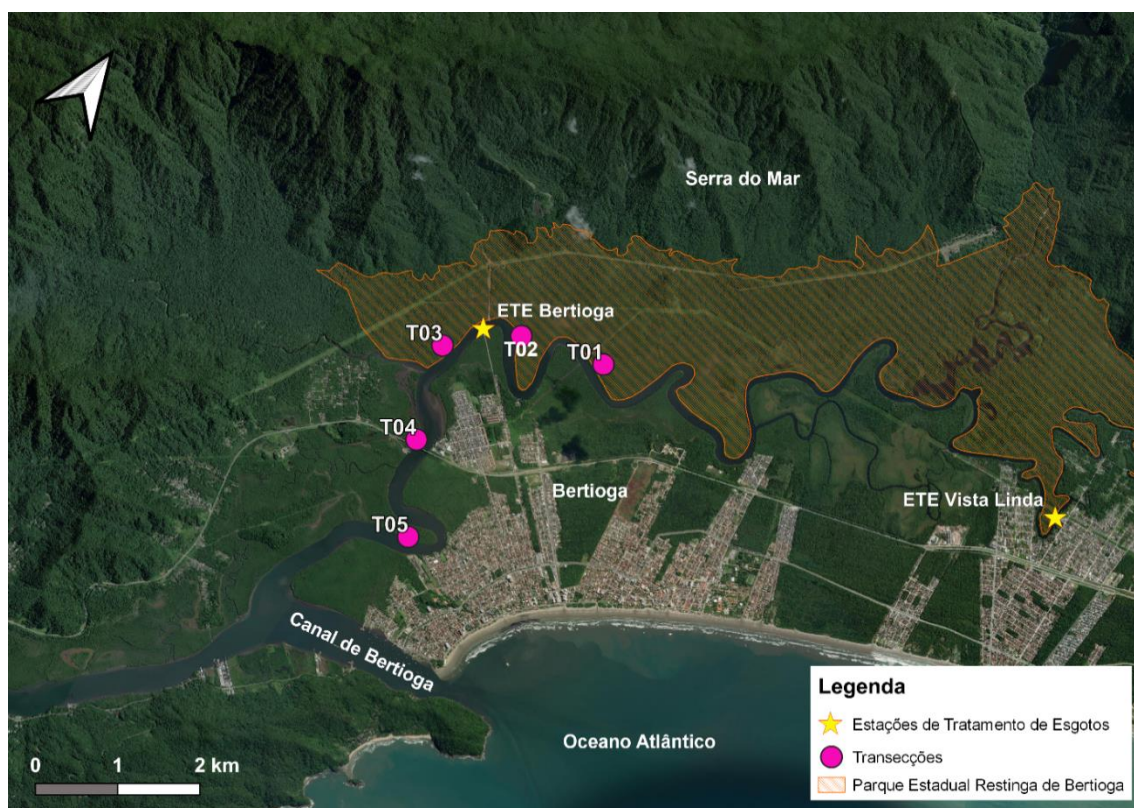


Figura 4: Ilustração da disposição das transecções, onde foi realizado o estudo. Fonte: Elaborado pelo autor.

Além das cinco transecções, foi estabelecido um ponto controle (Figura 5) à montante (aproximadamente 5 km de T01) do rio Itapanhaú, fora da zona de influência da maré ($46^{\circ} 6'18.37''\text{O}$, $23^{\circ}47'39.00''\text{S}$), já na região de transição de manguezal-restinga, apenas para a amostragem de água, a fim de se verificar a integridade e conservação da transecção T01.

Os dados foram coletados em duas campanhas amostrais, uma em período chuvoso em 13 de fevereiro de 2022 (verão) e outra em período seco em 27 de agosto de 2022 (inverno).

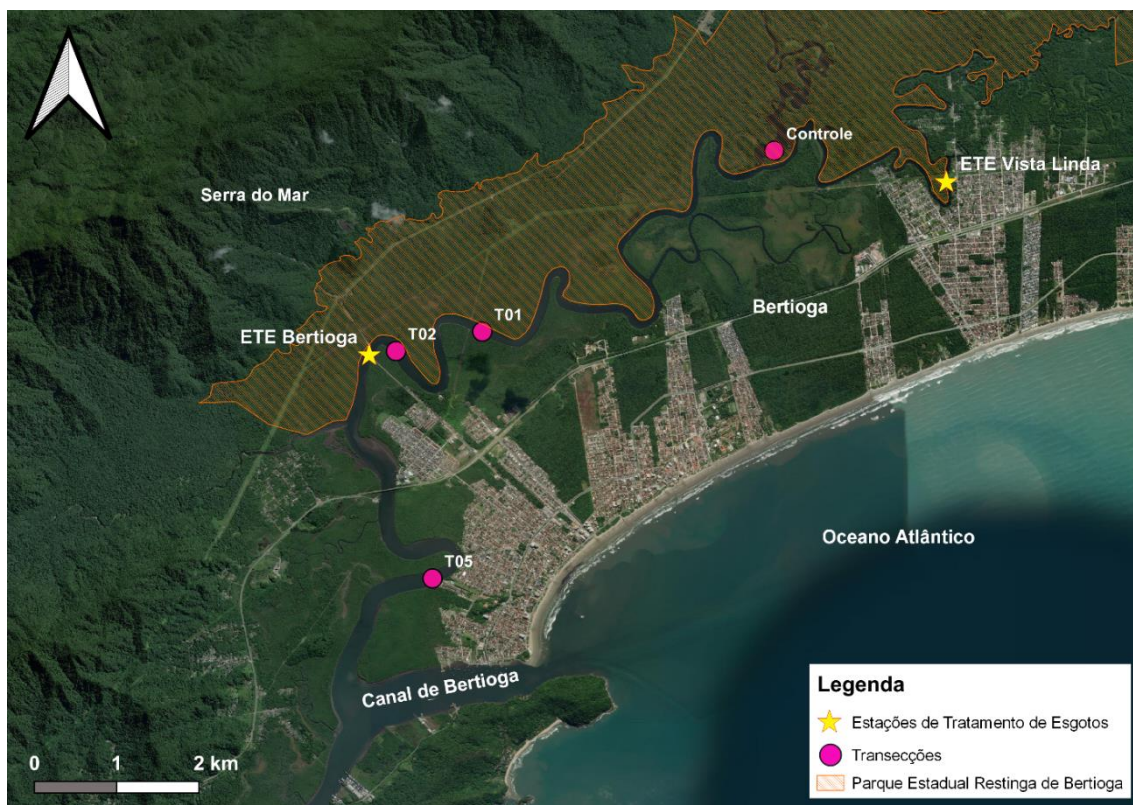


Figura 5: Ilustração da disposição dos pontos, onde foram realizadas as amostragens de água na calha do Rio Itapanhaú. Fonte: Elaborado pelo autor.

A região para amostragem foi escolhida com base o grau de interação antrópica visualizado em campo sobre a ocupação de solo às margens do rio, assim como os dados de ocupação de solo e de descartes de efluentes levantados na literatura. Três das cinco transecções estão localizadas ainda nos limites do PERB, sendo:

- T01: a primeira a 2,75 km a montante do ponto de descarte da ETE Bertioga ($46^{\circ}8'23.85''\text{O}$; $23^{\circ}48'56.79''\text{S}$) e cerca de 10 km a jusante da ETE Vista Linda (Bertioga 2), sendo essa considerada para o presente estudo a transecção que sofre menor influência antrópica (Figura 6);
- T02: disposta a aproximadamente 0,4 km a montante – ($46^{\circ}9'0.92''\text{O}$; $23^{\circ}49'5.16''\text{S}$) – (Figura 5; Figura 7.A; Figura 8.H) - da ETE Bertioga, considerada ponto de média influência por atividade antrópica;
- T03: disposta a 0,6 km a jusante – T03 ($23^{\circ}49'25.83''\text{S}$; $46^{\circ}9'19.98''\text{O}$) - da ETE Bertioga, também considerada ponto de média influência por atividade antrópica (Figura 6; Figura 7.B; Figura 7.D);

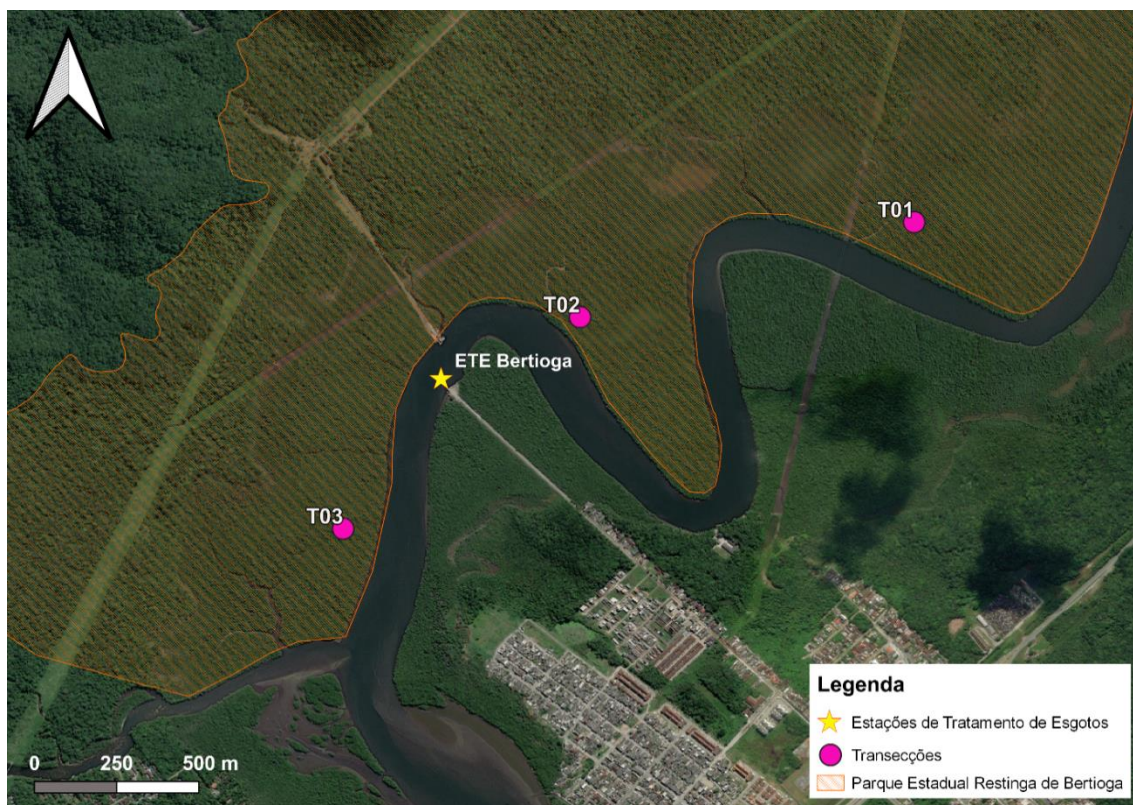


Figura 6: Ilustração das Transecções de amostragem dispostas ainda dentro dos limites do Parque Estadual Restinga de Bertioga. Fonte: Elaborado pelo autor.

- T04: a quarta transeção ($46^{\circ}9'7.58''\text{O}$; $23^{\circ}50'2.17''\text{S}$) já é externa ao PERB, cerca de 1,2 km à jusante de T03 e junto a ponte da Rodovia Mário Covas (SP-055), exposta à maior influência antrópica, em frente ao bairro Jd. Vicente de Carvalho e a algumas marinas locais (Figura 7; Figura 8.C; Figura 8.E; Figura 8.G).
- T05: também externa ao PERB ($46^{\circ}8'45.24''\text{O}$; $23^{\circ}50'42.92''\text{S}$), a aproximadamente 2,0 km à jusante de T04 em frente à Prefeitura Municipal de Bertioga, região intensamente habitada e com a presença de marinas, ponto mais próximo à foz do rio no Canal de Bertioga, considerada para o presente estudo a região de maior interação antrópica (Figura 7; Figura 9.F; Figura 9.I).

A coleta de dados foi realizada sob autorização da Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente do Governo do Estado de São Paulo, pelo Instituto de Pesquisa Ambientais (Processo número 000000010256/2022 / Autorização 0000073145/2022 - Anexo A).



Figura 7: Localização das transecções de amostragem dispostas à jusante dos limites do Parque Estadual Restinga de Bertioga. Fonte: Elaborado pelo autor.

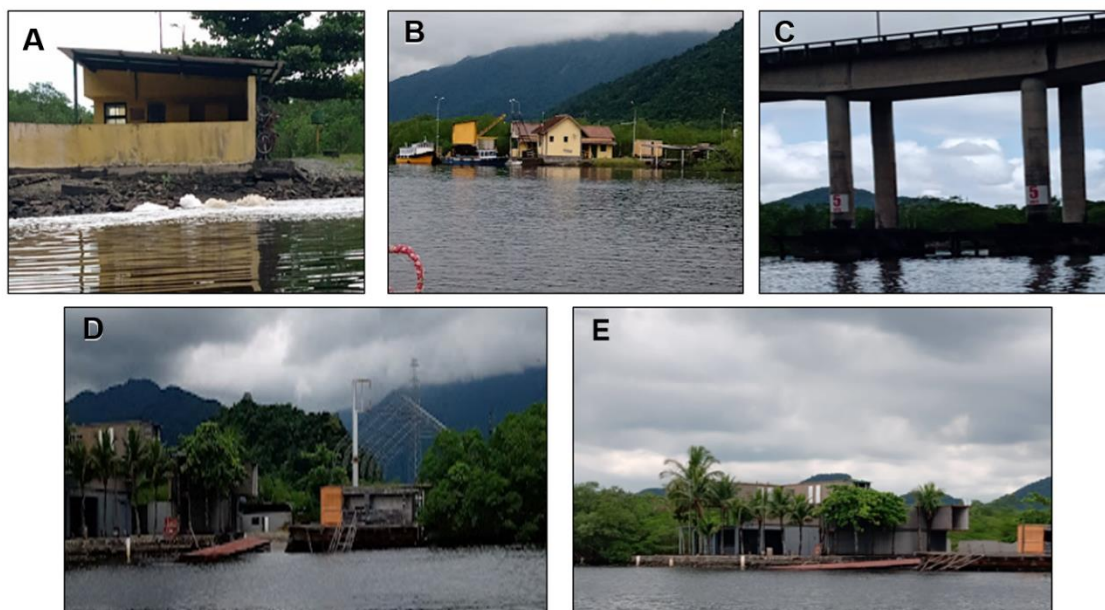


Figura 8: Ilustração das atividades antrópicas ocorrentes ao longo do Rio Itapanhaú em Bertioga-SP, na região de estudo. Onde: A – Descarte de Efluente de ETE Bertioga 2 (T02); B – Ocupação às margens do rio (T03) ; C - Ponte a Rodovia SP-055 (T04) ; D – Linha Férrea (T03); E – Construções sobre o manguezal (T04). Fonte: Elaborado pelo autor.

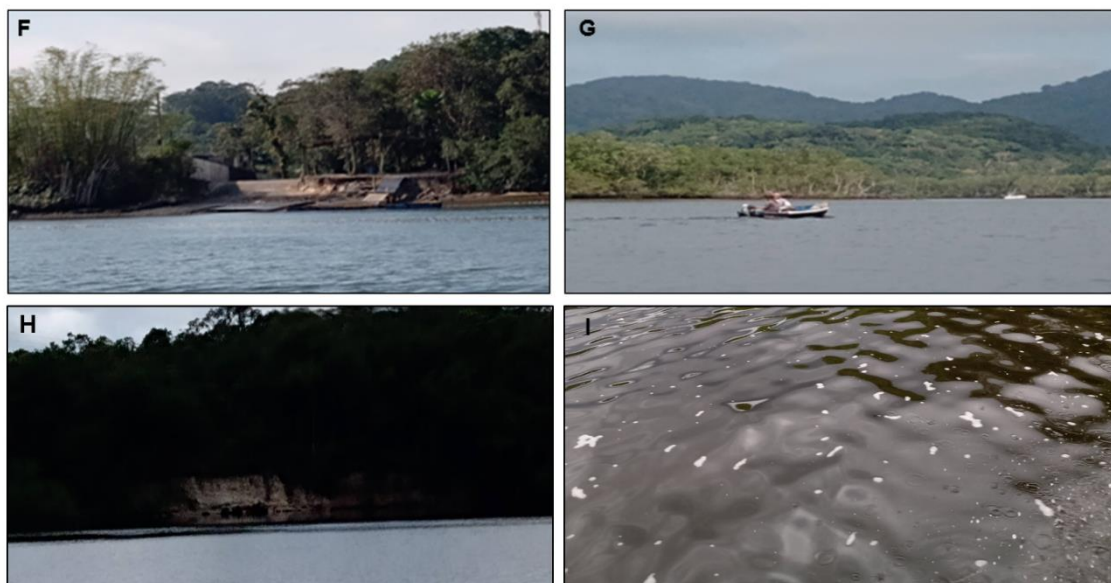


Figura 9: Ilustração das atividades antrópicas ocorrentes ao longo do Rio Itapanhaú em Bertioga-SP, na região de estudo. Onde: F – Entulho acumulado à margem do rio (T05); G – Pesca (T04) ; H – Clareira erosiva (T02); I – Focos de óleo e espuma (T05). Fonte: Elaborado pelo autor.

2.2. CONDIÇÕES AMBIENTAIS

Dados de pluviosidade para os dois períodos de coleta (fevereiro – chuvoso e agosto – seco) foram obtidos a partir da plataforma do Sistema Integrado de Bacias Hidrográficas do Departamento de Águas e Energia Elétrica (SIBH-DAEE)⁴ do Estado de São Paulo. Também foram obtidos dados para a variação da maré no município de Bertioga para cada um dos dias de coleta (13/02/2022 e 27/08/2022) na plataforma Tábua de Marés⁵.

A altura da maré no momento da amostragem de cada um dos pontos de água foi estimada a partir da fórmula proposta pelo Instituto Hidrográfico de Portugal (2023):

$$\frac{H + h}{2} + \frac{H - h}{2} * \cos \frac{\pi t}{T}$$

Onde:

H = altura máxima da maré (preamar)

h = altura mínima da maré (baixa-mar)

T = intervalo de tempo do ciclo (preamar – baixa-mar)

⁴ <http://sibh.daee.sp.gov.br/>

⁵ <https://tabuademares.com/br/so-paulo/bertioga>

t = intervalo de tempo entre a preamar ou baixar imediatamente anterior e o momento de interesse de medição da maré.

2.3. ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA

Tanto a amostragem quanto os ensaios foram realizados seguindo metodologia descrita no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (SMWW) (APHA, 2017).

Os dados referentes às análises físico-químicas da água foram coletados em preamar de sizígia para a verificação do efeito da enchente da maré nas interações das variáveis, em três momentos diferentes da maré: estofa de baixamar; maré enchente e estofa de preamar. Para esse fim foram utilizados os pontos de amostragem T05, T02 e T01. Esses pontos foram determinados devido à sua localização e nível de exposição à atividade antrópica, sendo: T01 o mais preservado, T02 diretamente à montante da estação de descarte de efluente da ETE Bertioga 2 e T05 o local mais exposto às atividades antrópicas. Toda a amostragem de água foi realizada na calha do Rio Itapanhaú em frente às transecções determinadas para este estudo.

Para as análises laboratoriais foi coletada água subsuperficial em triplicata, utilizando uma garrafa Van Dorn, a cerca de 30 cm de profundidade (Foto 1). As amostras foram envasadas em garrafa de vidro âmbar de 200 ml. Já para os dados *in situ* (salinidade, pH, oxigênio dissolvido, eH redox, turbidez, condutividade e temperatura da água) foram mensuradas três réplicas (ao lado direito, ao lado esquerdo e na proa do barco) em cada local, com sonda multiparâmetros Horiba U-52G calibrada (Foto 2).



Foto 1: Amostragem de água subsuperficial com garrafa Van Dorn de 3 litros. Fonte: Elaborado pelo autor.

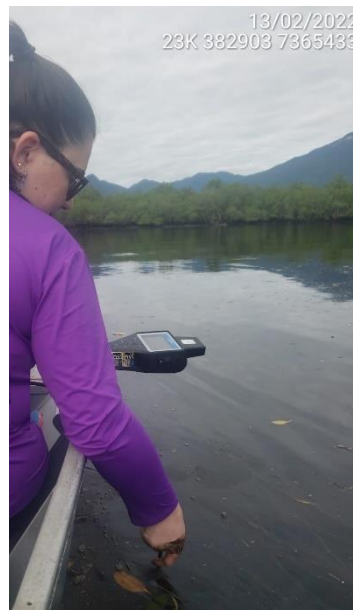


Foto 2: Amostragem de dados físico-químicos da água in situ com sonda multiparâmetros. Fonte: Elaborado pelo autor.

As amostras coletadas para análise química e determinação de nitrogênio amoniacal, nitrato, nitrito, fosfato e surfactantes foram mantidas refrigeradas e encaminhadas ao Laboratório de Pesquisa em Produtos Naturais (LPPNat) da UNISANTA onde foram realizadas as análises, em até sete dias após a coleta (Foto 3).

As concentrações de nitrato (NO_3) e nitrito (NO_2) foram determinadas pelo método NTD. Para fosfato (PO_4) foi aplicado o método do Azul de molibdênio, enquanto a quantificação dos agentes surfactantes (LAS) foi realizada a partir da extração por clorofórmio como soluções que reagem com o azul de metileno (MBAS – Metilene Blue Active Substances). Todas as análises foram executadas de acordo com o SMWW 23ª edição (2017), a partir da aplicação de spectrokits produzidos pela Alfakit (Santa Catarina, Brasil), próprios para cada tipo de análise.

Para a preparação das amostras foi seguido o manual do fabricante e as a absorbância lida em espectrofotômetro (Thermo Spectronic, modelo Biomate 3) com comprimento de onda $\lambda = 535 \text{ nm}$ (NO_3 e NO_2) e $\lambda = 650 \text{ nm}$ (PO_4 e LAS). As concentrações de cada substância foram convertidas em mg/L, por meio do uso de curva padrão construída usando como referência solução padrão também da Alfakit com concentrações de 0,3125 a 10,00 mg/L (NO_3 , PO_4 e LAS) e 0,0156 a 0,5 mg/L (NO_2), ambas com intervalos de 6 pontos em triplicata. Os seguintes

resultados foram obtidos para as retas $R^2=0,9957$ (NO_3); $R^2=0,9936$ (NO_2); $R^2=0,9997$ (PO_4) e $R^2=0,9927$ (LAS).

Para a determinação do teor de nitrogênio amoniacal (NH_3) foi aplicado o método do fenato, segundo descrito no SMWW 23ª edição (2017), a partir da aplicação do kit de ensaio preparado pelos técnicos do Laboratório de Química da Unisanta próprio para essa análise. Depois de preparadas, as amostras tiveram sua absorbância lida em espectrofotômetro (Thermo Spectronic, modelo Biomate 3) com comprimento de onda $\lambda = 630 \text{ nm}$. As concentrações de NH_3 foram convertidas em mg/L, por meio do uso de curva padrão construída usando-se como referência solução padrão de amônia ($\text{NH}_3\text{-H}$), também preparada no laboratório da UNISANTA, com concentrações de 0,25 a 5,00 mg/L, com intervalos de 5 pontos em triplicata. Para tanto, foram obtidos os valores de $R^2=0,9899$ (verão) e $R^2=0,9898$ (inverno) para a reta.

As fichas técnicas dos spectrokits produzidos pela Alfakit (Santa Catarina, Brasil) são apresentadas no Anexo B.

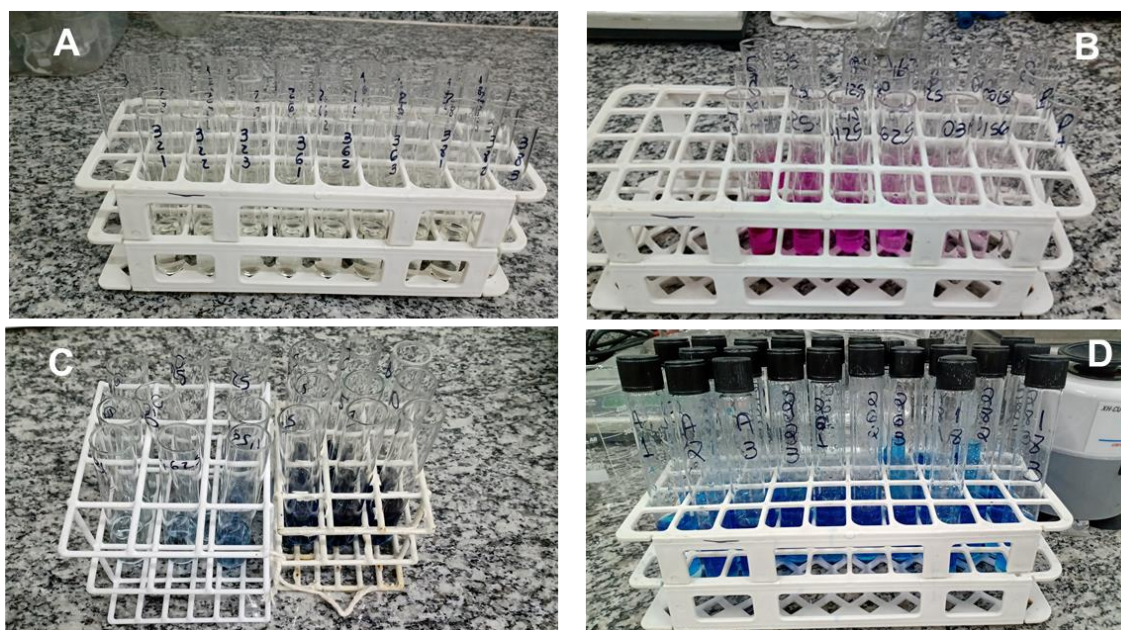


Foto 3: Reações das análises para quantificação de Nitrato (A), Nitrito (B), Fosfato (C) e Surfactantes (D), em laboratório. Fonte: Elaborado pelo autor.

2.4. ANÁLISE GRANULOMÉTRICA E TEOR DE MATÉRIA ORGÂNICA DO SEDIMENTO

Para verificação da qualidade do sedimento foram feitos ensaios para a determinação da granulometria e teor de matéria orgânica. As amostras de sedimento na superfície foram coletadas aleatoriamente em triplicatas, com aproximadamente 500 g cada, na franja e ao final de cada transecção, consideradas amostras de franja (F) e centro (C) (Foto 4). É definido como amostra de centro por tratar-se de uma região central, entre a franja do bosque e a transição entre manguezal e restinga. A aleatorização dos pontos foi realizada seguindo um ângulo e distância sorteados com o emprego de uma tabela de números aleatórios produzida no Microsoft Excel (0-4 m para a distância e 0-360° para o ângulo). As amostras foram ensacadas, identificadas e transportadas ao laboratório, conforme procedimentos empregados por ANA e Cetesb (2011).



Foto 4: Amostragem de sedimento com bomba de sucção. Fonte: Elaborado pelo autor.

Em laboratório, cerca de 100 a 150 g de cada réplica foram dispostos em recipiente de alumínio e então aferidos os pesos úmidos e seco (após 48h de exposição a 60°C em estufa). Depois de seco, cerca de 2 a 4 g do material foram destinados determinação do Teor de Matéria Orgânica. O restante foi transferido para recipientes de vidro para a oxidação de matéria orgânica a partir do método

de ataque com peróxido de hidrogênio. Após algumas horas de reação as amostras foram lavadas com água destilada e novamente secas a 60°C até atingirem o peso constante (CETESB, 1995). Depois da secagem se procedeu à maceração e tamização em conjunto de 5 peneiras (0,075; 0,106; 0,150; 0,425; 0,600 mm) por 15 minutos (Foto 5). A classificação foi realizada pelo padrão de granulometria ABNT NBR 6502/95. Não foi realizada separação da porção fina do sedimento, em silte e argila. Para tal considerou-se a porção de grãos que não foram retidos na peneira de malha mais fina, ou seja, massa dos grãos <0,075 mm.



Foto 5: Conjunto de peneiras granulométricas no tamizador para separação do sedimento seco em categorias para determinação granulométrica. Fonte: Elaborado pelo autor.

O teor de matéria orgânica (MO) foi determinado pelo método de queima em mufla. A alíquota separada para esse ensaio foi transferida para um cadinho de cerâmica de massa conhecida e levada à mufla à 600 °C até atingir peso estável (aproximadamente 4h). Após a exposição o cadinho foi pesado novamente. A diferença de valores foi registrada como o teor de MO da amostra (Foto 6) (CASAGRANDE, 1948; BOTO, 1984). Todos os dados foram tratados baseados na média das três amostras.



Foto 6: Cadinhos de cerâmica contendo as amostras de sedimento antes da queima em mufla (esquerda) e após a queima de matéria orgânica em mufla (direita). Fonte: Elaborado pelo autor.

2.5. ÍNDICE DE VEGETAÇÃO POR DIFERENÇA NORMALIZADA

A determinação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e consequente classificação da vegetação foi realizada utilizando imagens do satélite SENTINEL 2 obtidas a partir do SentinelHub⁶. As imagens utilizadas datam de 20/02/2022 (7 dias após a coleta dos dados de qualidade de água, sedimento e morfométricos no período chuvoso) e 14/08/2022 (13 dias antes da coleta dos dados de qualidade de água, sedimento e morfométricos no período seco), com menos de 10% de cobertura de nuvens.

Para a padronização das áreas de análise, foram criados polígonos retangulares com 150 m de lado e englobando área total de cada transecção.

Para os cálculos de (NDVI) foi utilizado o software QGIS, aplicando-se a seguinte equação (ROUSE et al., 1974):

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red}$$

⁶ <https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/>

Para o estudo, foram utilizadas as Bandas 04 (vermelho/red) e 08 (infravermelho próximo/NIR).

Os valores resultantes variam entre -1 e 1, sendo que quanto maior, ou mais próximo de 1, o valor maior a taxa fotossintética no determinado pixel, maior a cobertura vegetal (OLIVEIRA *et al.*, 2022).

Para a verificação da existência ou não de diferenças estatísticas e confirmação dessa observação, foram obtidos a partir da ferramenta “*r.stats*” do *software* “QGIS” o valor de NDVI calculado em pixel dos polígonos.

2.6. PARÂMETROS FOLIARES

Para o estudo das características foliares, foram obtidos os seguintes dados morfológicos: presença de clorose, herbivoria e demais anomalias (e.g. fungos e galhas) (

Foto 7); além desses, foram mensurados: comprimento, largura e peso (úmido e seco) para determinação de área foliar e teor de umidade das folhas. Também foi calculado o Índice de Esclerofilia (IE) dessas folhas, conforme aplicado por Rizzini e Garay (2004), a partir da fórmula:

$$\frac{\text{massa seca (g)}}{2 * \text{área foliar (dm}^2\text{)}} = \text{IE (g/dm}^2\text{)}$$

Para a classificação foram consideradas esclerófilas as folhas cujo $\text{IE} \geq 0,6 \text{ g/dm}^2$.



Foto 7: Prancha com exemplares de folhas contendo as características analisadas: clorose (A), necrose (B), herbivoria (C), anomalias (D, E) e sadia (F). Fonte: Elaborado pelo autor.

Para essas análises foram coletadas 20 folhas (a partir do terceiro nó) de cada uma das espécies *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* e *Avicennia schaueriana*, selecionadas aleatoriamente ao longo dos 200m de cada transecção. Cada folha utilizada pertence a um indivíduo diferente.

As amostras foram analisadas ainda frescas, enquanto o peso seco foi obtido após secagem em estufa dessas amostras à 60°C por cerca de 48h.

Para a obtenção de largura e comprimento de cada uma das folhas foi utilizado paquímetro analógico Mitutoyo de 150 mm calibrado (Foto 8). Para aferição da massa (tanto úmida quanto seca) foi utilizada balança portátil Pocket Scale, com faixa de medição de 0 a 200g e precisão de 0,01g (Foto 9).



Foto 8: Aferição das medidas de largura e comprimento das folhas. Fonte: Elaborado pelo autor.



Foto 9: Aferição da massa das folhas secas em balança de mão. Fonte: Elaborado pelo autor.

Os dados morfológicos obtidos foram analisados quantitativamente quanto à porcentagem de ocorrência em relação às folhas coletadas por transecção e comparados.

Posteriormente foram preparadas exsiccatas com as três espécies utilizadas para as análises do presente estudo. Estas foram registradas e tombadas sob número 12916 (*A. schaueriana*), 12917 (*L. racemosa*) e 12918 (*R. mangle*) no Herbário da Universidade Santa Cecília (HUSC) reconhecido internacionalmente, e estão disponíveis para consulta na plataforma Cria “*SpeciesLink*”⁷.

2.7. ANÁLISE DOS DADOS

Para a análise dos dados obtidos, todos os conjuntos foram submetidos à testes de normalidade de Shappiro-Wilk, sendo considerado como parâmetro para aceitar a hipótese nula $p > 0,05$. Sempre que os valores de p encontrados nesse teste foram menores que 0,05 para qualquer subconjunto de dados, foram realizados testes não paramétricos para o conjunto em questão como forma de garantir a homogeneidade estatística do trabalho (ROYSTON, 1992). Para esses

⁷ <https://specieslink.net/search/>

conjuntos não paramétricos foram realizados testes de Kruskal Wallis para a verificação da existência de diferenças estatísticas, e testes a posterior de Comparações Múltiplas de Dunn para a localização destas diferenças dentro dos conjuntos. Já para conjuntos de dados com a normalidade atestada, foram realizados os testes paramétricos Análises de Variância – Anova e testes a posteriori de Tukey.

Para a análise e comparação dos resultados obtidos com as variáveis descritivas de características foliares (clorose, herbivoria, anomalias e necrose) foram realizados testes de Chi-quadrado para a verificação de diferenças entre as campanhas e entre os pontos amostrais e testes *post hoc* de Pairwise, para a localização dessas diferenças.

Testes de Correlação de Spearman foram realizados para os conjuntos de dados de água, sedimento, para as características foliares por espécie, e comparando todas as variáveis que compõem o estudo. Também foram realizados testes de Correlação de Spearman e Análise de Componentes Principais – PCA entre as variáveis foliares (área foliar, teor de umidade, índice de esclerofilia, clorose, herbivoria, anomalias, necrose) e os dados abióticos para cada uma das três espécies arbóreas (*R. mangle*, *L. racemosa* e *A. schaueriana*) individualmente, a fim de se avaliar as características ambientais que influenciam a resposta da comunidade vegetal, foi empregada a Análise de Componentes Principais – PCA.

Importante frisar que para padronizar todas as variáveis que possuem diferentes unidades de medida e grandezas foi feita a conversão dos valores da seguinte forma:

- Variáveis contínuas foram transformadas em $\text{Log}(x+1)$;
- Variáveis descritivas com valores expressos em % foram transformadas pela função do arco seno: $\arcseno(\sqrt{(x/100)})$

Todas as análises de dados foram realizadas utilizando a linguagem R. Os gráficos apresentados neste trabalho foram desenvolvidos em *software* de linguagem R e no Microsoft Excel®.

Para facilitar a visualização gráfica foram designadas siglas para as variáveis e para as espécies, de acordo com o Quadro 1.

Quadro 1: Relação de número e siglas dados a cada uma das variáveis estudadas para a composição das matrizes multivariadas.

Matriz	Sigla	Variável	Unidade
Folhas	Área	Área Foliar	cm ²
Folhas	Umi	Teor de Umidade	%
Folhas	Clo	Clorose	
Folhas	Herb	Herbivoria	
Folhas	Anom	Anomalias	
Folhas	Nec	Necrose	
Folhas	Escl	Índice de Esclerofilia	g/dm ²
Água	Temp	Temperatura	°C
Água	pH	pH	
Água	Cond	Condutividade	mS/cm
Água	Sal	Salinidade	ppt ou ‰
Água	TDS	Sólidos Totais Dissolvidos	g/L
Água	OD	Oxigênio Dissolvido	mg/L
Água	ORP	Potencial de Oxirredução	mV
Água	Turb	Turbidez	NTU
Água	NO ₃	Concentração de Nitrato	mg/L
Água	NO ₂	Concentração de Nitrito	mg/L
Água	NH ₃	Concentração de Nitrogênio Amoniacal	mg/L
Água	PO ₄	Concentração de Fosfato	mg/L
Água	LAS	Concentração de Surfactantes	mg/L
Sedimento	Finos	Porção Fina dos Grãos (Silte + Argila)	%
Sedimento	A.Fina	Areia Fina	%
Sedimento	A.Média	Areia Média	%
Sedimento	MO	Teor de Matéria Orgânica	%
Sensoriamento Remoto	NDVI	NDVI	

Para a análise gráfica é importante frisar que os gráficos em *boxplot* foram desenvolvidos da seguinte forma: as “caixas” são compostas pelo terceiro quartil (75% dos dados) na aresta superior, mediana dos dados (segundo quartil) na linha interna horizontal, primeiro quartil (25% dos dados) na aresta inferior, limite mínimo ao final da linha vertical externa inferior e limite máximo dos dados ao final da linha externa vertical superior. Os gráficos de barra, quando representando os resultados médios para determinada variável são apresentados com suas barras de erro referentes ao intervalo de confiança do conjunto em questão, com $\alpha = 0,05$.

O **Quadro 2** apresenta um resumo de todo o esforço amostral aplicado para o desenvolvimento do presente estudo. Nele estão relacionadas as variáveis ambientais obtidas, em qual quantidade e em quais transecções em ambas as campanhas amostrais (seco e chuvoso).

Quadro 2: Resumo do esforço amostral realizado para o desenvolvimento do estudo no rio Itapanhaú.

Conjunto de dados	Variáveis	Esforço	Locais Amostrados
Água	Temperatura pH Condutividade Salinidade Sólidos Totais Dissolvidos Oxigênio Dissolvido Potencial de Oxirredução Turbidez Nitrato Nitrito Nitrogênio Amoniacal Fosfato Surfactantes	Amostras em triplicata Três momentos de amostragem (estofa de baixamar; maré enchente; estofa de preamar)	T01; T02; T05; Ponto controle (montante de T01)
Sedimento	Granuometria Teor de Matéria Orgânica	Amostras em triplicata Parcela de franja e mais ao interior (centro)	T01; T02; T03; T04; T05
Sensoriamento Remoto	Índice de Vegetação por Diferença Normalizada	Imagem única de satélite Sentinel-2. Recortados um polígono para cada transecção.	T01; T02; T03; T04; T05
Folhas	Área Foliar Teor de Umidade Índice de Esclerofilia Clorose Herbivoria Anomalias Necroses	20 folhas coletadas de 20 indivíduos diferentes de cada uma das três espécie encontradas (<i>Rhizophora mangle</i> , <i>Laguncularia racemosa</i> , <i>Avicennia schaueriana</i>) coletadas em cada uma das transecções.	T01; T02; T03; T04; T05
Duas campanhas amostrais: verão/chuvoso - 13/02/2022 e inverno/seco - 27/08/2022			

3. RESULTADOS

3.1. CONDIÇÕES AMBIENTAIS

Para o período chuvoso foi registrado apenas 0,60 mm de precipitação nos três dias que antecederam as coletas (Figura 10). Já para o período seco não foram registradas chuvas nos dias antecedentes à amostragem (Figura 11).

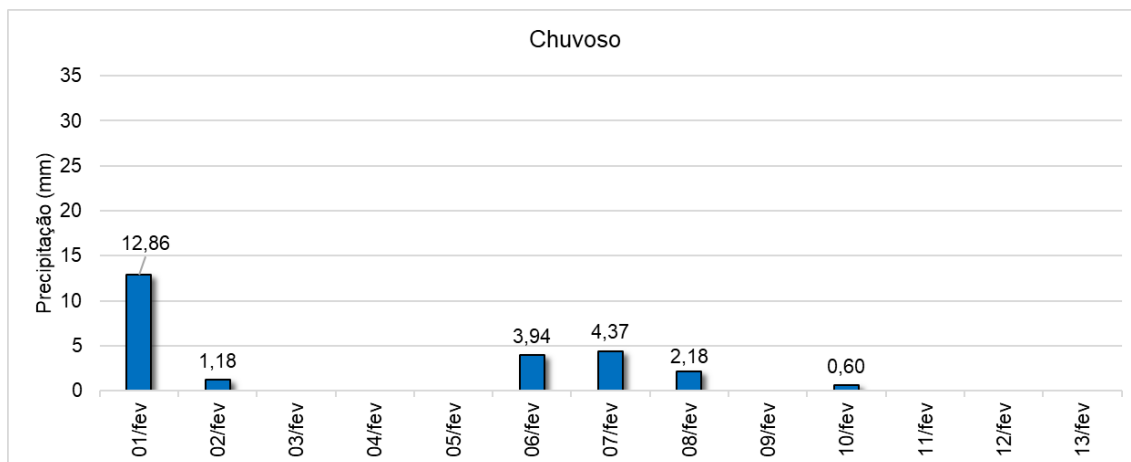


Figura 10: Dados de precipitação para Bertioga – SP na região do bairro Jardim Lido posto de coleta 350635902A do SIBH-DAEE para o mês de fevereiro de 2022 em mm de precipitação por dia. Fonte: SIBH-DAEE, 2023.

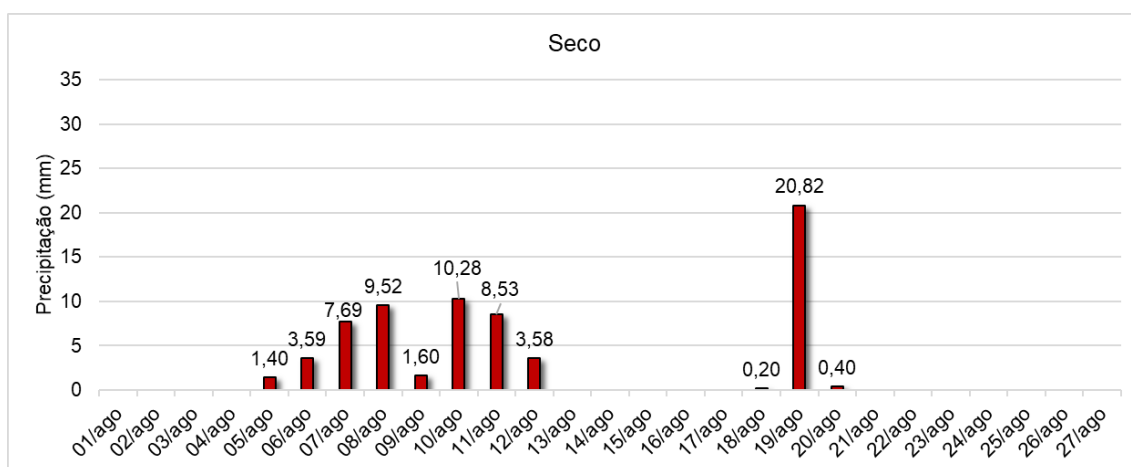


Figura 11: Dados de precipitação para Bertioga – SP na região do bairro Jardim Lido posto de coleta 350635902A do SIBH-DAEE para o mês de agosto de 2022 em mm de precipitação por dia. Fonte: SIBH-DAEE, 2023.

Nos dois dias de coleta ocorreram marés de sizígia, com amplitude de 1,40 m no período chuvoso e 1,60 m no período seco. As Figura 12 e Figura 13 ilustram a altura da maré no momento de coleta de cada uma das amostras de água.

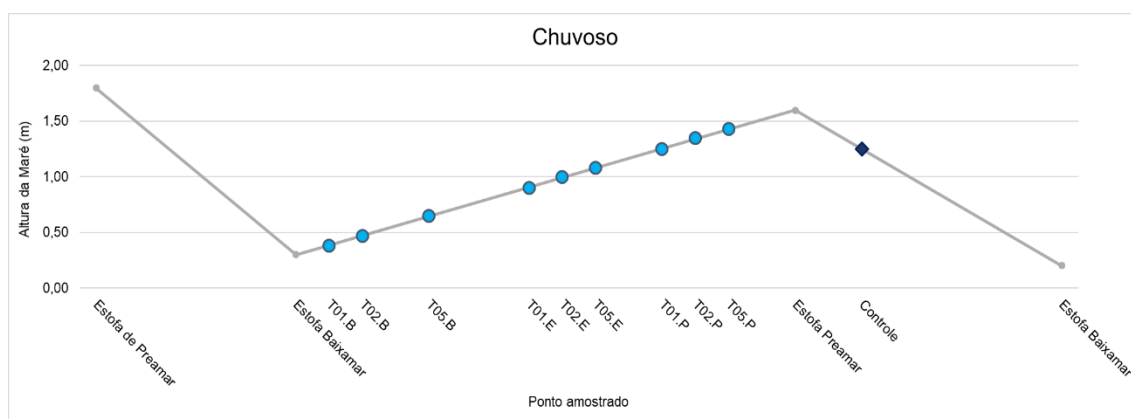


Figura 12: Curva da maré da região de Bertioga – SP durante a amostragem do período chuvoso em 13 de fevereiro de 2022. Onde o losango marca a amostragem no ponto controle e os pontos em azul marcam a altura da maré no momento de amostragem de cada transecção.

Fonte: Tábua de Marés, 2023.

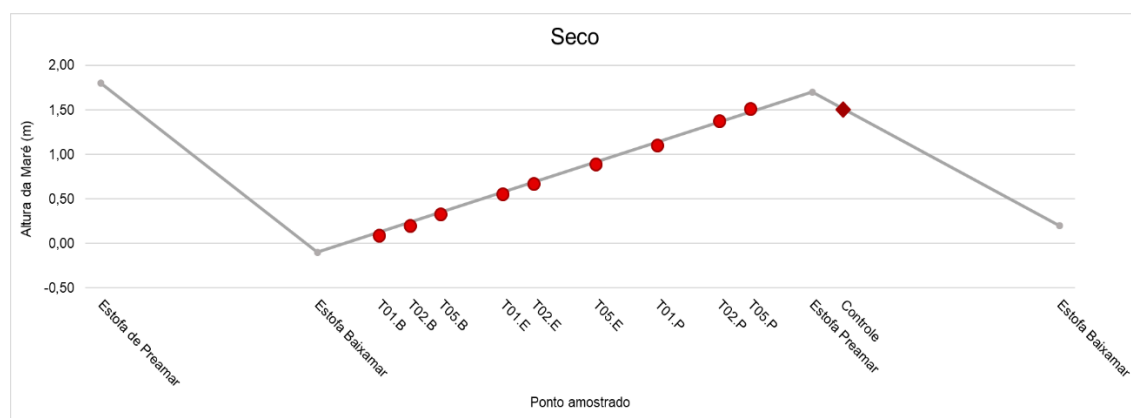


Figura 13: Curva da maré da região de Bertioga – SP durante a amostragem do período seco em 27 de agosto de 2022. Onde o losango marca a amostragem no ponto controle e os pontos em vermelho marcam a altura da maré no momento de amostragem de cada transecção.

Fonte: Tábua de Marés, 2023.

3.2. ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DE ÁGUA

De acordo com plataforma do Sistema Ambiental Paulista (DATAGEO)⁸ e o Mapa Temático da Hidrografia Conforme Decreto 10.755/77 – UGRHI 7 o Rio Itapanhaú na região de estudo é classificado como corpo hídrico da água doce pertencente à classe 2 da Resolução CONAMA 357/2005. Desta forma os dados aqui analisados foram comparados com os limites estabelecidos por esse documento para a categoria.

Temperatura

A temperatura média nas transecções variou de $20,38 \pm 0,01$ °C em T01 na estofa de baixa-mar do período seco e $28,00 \pm 0,01$ °C em T05 na estofa de

⁸ <https://datageo.ambiente.sp.gov.br/app/?ctx=DATAGEO#>

preamar no período chuvoso. Essa variável somente é regulada pela Resolução Conama nº 357/05 para o lançamento de efluentes.

A maior amplitude dados (diferença entre o maior e o menor valor obtido) ocorreu em T01 no período chuvoso na maré enchente, variando entre 25,56 e 25,95 °C (Figura 14). Temperaturas mais elevadas foram observadas no período chuvoso para todos os pontos e em todos os momentos da maré. Também é observado um gradiente crescente da temperatura tanto em direção à jusante do rio, como em relação à enchente da maré para o período chuvoso. Para o período seco também foi observado esse gradiente em relação à enchente da maré para as transecções T01 e T02, assim como é observado um gradiente crescente de temperatura entre esses locais com o ponto controle. Para T05 ocorreu um aumento de temperatura na maré enchente em relação à estufa de baixa-mar, contudo há uma diminuição de temperatura na estufa de preamar em relação à (Figura 14).

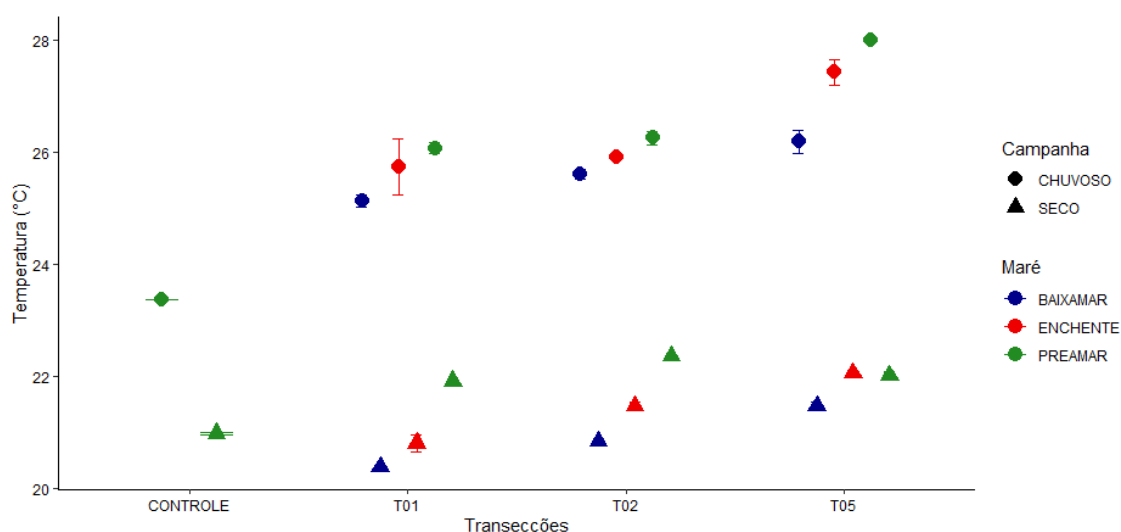


Figura 14: Resultados obtidos para temperatura (°C) no período seco e chuvoso para as quatro transecções (T01, T02, T05 e controle), sendo que para as três primeiras os dados foram obtidos em três momentos de maré (baixa-mar, enchente e preamar) na calha do rio Itapanhaú. As barras de variação representam o intervalo de confiança com $p=0,05$.

A análise de distribuição dos dados atestou que o conjunto não atende aos princípios da normalidade ($p<0,01$). O teste de Kruskal Wallis indicou haver diferença entre as amostras ($H=58,68$, G.L. = 19, $p<0,01$). Os resultados obtidos com o teste de Dunn apontaram diferenças estatísticas significativas entre os períodos seco e chuvoso na estufa de baixa mar para os as transecções T01 ($p=0,02$), T02 ($p=0,02$) e T05 ($p=0,01$); na maré enchente para T01 ($p=0,01$) e

T05 ($p=0,04$) e, por fim, na estofa de preamar para T05 ($p=0,01$). Não foram encontradas diferenças estatísticas significativas entre as transecções em um mesmo momento de maré, ou para uma mesma transecção nos diferentes momentos de maré.

pH

Os resultados de pH médios na região variaram de $6,42\pm 0,25$ em T01 na estofa de baixa-mar do período chuvoso a $8,02\pm 0,09$ em T05 na estofa de preamar no período seco. De acordo com a Resolução Conama n° 357/05 o pH deve estar entre 6,0 e 9,0 em corpos hídricos de água salobra pertencentes à classe 2 (BRASIL, 2005). No presente estudo não foram obtidos resultados abaixo da faixa de variação estabelecida pela Resolução.

A maior amplitude dos dados (diferença entre o maior e o menor valor obtido) ocorreu em T01 no período chuvoso na estofa de baixa-mar, variando entre 6,15 e 6,64 (Figura 15). Valores menores de pH foram observados no período seco na maré enchente para as transecções T01 e T05, assim como na estofa de preamar para T01 e o ponto controle e na estofa de baixa-mar para T05. Para a estofa de baixa-mar os valores de pH foram mais baixos no período chuvoso para as transecções T01 e T02, assim como na estofa de preamar para T02 e T05. A maré enchente na transecção T02 foi o momento que apresentou a menor diferença entre as campanhas amostrais (Figura 15).

Para ambas as campanhas de amostragem (períodos seco e chuvoso) foi possível observar um gradiente crescente dos valores de pH em relação à enchente da maré para as transecções, com um aumento acentuado desses valores na estofa de preamar. Quando comparadas as transecções no mesmo momento de maré, também foi obtido esse gradiente crescente de pH em direção à jusante do rio para a estofa de baixa-mar nos dois períodos, para a maré enchente e para a estofa de preamar no período seco (Figura 15).

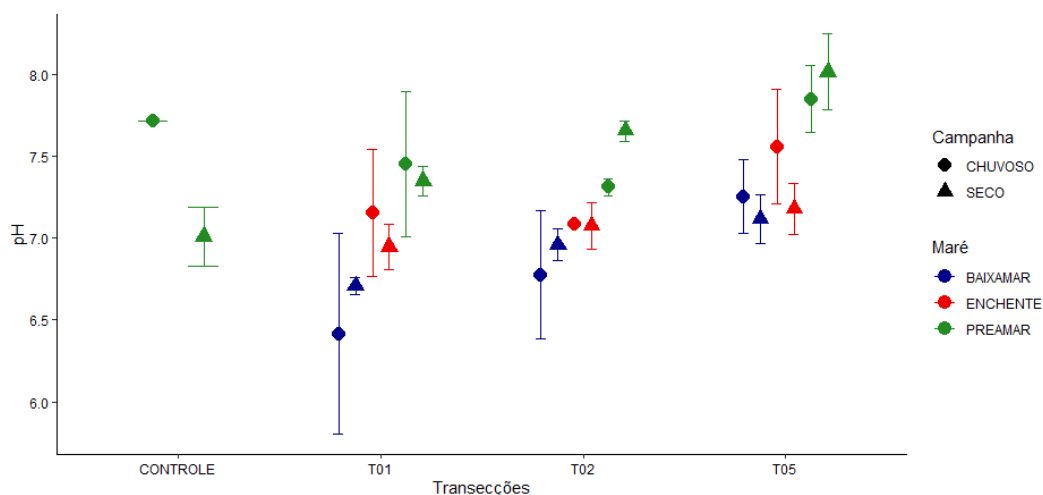


Figura 15: Resultados obtidos para o pH no período seco e chuvoso para as quatro transecções (T01, T02, T05 e controle), sendo que para as três primeiras os dados foram obtidos em três momentos de maré (baixa-mar, enchente e preamar) na calha do rio Itapanhaú. Onde as barras de variação representam o intervalo de confiança com $p=0,05$.

A análise de distribuição dos dados atestou que o conjunto não atende aos princípios da normalidade ($p<0,01$). O teste de Kruskal Wallis indicou haver diferença entre as amostras ($H=58,68$, G.L. = 19, $p<0,01$). Os resultados obtidos com o teste *post hoc* de Comparações Múltiplas de Dunn apontam 11 diferenças estatísticas significativas, que são expressas na (Figura 16).

	C.P.C	C.P.S	T01.B.C	T01.B.S	T01.E.C	T01.E.S	T01.P.C	T01.P.S	T02.B.C	T02.B.S	T02.E.C	T02.E.S	T02.P.C	T02.P.S	T05.B.C	T05.B.S	T05.E.C	T05.E.S	T05.P.C
C.P.S	0,01																		
T01.B.C	<0,01	0,29																	
T01.B.S	<0,01	0,43	0,80																
T01.E.C	0,08	0,44	0,07	0,12															
T01.E.S	<0,01	0,74	0,47	0,64	0,27														
T01.P.C	0,48	0,07	<0,01	0,01	0,30	0,03													
T01.P.S	0,40	0,10	0,01	0,01	0,37	0,05	0,89												
T02.B.C	<0,01	0,47	0,74	0,94	0,14	0,69	0,01	0,02											
T02.B.S	0,01	0,81	0,42	0,58	0,31	0,94	0,04	0,06	0,63										
T02.E.C	0,04	0,68	0,14	0,23	0,72	0,46	0,16	0,21	0,26	0,51									
T02.E.S	0,03	0,70	0,15	0,24	0,70	0,48	0,16	0,20	0,27	0,53	0,98								
T02.P.C	0,28	0,15	0,01	0,03	0,51	0,08	0,71	0,82	0,03	0,09	0,31	0,30							
T02.P.S	0,79	0,03	<0,01	<0,01	0,14	0,01	0,67	0,57	<0,01	0,01	0,07	0,06	0,42						
T05.B.C	0,19	0,24	0,03	0,05	0,68	0,13	0,54	0,63	0,06	0,15	0,44	0,43	0,81	0,29					
T05.B.S	0,06	0,53	0,09	0,15	0,89	0,34	0,24	0,30	0,18	0,38	0,82	0,81	0,43	0,11	0,58				
T05.E.C	0,65	0,04	<0,01	<0,01	0,20	0,02	0,81	0,70	0,01	0,02	0,10	0,10	0,54	0,85	0,39	0,16			
T05.E.S	0,12	0,35	0,05	0,08	0,87	0,21	0,39	0,47	0,10	0,24	0,60	0,58	0,62	0,19	0,81	0,76	0,27		
T05.P.C	0,82	0,01	<0,01	<0,01	0,05	<0,01	0,35	0,28	<0,01	<0,01	0,02	0,02	0,19	0,62	0,12	0,04	0,49	0,07	
T05.P.S	0,69	<0,01	<0,01	<0,01	0,03	<0,01	0,27	0,22	<0,01	<0,01	0,01	0,01	0,14	0,51	0,09	0,02	0,39	0,05	0,87

Figura 16: Resultados do teste *post hoc* de Comparações Múltiplas de Dunn para os valores de pH obtidos nas quatro transecções (T01, T02, T05 e controle), sendo que para as três primeiras os dados foram obtidos em três momentos de maré (baixa-mar (B), enchente (E) e preamar (P)) na calha do rio Itapanhaú no período seco (S) e chuvoso (C). Destacado em vermelho estão os valores de $p\leq 0,05$, e em amarelo as comparações entre transecções compatíveis, momentos de maré, ou um mesmo ponto em períodos diferentes.

Condutividade

A condutividade eletrolítica variou de 1,82 mS/cm no ponto controle no período chuvoso a $47,80\pm 0,52$ mS/cm na transecção T05 na estufa de preamar

no período seco. A condutividade eletrolítica dos corpos hídricos não é regulamentada pela Resolução Conama nº 357/05.

A maior amplitude dos dados (diferença entre o maior e o menor valor obtido) ocorreu na T02 no período chuvoso na estofa de baixa-mar, variando entre 25,80 mS/cm a 27,50 mS/cm. Os resultados de condutividade foram maiores no período chuvoso para a estofa de baixa-mar e a maré enchente nas três transecções. Para a estofa de preamar foi observado o oposto, para as três transecções e o ponto controle (Figura 17).

Um gradiente crescente em relação à enchente da maré foi observado para as três transecções em ambos os períodos do estudo. Também foi obtido um gradiente crescente em direção à jusante do rio para os três momentos de maré tanto no período seco quanto no chuvoso (Figura 17).

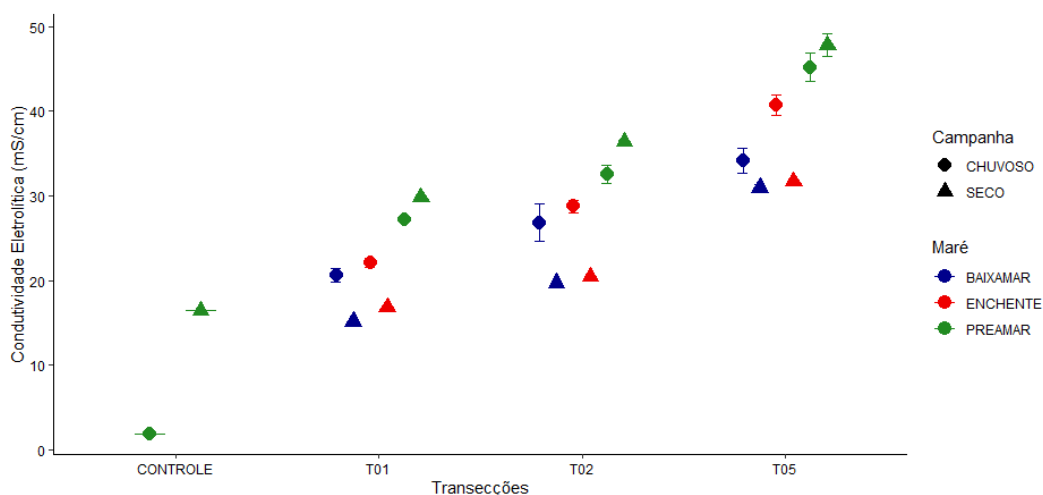


Figura 17: Resultados obtidos para a condutividade eletrolítica (mS/cm) no período seco e chuvoso para as quatro transecções (T01, T02, T05 e controle), sendo que para as três primeiras os dados foram obtidos em três momentos de maré (baixa-mar, enchente e preamar) na calha do rio Itapanhaú. Onde as barras de variação representam o intervalo de confiança com $p=0,05$.

A análise de distribuição dos dados atestou que o conjunto não atende aos princípios da normalidade ($p<0,01$). O teste de Kruskal Wallis indicou haver diferença entre as amostras ($H=58,83$, G.L. = 19, $p<0,01$). Os resultados obtidos com o teste *post hoc* de Comparações Múltiplas de Dunn localizaram diversas diferenças estatísticas significativas, que são expressas na (Figura 18). A maioria destas diferenças se deu principalmente entre as transecções T01 e T05 em um mesmo momento de maré.

	C.P.C	C.P.S	T01.B.C	T01.B.S	T01.E.C	T01.E.S	T01.P.C	T01.P.S	T02.B.C	T02.B.S	T02.E.C	T02.E.S	T02.P.C	T02.P.S	T05.B.C	T05.B.S	T05.E.C	T05.E.S	T05.P.C
C.P.S	<0,01																		
T01.B.C	0,51	0,01																	
T01.B.S	<0,01	0,95	0,01																
T01.E.C	0,14	0,09	0,41	0,08															
T01.E.S	0,06	0,20	0,22	0,18	0,70														
T01.P.C	<0,01	0,97	0,01	0,98	0,09	0,19													
T01.P.S	0,04	0,28	0,16	0,25	0,56	0,84	0,26												
T02.B.C	<0,01	0,87	0,01	0,92	0,07	0,15	0,90	0,21											
T02.B.S	<0,01	0,95	0,01	1,00	0,08	0,18	0,98	0,25	0,92										
T02.E.C	0,18	0,07	0,49	0,06	0,89	0,60	0,06	0,47	0,05	0,06									
T02.E.S	0,06	0,21	0,22	0,19	0,68	0,98	0,19	0,86	0,15	0,19	0,58								
T02.P.C	<0,01	0,78	0,03	0,74	0,16	0,32	0,75	0,42	0,66	0,74	0,13	0,33							
T02.P.S	0,18	0,07	0,50	0,06	0,88	0,59	0,06	0,46	0,05	0,06	0,99	0,58	0,12						
T05.B.C	<0,01	0,73	<0,01	0,77	0,04	0,10	0,75	0,15	0,85	0,77	0,03	0,11	0,53	0,03					
T05.B.S	0,05	0,23	0,19	0,21	0,64	0,94	0,22	0,91	0,17	0,21	0,54	0,95	0,36	0,54	0,12				
T05.E.C	0,03	0,35	0,12	0,32	0,46	0,73	0,33	0,88	0,27	0,32	0,38	0,74	0,51	0,37	0,20	0,79			
T05.E.S	0,13	0,10	0,39	0,09	0,97	0,73	0,09	0,58	0,07	0,09	0,86	0,71	0,18	0,85	0,05	0,67	0,48		
T05.P.C	0,50	0,01	0,99	0,01	0,41	0,23	<0,01	0,16	0,01	0,01	0,50	0,22	0,03	0,51	<0,01	0,20	0,12	0,39	
T05.P.S	0,78	<0,01	0,70	<0,01	0,22	0,11	<0,01	0,07	<0,01	<0,01	0,28	0,10	0,01	0,29	<0,01	0,09	0,05	0,21	0,69

Figura 18: Resultados do teste *post hoc* de Comparações Múltiplas de Dunn para os valores de condutividade eletrolítica obtidos nas quatro transecções (T01, T02, T05 e controle), sendo que para as três primeiras os dados foram obtidos em três momentos de maré (baixa-mar (B), enchente (E) e preamar (P)) na calha do rio Itapanhaú no período seco (S) e chuvoso (C). Destacado em vermelho estão os valores de $p \leq 0,05$, e em amarelo as comparações entre transecções compatíveis, momentos de maré, ou um mesmo ponto em períodos diferentes.

Salinidade

A salinidade variou de 0,92 ppt ou ‰ no ponto controle no período chuvoso a $31,07 \pm 0,34$ ppt na transecção T05 na estufa de preamar no período seco. Esses resultados, de acordo com a Resolução CONAMA nº 357/05, indicam água salobras (valores de salinidade entre 0,5 e 30 ppt) para a maioria das amostras (BRASIL, 2005). Os três dados obtidos para a transecção T05 na estufa de preamar do período seco caracterizam águas salinas (valores superiores a 30 ppt), sendo eles 30,67 ppt; 31,26 ppt e 31,27 ppt.

Assim como para a condutividade, a maior amplitude dos dados (diferença entre o maior e o menor valor obtido) ocorreu em T02 no período chuvoso na estufa de baixa-mar, variando entre 15,72 ppt a 16,88 ppt. Os resultados de salinidade também foram maiores no período chuvoso para a estufa de baixa-mar e a maré enchente nas três transecções. Para a estufa de preamar o oposto foi observado, para as três transecções e o ponto controle (Figura 19).

Um gradiente crescente em relação à enchente da maré foi observado para as três transecções em ambos os períodos do estudo. Também se obteve um gradiente crescente em direção à jusante do rio para os três momentos de maré tanto no período seco quanto no chuvoso. Contudo, foi observado no período seco que a diferença da salinidade entre a estufa de preamar e a maré enchente é maior do que no período chuvoso (Figura 19).

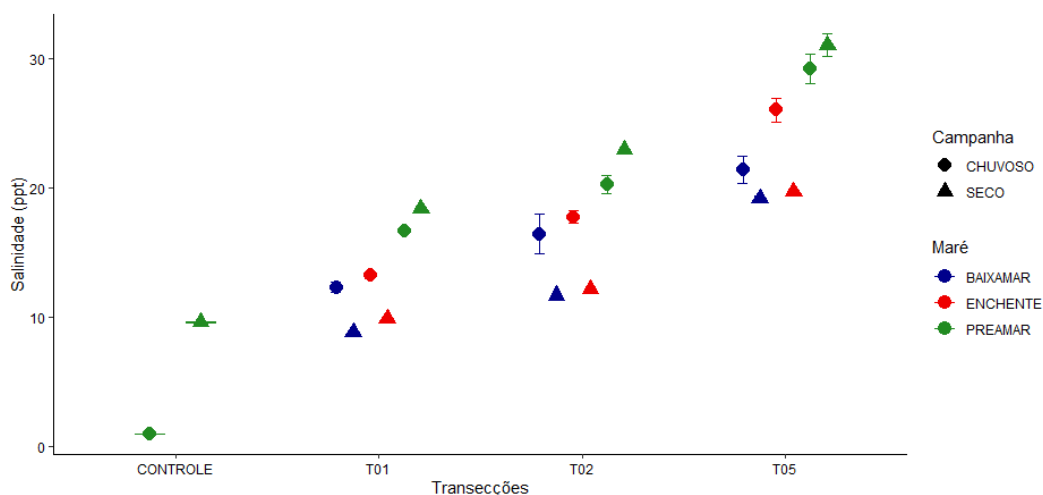


Figura 19: Resultados obtidos para a salinidade (ppt) no período seco e chuvoso para as quatro transecções (T01, T02, T05 e controle), sendo que para as três primeiras os dados foram obtidos em três momentos de maré (baixa-mar, enchente e preamar) na calha do rio Itapanhaú. Onde as barras de variação representam o intervalo de confiança com $p=0,05$.

A análise de distribuição dos dados atestou que o conjunto não atende aos princípios da normalidade ($p<0,01$). O teste de Kruskal Wallis indicou diferença entre as amostras ($H=58,81$, $G.L. = 19$, $p<0,01$). Os resultados obtidos com o teste *post hoc* de Comparações Múltiplas de Dunn indicam diversas diferenças estatísticas significativas, que são expressas na (Figura 20). A maioria destas diferenças se deu principalmente entre as transecções T01 e T05 em um mesmo momento de maré e entre o ponto controle e os demais para ambos os períodos.

	C.P.C	C.P.S	T01.B.C	T01.B.S	T01.E.C	T01.E.S	T01.P.C	T01.P.S	T02.B.C	T02.B.S	T02.E.C	T02.E.S	T02.P.C	T02.P.S	T05.B.C	T05.B.S	T05.E.C	T05.E.S	T05.P.C
T01.E.C	0,14	0,29	0,80	0,21															
T01.E.S	0,53	0,83	0,56	0,67	0,40														
T01.P.C	0,08	0,18	0,59	0,12	0,78	0,26													
T01.P.S	0,02	0,06	0,27	0,04	0,40	0,09	0,58												
T02.B.C	0,07	0,16	0,54	0,11	0,73	0,23	0,94	0,62											
T02.B.S	0,40	0,67	0,71	0,53	0,53	0,83	0,36	0,14	0,33										
T02.E.C	0,04	0,09	0,37	0,06	0,53	0,14	0,73	0,83	0,78	0,21									
T02.E.S	0,27	0,50	0,91	0,37	0,71	0,64	0,51	0,22	0,47	0,80	0,32								
T02.P.C	<0,01	0,01	0,08	0,01	0,14	0,02	0,23	0,53	0,26	0,04	0,40	0,06							
T02.P.S	<0,01	<0,01	0,03	<0,01	0,06	0,01	0,11	0,29	0,12	0,01	0,21	<0,01	0,67						
T05.B.C	<0,01	0,01	0,05	<0,01	0,09	0,01	0,16	0,40	0,18	0,02	0,29	0,04	0,83	0,83					
T05.B.S	<0,01	0,04	0,19	0,02	0,29	0,06	0,44	0,83	0,48	0,09	0,67	0,15	0,67	0,40	0,53				
T05.E.C	<0,01	<0,01	0,02	<0,01	0,04	<0,01	0,07	0,21	0,08	0,01	0,14	0,01	0,53	0,83	0,67	0,29			
T05.E.S	<0,01	0,02	0,13	0,01	0,21	0,04	0,33	0,67	0,36	0,06	0,53	0,10	0,83	0,53	0,67	0,83	0,40		
T05.P.C	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	0,02	<0,01	0,04	0,14	0,05	<0,01	0,09	0,01	0,40	0,67	0,53	0,21	0,83	0,29	
T05.P.S	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	0,01	<0,01	0,02	0,09	0,03	<0,01	0,06	<0,01	0,29	0,53	0,40	0,14	0,67	0,21	0,83

Figura 20: Resultados do teste *post hoc* de Comparações Múltiplas de Dunn para os valores de salinidade obtidos nas quatro transecções (T01, T02, T05 e controle), sendo que para as três primeiras os dados foram obtidos em três momentos de maré (baixa-mar (B), enchente (E) e preamar (P)) na calha do rio Itapanhaú no período seco (S) e chuvoso (C). Destacado em vermelho estão os valores de $p\leq 0,05$, e em amarelo as comparações entre transecções compatíveis, momentos de maré, ou um mesmo ponto em períodos diferentes.

Sólidos Totais Dissolvidos (STD)

A concentração de sólidos totais dissolvidos na água variou entre 1,16 g/L no ponto controle no período chuvoso e $29,13 \pm 0,29$ ppt na transecção T05 na estofa de preamar no período seco. Essa variável não é regulamentada pela Resolução Conama nº 357/05 para corpos hídricos de águas salobras.

Assim como para a condutividade e a salinidade, a maior amplitude dos dados (diferença entre o maior e o menor valor obtido) foi obtida na T02 no período chuvoso na estofa de baixa-mar, variando entre 16,00 g/L e 17,00 g/L. As concentrações de sólidos totais dissolvidos também foram maiores no período chuvoso para a estofa de baixa-mar e a maré enchente nas três transecções. Para a estofa de preamar o oposto foi observado, para as três transecções e o ponto controle (Figura 21).

Um gradiente similar ao de condutividade e salinidade foi observado para essa variável. Crescente em relação à enchente da maré foi observado para as três transecções em ambos os períodos do estudo. Também foi registrado um gradiente crescente em direção à jusante do rio para os três momentos de maré tanto no período seco quanto no chuvoso (Figura 21).

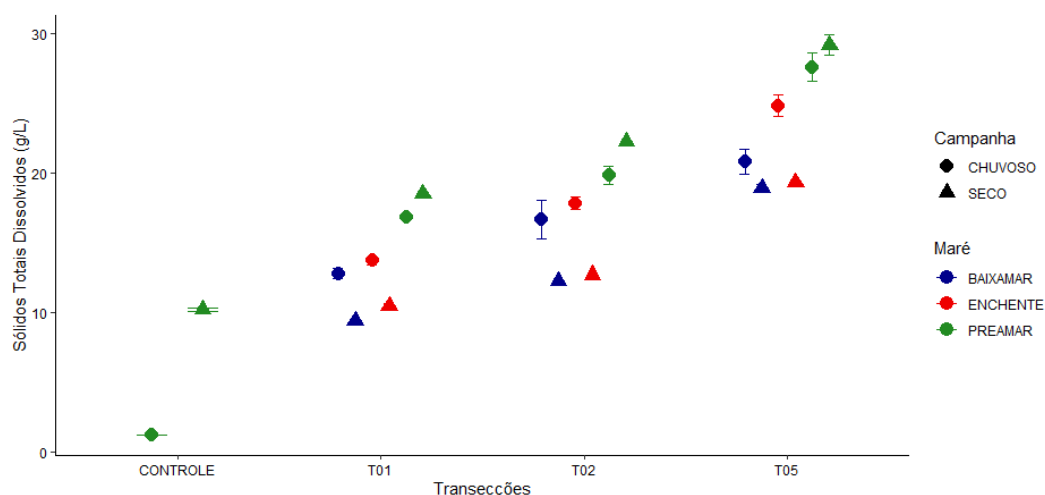


Figura 21: Resultados obtidos para o total de sólidos dissolvidos (g/L) no período seco e chuvoso para as quatro transecções (T01, T02, T05 e controle), sendo que para as três primeiras os dados foram obtidos em três momentos de maré (baixa-mar, enchente e preamar) na calha do rio Itapanhaú. Onde as barras de variação representam o intervalo de confiança com $p=0,05$.

A análise de distribuição dos dados atestou que o conjunto não atende aos princípios da normalidade ($p < 0,01$). O teste de Kruskal Wallis indicou haver

diferença entre as amostras ($H=58,84$, $G.L. = 19$, $p<0,01$). Os resultados obtidos com o teste *post hoc* de Comparações Múltiplas de Dunn localizaram diversas diferenças estatísticas significativas, que são expressas na (Figura 22). A maioria destas diferenças se deu principalmente entre as transecções T01 e T05 em um mesmo momento de maré e entre o ponto controle e os demais para ambos os períodos.

	C.P.C	C.P.S	T01.B.C	T01.B.S	T01.E.C	T01.E.S	T01.P.C	T01.P.S	T02.B.C	T02.B.S	T02.E.C	T02.E.S	T02.P.C	T02.P.S	T05.B.C	T05.B.S	T05.E.C	T05.E.S	T05.P.C
C.P.S	0,67																		
T01.B.C	0,23	0,43																	
T01.B.S	0,83	0,83	0,32																
T01.E.C	0,14	0,29	0,79	0,21															
T01.E.S	0,53	0,83	0,57	0,67	0,40														
T01.P.C	0,08	0,18	0,58	0,12	0,78	0,26													
T01.P.S	0,02	0,06	0,27	0,04	0,40	0,09	0,58												
T02.B.C	0,07	0,16	0,54	0,11	0,73	0,23	0,94	0,62											
T02.B.S	0,40	0,67	0,72	0,53	0,53	0,83	0,36	0,14	0,33										
T02.E.C	0,04	0,09	0,37	0,06	0,53	0,14	0,73	0,83	0,78	0,21									
T02.E.S	0,27	0,49	0,93	0,37	0,72	0,63	0,52	0,23	0,48	0,79	0,32								
T02.P.C	<0,01	0,01	0,08	0,01	0,14	0,02	0,23	0,53	0,26	0,04	0,40	0,07							
T02.P.S	<0,01	<0,01	0,03	<0,01	0,06	0,01	0,11	0,29	0,12	0,01	0,21	0,02	0,67						
T05.B.C	<0,01	0,01	0,05	<0,01	0,09	0,01	0,16	0,40	0,18	0,02	0,29	0,04	0,83	0,83					
T05.B.S	0,01	0,04	0,19	0,02	0,29	0,06	0,44	0,83	0,48	0,09	0,67	0,16	0,67	0,40	0,53				
T05.E.C	<0,01	<0,01	0,02	<0,01	0,04	<0,01	0,07	0,21	0,08	0,01	0,14	0,01	0,53	0,83	0,67	0,29			
T05.E.S	0,01	0,02	0,13	0,01	0,21	0,04	0,33	0,67	0,36	0,06	0,53	0,10	0,83	0,53	0,67	0,83	0,40		
T05.P.C	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	0,02	<0,01	0,04	0,14	0,05	<0,01	0,09	0,01	0,40	0,67	0,53	0,21	0,83	0,29	
T05.P.S	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	0,01	<0,01	0,02	0,09	0,03	<0,01	0,06	<0,01	0,29	0,53	0,40	0,14	0,67	0,21	0,83

Figura 22: Resultados do teste *post hoc* de Comparações Múltiplas de Dunn para os valores de sólidos totais dissolvidos obtidos nas quatro transecções (T01, T02, T05 e controle), sendo que para as três primeiras os dados foram obtidos em três momentos de maré (baixa-mar (B), enchente (E) e preamar (P)) na calha do rio Itapanhaú no período seco (S) e chuvoso (C).

Destacado em vermelho estão os valores de $p \leq 0,05$, e em amarelo as comparações entre transecções compatíveis, momentos de maré, ou um mesmo ponto em períodos diferentes.

Oxigênio Dissolvido (OD)

As concentrações de oxigênio dissolvido variaram de $5,07 \pm 0,45$ mg/L em T02 na estufa de baixa-mar do período chuvoso a 8,16 mg/L no ponto controle para o mesmo período. Segundo a Resolução Conama nº 357/05 os valores de oxigênio dissolvido para corpos hídricos de águas doce classe 2 não podem ser inferiores a 5,0 mg/L (BRASIL, 2005). Foram obtidos cinco resultados abaixo do limite, sendo quatro deles na campanha do período chuvoso na estufa de baixamar nas transecções T02 e T05, e na estufa de preamar na T01. E por último uma ocorrência no período seco na T02 também na estufa de baixamar.

A maior amplitude dos dados (diferença entre o maior e o menor valor obtido) ocorreu em T01 no período chuvoso na estufa de baixa-mar, variando entre 5,74 mg/L e 8,08 mg/L. Os valores de OD foram mais elevados na campanha do período seco para todos os momentos de maré em T05 e para T01 e T02 na estufa de preamar. Já no período chuvoso as concentrações foram mais elevadas para T01 na estufa de baixa-mar, T02 na enchente e no ponto controle (Figura 23).

Um gradiente crescente em relação à enchente da maré foi observado em T05 para as duas campanhas, onde os valores da estofa de preamar no período seco são visualmente maiores. Em T01 no período chuvoso foi observado um gradiente decrescente em relação à enchente da maré no período chuvoso. Para as demais comparações não foi obtido qualquer gradiente expresso (Figura 23).

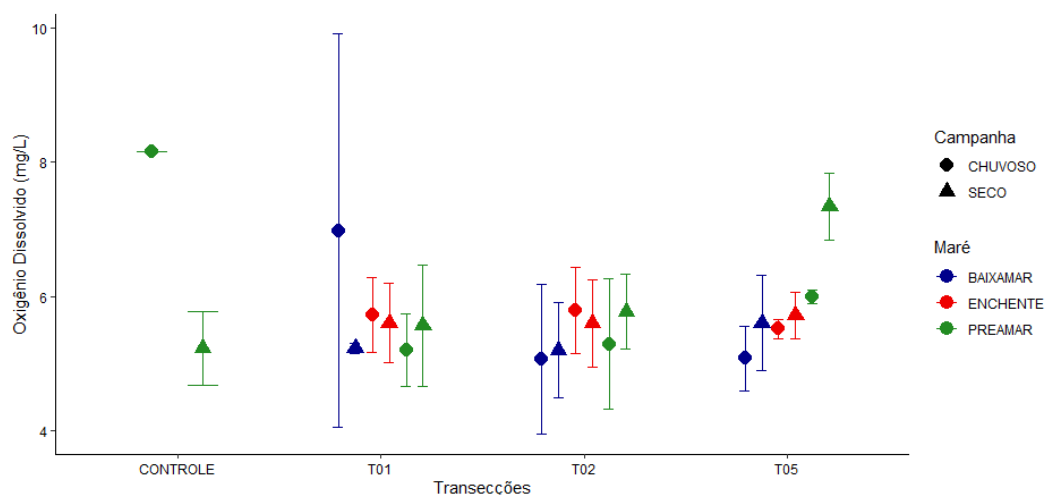


Figura 23: Resultados obtidos para o oxigênio dissolvido (mg/L) no período seco e chuvoso para as quatro transecções (T01, T02, T05 e controle), sendo que para as três primeiras os dados foram obtidos em três momentos de maré (baixa-mar, enchente e preamar) na calha do rio Itapanhaú. Onde as barras de variação representam o intervalo de confiança com $p=0,05$.

A análise de distribuição dos dados atestou que o conjunto não atende aos princípios da normalidade ($p<0,01$). O teste de Kruskal Wallis indicou haver diferença entre as amostras ($H=45,16$, $G.L. = 19$, $p<0,01$). Os resultados obtidos com o teste *post hoc* de Comparações Múltiplas de Dunn indicaram 13 diferenças estatísticas significativas, que são expressas na (Figura 24).

	C.P.C	C.P.S	T01.B.C	T01.B.S	T01.E.C	T01.E.S	T01.P.C	T01.P.S	T02.B.C	T02.B.S	T02.E.C	T02.E.S	T02.P.C	T02.P.S	T05.B.C	T05.B.S	T05.E.C	T05.E.S	T05.P.C	T05.P.S
C.P.S	<0,01																			
T01.B.C	0,51	0,01																		
T01.B.S	<0,01	0,95	0,01																	
T01.E.C	0,14	0,09	0,41	0,08																
T01.E.S	0,06	0,20	0,22	0,18	0,70															
T01.P.C	<0,01	0,97	0,01	0,98	0,09	0,19														
T01.P.S	0,04	0,28	0,16	0,25	0,56	0,84	0,26													
T02.B.C	<0,01	0,87	0,01	0,92	0,07	0,15	0,90	0,21												
T02.B.S	<0,01	0,95	0,01	1,00	0,08	0,18	0,98	0,25	0,92											
T02.E.C	0,18	0,07	0,49	0,06	0,89	0,60	0,06	0,47	0,05	0,06										
T02.E.S	0,06	0,21	0,22	0,19	0,68	0,98	0,19	0,86	0,15	0,19	0,58									
T02.P.C	<0,01	0,78	0,03	0,74	0,16	0,32	0,75	0,42	0,66	0,74	0,13	0,33								
T02.P.S	0,18	0,07	0,50	0,06	0,88	0,59	0,06	0,46	0,05	0,06	0,99	0,58	0,12							
T05.B.C	<0,01	0,73	<0,01	0,77	0,04	0,10	0,75	0,15	0,85	0,77	0,03	0,11	0,53	0,03						
T05.B.S	0,05	0,23	0,19	0,21	0,64	0,94	0,22	0,91	0,17	0,21	0,54	0,95	0,36	0,54	0,12					
T05.E.C	0,03	0,35	0,12	0,32	0,46	0,73	0,33	0,88	0,27	0,32	0,38	0,74	0,51	0,37	0,20	0,79				
T05.E.S	0,13	0,10	0,39	0,09	0,97	0,73	0,09	0,58	0,07	0,09	0,86	0,71	0,18	0,85	0,05	0,67	0,48			
T05.P.C	0,50	0,01	0,99	0,01	0,41	0,23	0,01	0,16	0,01	0,01	0,50	0,22	0,03	0,51	<0,01	0,20	0,12	0,39		
T05.P.S	0,78	<0,01	0,70	<0,01	0,22	0,11	<0,01	0,07	<0,01	<0,01	0,28	0,10	0,01	0,29	<0,01	0,09	0,05	0,21	0,69	

Figura 24: Resultados do teste *post hoc* de Comparações Múltiplas de Dunn para os valores de oxigênio dissolvido obtidos nas quatro transecções (T01, T02, T05 e controle), sendo que para as três primeiras os dados foram obtidos em três momentos de maré (baixa-mar (B), enchente (E) e preamar (P)) na calha do rio Itapanhaú no período seco (S) e chuvoso (C). Destacado em vermelho estão os valores de $p\leq 0,05$, e em amarelo as comparações entre transecções compatíveis, momentos de maré, ou um mesmo ponto em períodos diferentes.

Potencial de Oxirredução (ORP)

Os resultados médios de potencial de oxirredução variaram de $99,67 \pm 0,58$ mV em T01 na maré enchente do período chuvoso a $284,67 \pm 7,09$ mV em T01 na estofa de preamar no período seco. A Resolução Conama nº 357/05 não regulamenta essa variável para classificação e monitoramento de corpos hídricos (BRASIL, 2005).

A maior amplitude dos dados ocorreu em T02 no período seco na maré enchente, variando entre 192,00 mV e 230,00 mV. Os valores de ORP foram mais elevados na campanha do período seco para todos os momentos de maré em todas as transecções, inclusive para o ponto controle (Figura 25). Esses valores foram mais elevados principalmente na estofa de preamar.

Um gradiente crescente em relação à enchente da maré foi observado em T02 nas duas campanhas amostrais. Para T05 foi observado um gradiente decrescente em relação à enchente da maré no período chuvoso. Para T01 não foi observado qualquer gradiente relacionado ao momento de maré em nenhuma das campanhas. Não foi verificado qualquer gradiente entre as transecções amostrais nos diferentes momentos de maré para nenhum dos dois períodos. No entanto, na campanha de inverno, os maiores valores foram observados na T02 para os três momentos de amostragem (estofa de baixa-mar, maré enchente e estofa de preamar). No período chuvoso essa distribuição somente não foi observada na estofa de baixa-mar (Figura 25).

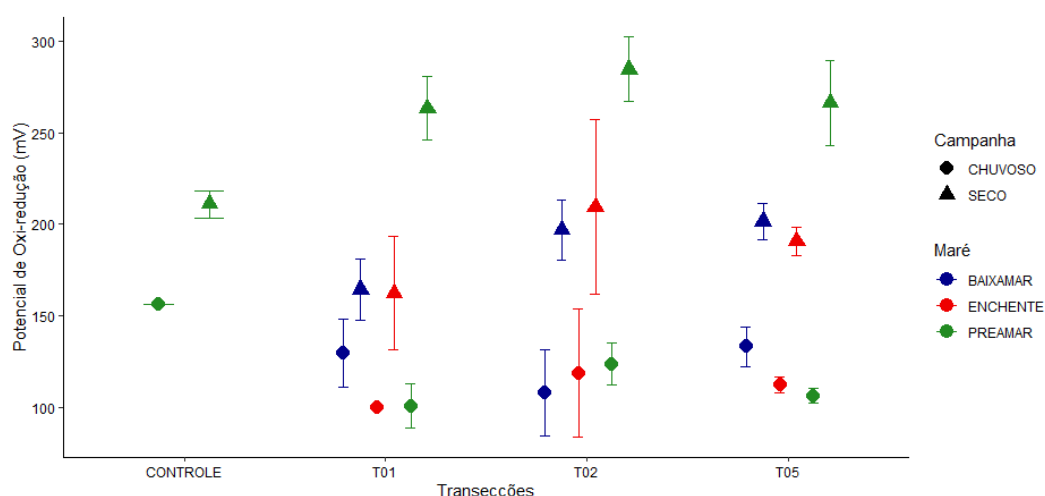


Figura 25: Resultados de potencial de oxirredução (mV) no período seco e chuvoso para as quatro transecções (T01, T02, T05 e controle), sendo que para as três primeiras os dados foram obtidos em três momentos de maré (baixa-mar, enchente e preamar) na calha do rio Itapanhaú. Onde as barras de variação representam o intervalo de confiança com $p=0,05$.

A análise de distribuição dos dados atestou a normalidade do conjunto ($p=0,06$). A Análise de Variância (ANOVA) indicou diferença entre as amostras ($F=164,3$, $G.L. = 19$, $p<0,01$). Os resultados obtidos com o teste *post hoc* de Tukey indicou diferença entre os períodos seco e chuvoso para todas as transecções incluindo o ponto controle, além de diversas outras diferenças estatísticas significativas (Figura 26).

	C.P.C	C.P.S	T01.B.C	T01.B.S	T01.E.C	T01.E.S	T01.P.C	T01.P.S	T02.B.C	T02.B.S	T02.E.C	T02.E.S	T02.P.C	T02.P.S	T05.B.C	T05.B.S	T05.E.C	T05.E.S	T05.P.C
C.P.S	<0,01																		
T01.B.C	0,02	<0,01																	
T01.B.S	1,00	<0,01	<0,01																
T01.E.C	<0,01	<0,01	0,01	<0,01															
T01.E.S	1,00	<0,01	<0,01	1,00	<0,01														
T01.P.C	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	1,00	<0,01													
T01.P.S	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01												
T02.B.C	<0,01	<0,01	0,16	<0,01	1,00	<0,01	1,00	<0,01											
T02.B.S	<0,01	0,81	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01										
T02.E.C	<0,01	<0,01	0,98	<0,01	0,31	<0,01	0,40	<0,01	0,98	<0,01									
T02.E.S	<0,01	1,00	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,92	<0,01	<0,01								
T02.P.C	<0,01	<0,01	1,00	<0,01	0,06	<0,01	0,09	<0,01	0,65	<0,01	1,00	<0,01							
T02.P.S	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,16	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01						
T05.B.C	0,09	<0,01	1,00	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	0,78	<0,01	0,99	<0,01	<0,01	<0,01					
T05.B.S	<0,01	0,99	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	1,00	<0,01	1,00	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01				
T05.E.C	<0,01	<0,01	0,47	<0,01	0,92	<0,01	0,96	<0,01	1,00	<0,01	1,00	<0,01	0,95	<0,01	0,17	<0,01			
T05.E.S	<0,01	0,21	<0,01	0,02	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	1,00	<0,01	0,92	<0,01	0,34	<0,01	<0,01	<0,01	0,97	<0,01	
T05.P.C	<0,01	<0,01	0,09	<0,01	1,00	<0,01	1,00	<0,01	1,00	<0,01	0,92	<0,01	0,47	<0,01	0,02	<0,01	1,00	<0,01	<0,01
T05.P.S	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	1,00	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,37	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

Figura 26: Resultados do teste *post hoc* de Tukey para os valores de ORP obtidos nas quatro transecções (T01, T02, T05 e controle), sendo que para as três primeiras os dados foram obtidos em três momentos de maré (baixa-mar (B), enchente (E) e preamar (P)) na calha do rio Itapanhaú no período seco (S) e chuvoso (C). Destacado em vermelho estão os valores de $p \leq 0,05$, e em amarelo as comparações entre transecções compatíveis, momentos de maré, ou um mesmo ponto em períodos diferentes.

Turbidez

Os resultados médios de turbidez variaram de $1,10 \pm 0,10$ NTU em T01 na maré enchente do período chuvoso a $65,10 \pm 15,35$ NTU em T05 na maré enchente no mesmo período. A Resolução Conama nº 357/05 estabelece um limite máximo de 100 NTU para a turbidez de corpos hídricos de água doce classe 2 (BRASIL, 2005). Durante as duas campanhas amostrais, a turbidez variou de 0,30 NTU (estofa de baixamar na T01) a 76,70 NTU (enchente da maré na T05), ambos os resultados obtidos na campanha do verão.

A maior amplitude dados (diferença entre o maior e o menor valor obtido) ocorreu em T05 no período chuvoso na maré enchente, variando entre 47,70 NTU e 76,70 NTU. Os valores de turbidez, em geral foram mais altos no período seco em relação ao chuvoso, com exceção apenas da T05 durante a maré enchente que apresentou resultados consideravelmente mais altos no período chuvoso, e para T02 que, tanto na maré enchente quanto na estofa de baixa-mar não apresenta diferenças visuais entre as campanhas (Figura 27).

Não foi observado qualquer gradiente para os resultados obtidos. As variações, em geral, são visualmente parecidas (Figura 27). Notaram-se diferenças visuais, principalmente para T05, tanto quando comparados os períodos de amostragem (seco e chuvoso), quanto quando comparados os momentos da maré entre si.

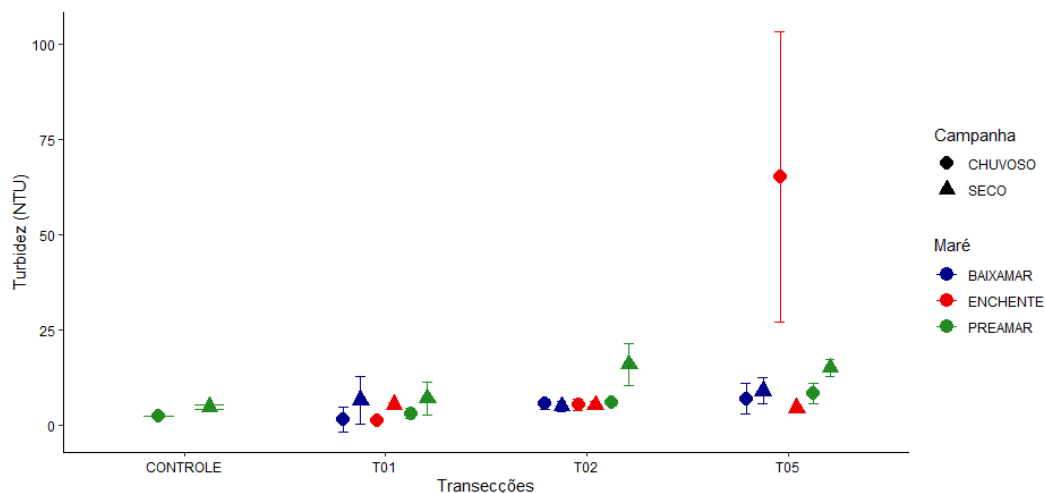


Figura 27: Resultados obtidos para turbidez (NTU) no período seco e chuvoso para as quatro transecções (T01, T02, T05 e controle), sendo que para as três primeiras os dados foram obtidos em três momentos de maré (baixa-mar, enchente e preamar) na calha do rio Itapanhaú. Onde as barras de variação representam o intervalo de confiança com $p=0,05$.

A análise de distribuição dos dados não atestou a normalidade do conjunto ($p<0,01$). O teste de Kruskal Wallis indicou haver diferença entre as amostras ($H=53,83$, G.L. = 19, $p<0,01$). Os resultados obtidos com o teste de Dunn indicaram diferenças estatísticas significativas, expressas na (Figura 28). Destaque para T01 e T05 entre os períodos seco e chuvoso, T02 no período seco e entre o ponto controle e os demais em ambos os períodos.

	C.P.C	C.P.S	T01.B.C	T01.B.S	T01.E.C	T01.E.S	T01.P.C	T01.P.S	T02.B.C	T02.B.S	T02.E.C	T02.E.S	T02.P.C	T02.P.S	T05.B.C	T05.B.S	T05.E.C	T05.E.S	T05.P.C
C.P.S	0,38																		
T01.B.C	0,87	0,30																	
T01.B.S	0,05	0,29	0,04																
T01.E.C	0,83	0,28	0,96	0,03															
T01.E.S	0,14	0,54	0,10	0,65	0,09														
T01.P.C	0,82	0,52	0,69	0,09	0,66	0,21													
T01.P.S	0,03	0,18	0,02	0,79	0,02	0,47	0,05												
T02.B.C	0,08	0,37	0,05	0,86	0,05	0,78	0,13	0,66											
T02.B.S	0,32	0,91	0,25	0,34	0,23	0,62	0,45	0,22	0,44										
T02.E.C	0,09	0,41	0,06	0,81	0,06	0,83	0,14	0,61	0,94	0,48									
T02.E.S	0,15	0,58	0,11	0,62	0,10	0,96	0,23	0,44	0,74	0,66	0,80								
T02.P.C	0,05	0,26	0,03	0,95	0,03	0,61	0,08	0,83	0,82	0,32	0,76	0,58							
T02.P.S	<0,01	0,01	<0,01	0,15	<0,01	0,06	<0,01	0,25	0,11	0,02	0,09	0,05	0,17						
T05.B.C	0,02	0,15	0,01	0,71	0,01	0,41	0,04	0,92	0,58	0,19	0,54	0,38	0,75	0,29					
T05.B.S	0,01	0,05	<0,01	0,39	<0,01	0,19	0,01	0,55	0,30	0,07	0,27	0,17	0,42	0,58	0,62				
T05.E.C	<0,01	0,01	<0,01	0,09	<0,01	0,03	<0,01	0,15	0,06	0,01	0,05	0,03	0,10	0,78	0,18	0,40			
T05.E.S	0,58	0,74	0,48	0,16	0,45	0,35	0,75	0,10	0,22	0,66	0,25	0,37	0,15	<0,01	0,08	0,02	<0,01		
T05.P.C	0,01	0,06	<0,01	0,43	<0,01	0,22	0,01	0,61	0,34	0,08	0,30	0,20	0,47	0,52	0,68	0,94	0,36	0,03	
T05.P.S	<0,01	0,02	<0,01	0,18	<0,01	0,07	<0,01	0,28	0,13	0,02	0,11	0,06	0,19	0,94	0,33	0,62	0,73	0,01	0,57

Figura 28: Resultados do teste *post hoc* de Comparações Múltiplas de Dunn para os valores de turbidez obtidos nas quatro transecções (T01, T02, T05 e controle), sendo que para as três primeiras os dados foram obtidos em três momentos de maré (baixa-mar (B), enchente (E) e preamar (P)) na calha do rio Itapanhaú no período seco (S) e chuvoso (C). Destacado em vermelho estão os valores de $p\leq 0,05$, e em amarelo as comparações entre transecções compatíveis, momentos de maré, ou um mesmo ponto em períodos diferentes.

Nitrato (NO_3)

Os valores médios de nitrato obtidos neste estudo variaram de $0,00 \pm 0,00$ mg/L (não detectável) em T05 na estofa de preamar do período chuvoso e $0,49 \pm 0,05$ mg/L em T01 na estofa de baixa-mar no período chuvoso. O limite para esta variável para corpos hídricos de água doce classe 2 na Resolução Conama nº 357/05 é de 10,00 mg/L (BRASIL, 2005). Não foram registradas ocorrências a cima desse limite no presente estudo.

A maior amplitude de dados (diferença entre o maior e o menor valor obtido) ocorreu em T05 no período chuvoso na maré enchente, variando entre 0,10 e 1,13 mg/L. Maiores concentrações de nitrato foram observadas no período chuvoso em relação ao seco para a transecção T01 na estofa de baixa-mar e na estofa de preamar, para T02 isso foi observado apenas na estofa de baixa-mar, em T05 essa característica foi observada nos três momentos de maré, enquanto que para o ponto Controle as concentrações foram maiores no período seco (Figura 29). Para T02 e T05 foi observado um gradiente decrescente das medianas em relação à enchente da maré para ambos os períodos de amostragem.

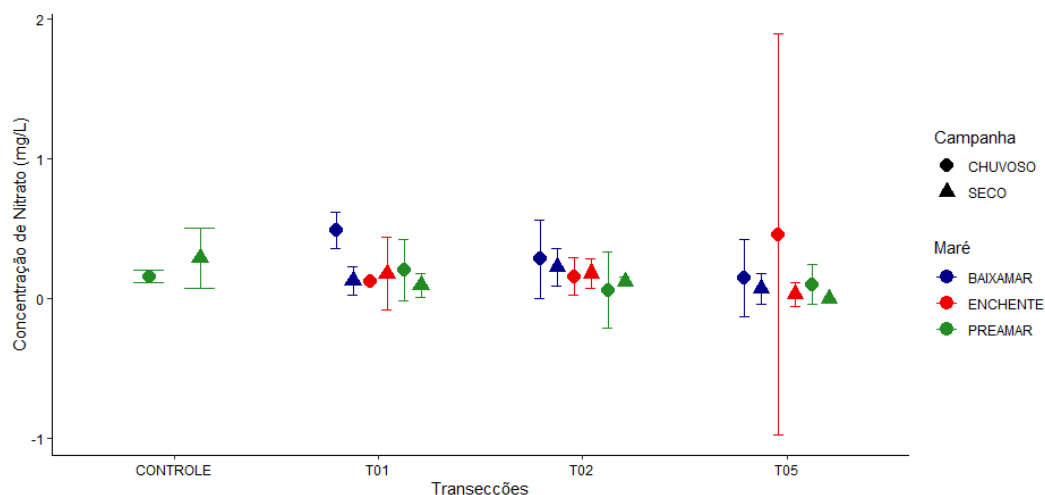


Figura 29: Resultados obtidos para nitrato (NO_3) (mg/L) no período seco e chuvoso para as quatro transecções (T01, T02, T05 e controle), sendo que para as três primeiras os dados foram obtidos em três momentos de maré (baixa-mar, enchente e preamar) na calha do rio Itapanhaú. Onde as barras de variação representam o intervalo de confiança com $p=0,05$.

A análise de distribuição dos dados atestou que o conjunto não atende aos princípios da normalidade ($p < 0,01$). O teste de Kruskal Wallis indicou haver

diferença entre as amostras ($H=39,98$, $G.L. = 19$, $p<0,01$). Os resultados obtidos com o teste *post hoc* de Comparações Múltiplas de Dunn indica que as diferenças entre períodos da maré ocorrem em T02 entre as estofas de preamar e baixa-mar no período chuvoso. Já entre os pontos em um mesmo momento de maré ocorrem na maré enchente entre T05 com o controle, T01 e T02, na baixa-mar entre T02 e T05, ambos no período seco. Quanto às diferenças estatísticas significativas entre períodos seco e chuvoso, estas ocorrem em 05. As diferenças com o ponto controle ocorrem principalmente na campanha do período seco, e entre Controle/T01 e T05 ambos na estofa de preamar e com T05 também ocorre nos momentos enchente e baixa-mar (Figura 30).

	C.P.C	C.P.S	T01.B.C	T01.B.S	T01.E.C	T01.E.S	T01.P.C	T01.P.S	T02.B.C	T02.B.S	T02.E.C	T02.E.S	T02.P.C	T02.P.S	T05.B.C	T05.B.S	T05.E.C	T05.E.S	T05.P.C
C.P.S	0,28																		
T01.B.C	0,11	0,61																	
T01.B.S	0,47	0,07	0,02																
T01.E.C	0,44	0,06	0,02	0,96															
T01.E.S	0,94	0,32	0,13	0,43	0,40														
T01.P.C	0,69	0,50	0,23	0,26	0,24	0,74													
T01.P.S	0,21	0,02	0,00	0,59	0,62	0,18	0,10												
T02.B.C	0,37	0,86	0,49	0,10	0,09	0,41	0,62	0,03											
T02.B.S	0,51	0,68	0,36	0,16	0,15	0,55	0,79	0,05	0,82										
T02.E.C	0,89	0,22	0,08	0,56	0,53	0,83	0,59	0,26	0,30	0,42									
T02.E.S	0,76	0,44	0,20	0,30	0,28	0,82	0,93	0,12	0,55	0,72	0,66								
T02.P.C	0,18	0,02	0,00	0,54	0,58	0,16	0,08	0,94	0,03	0,05	0,23	0,10							
T02.P.S	0,47	0,07	0,02	1,00	0,96	0,43	0,26	0,59	0,10	0,16	0,56	0,30	0,54						
T05.B.C	0,85	0,21	0,08	0,59	0,56	0,80	0,56	0,28	0,28	0,39	0,96	0,62	0,25	0,59					
T05.B.S	0,14	0,01	0,00	0,45	0,48	0,12	0,06	0,83	0,02	0,03	0,18	0,08	0,89	0,45	0,20				
T05.E.C	0,94	0,32	0,13	0,43	0,40	1,00	0,74	0,18	0,41	0,55	0,83	0,82	0,16	0,43	0,80	0,12			
T05.E.S	0,06	<0,01	0,00	0,24	0,26	0,05	0,02	0,52	0,01	0,01	0,08	0,03	0,57	0,24	0,09	0,67	0,05		
T05.P.C	0,27	0,03	0,01	0,71	0,74	0,24	0,14	0,87	0,05	0,08	0,34	0,16	0,82	0,71	0,36	0,71	0,24	0,42	
T05.P.S	0,03	<0,01	0,00	0,13	0,14	0,02	0,01	0,33	0,00	0,00	0,04	0,01	0,37	0,13	0,04	0,45	0,02	0,74	0,26

Figura 30: Resultados do teste *post hoc* de Comparações Múltiplas de Dunn para as concentrações de nitrato obtidos nas quatro transecções (T01, T02, T05 e controle), sendo que para as três primeiras os dados foram obtidos em três momentos de maré (baixa-mar (B), enchente (E) e preamar (P)) na calha do Rio Itapanhaú no período seco (S) e chuvoso (C). Destacado em vermelho estão os valores de $p \leq 0,05$, e em amarelo as comparações entre transecções compatíveis, momentos de maré, ou um mesmo ponto em períodos diferentes.

Nitrito (NO_2)

Os valores médios de nitrito obtidos neste estudo variaram de $0,00 \pm 0,00$ mg/L (não detectável) em T05 na estofa de preamar do período seco e $0,03 \pm 0,01$ mg/L em T02 na estofa de preamar no período chuvoso. O limite para esta variável para corpos hídricos de água doce classe 2 na Resolução Conama nº 357/05 é de 1,00 mg/L (BRASIL, 2005). Não foram registradas ocorrências acima desse valor máximo permitido.

A maior amplitude de dados (diferença entre o maior e o menor valor obtido) variou entre 0,01 e 0,03 para a maioria nos momentos. Por uma análise gráfica observa-se maiores variações em T01 na maré enchente do período seco, T05 na estofa de baixa-mar em ambos os períodos, e neste mesmo ponto na estofa de preamar no período seco (Figura 31). Maiores concentrações de

nitrito foram observadas no período seco em relação ao chuvoso para as transecções T01 e T02 na estofa de baixa-mar e para o ponto controle. Maiores valores foram registrados no período seco para T02 e T05 na estofa de preamar. Para T01 e T02 foi observado um gradiente crescente das medianas em relação à enchente da maré no período chuvoso. Também foi observado um gradiente decrescente em direção à jusante do rio para a concentração de NO_2 na estofa de baixa-mar no período chuvoso, e um gradiente crescente nessa mesma direção na maré enchente da campanha de inverno (Figura 31).

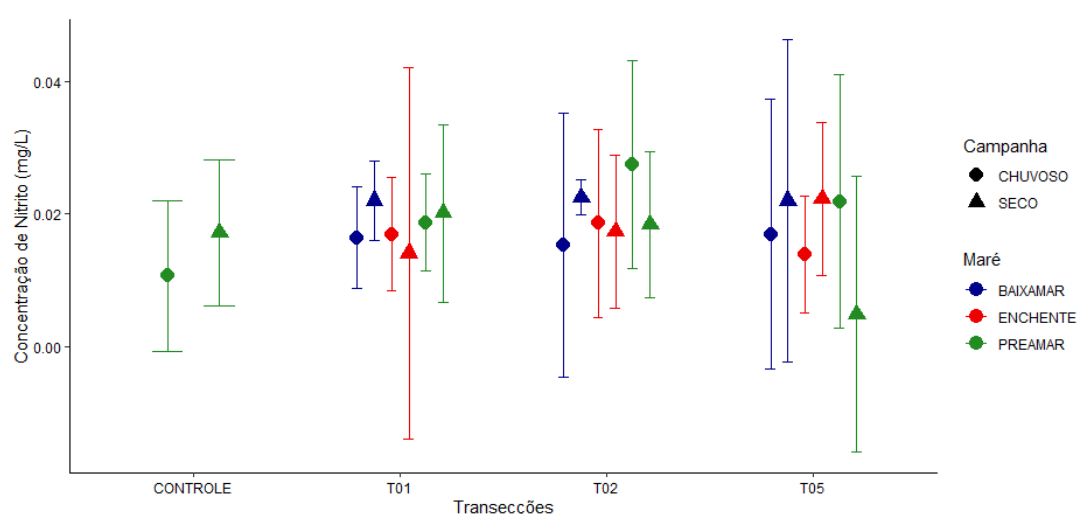


Figura 31: Resultados obtidos para nitrito (NO_2) (mg/L) no período seco e chuvoso para as quatro transecções (T01, T02, T05 e controle), sendo que para as três primeiras os dados foram obtidos em três momentos de maré (baixa-mar, enchente e preamar) na calha do rio Itapanhaú. Onde as barras de variação representam o intervalo de confiança com $p=0,05$.

A análise de distribuição dos dados atestou a normalidade do conjunto ($p=0,43$). A Análise de Variância (ANOVA) indicou haver diferença entre as amostras ($F=1,93$, G.L. = 19, $p=0,04$). Os resultados obtidos com o teste *post hoc* de Tukey indica que as diferenças estatísticas significativas ocorrem entre T05 e T02 na estofa de preamar no período chuvoso ($p<0,01$).

Nitrogênio Amoniacal (NH_3)

Os valores médios de nitrogênio amoniacal obtidos neste estudo variaram de $0,00 \pm 0,00$ mg/L (não detectável) em T02 na estofa de baixa-mar do período seco e $0,40 \pm 0,51$ mg/L em T02 na maré enchente no período chuvoso. O limite para esta variável em corpos hídricos de água doce classe 2 na Resolução

Conama nº 357/05 é estabelecido de acordo com a fixa de pH da água. Para otimizar as comparações, foi estabelecido o limite referente ao pH médio observado durante o presente estudo ($7,21 \pm 0,40$) cujo o limite para nitrogênio amoniacal é de 3,7 mg/L (BRASIL, 2005). Não foram registradas ocorrências acima desse valor máximo permitido.

A maior amplitude de dados (diferença entre o maior e o menor valor obtido) ocorreu em T02 no período chuvoso na maré enchente, variando entre 0,09 e 0,98 mg/L (Figura 32). Maiores concentrações de nitrato foram observadas no período seco em relação ao chuvoso na estofa de preamar para as transecções T01, T02 e Controle. O oposto acontece na estofa de baixa-mar nas transecções T01, T02 e T05 (Figura 33). Para T02 e T05 foi observado um gradiente decrescente das medianas em relação à enchente da maré para ambos os períodos de amostragem.

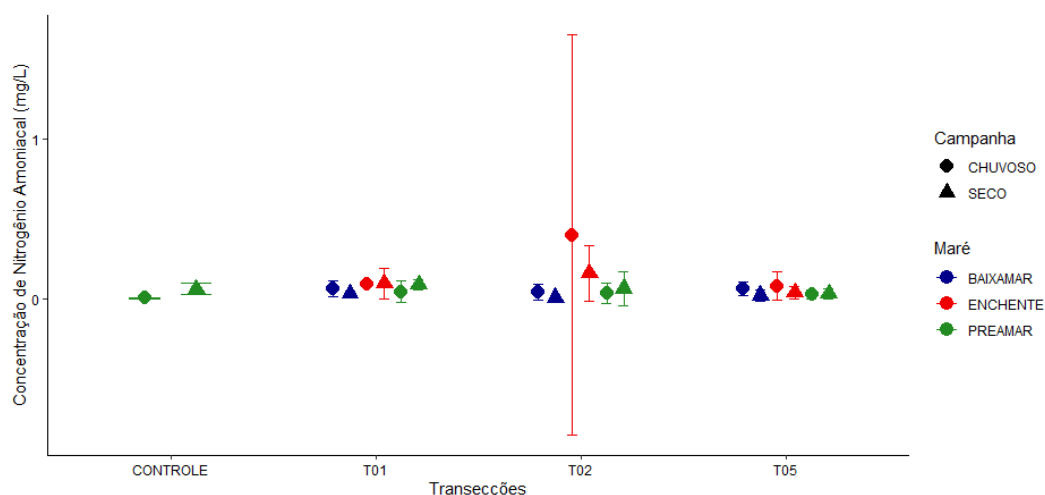


Figura 32: Resultados obtidos para nitrogênio amoniacal (NH_3) (mg/L) no período seco e chuvoso para as quatro transecções (T01, T02, T05 e controle), sendo que para as três primeiras os dados foram obtidos em três momentos de maré (baixa-mar, enchente e preamar) na calha do rio Itapanhaú. Onde as barras de variação representam o intervalo de confiança com $p=0,05$.

A análise de distribuição dos dados atestou que o conjunto não atende aos princípios da normalidade ($p < 0,01$). O teste de Kruskal Wallis indicou diferença entre as amostras ($H=45,86$, G.L. = 19, $p < 0,01$). Os resultados obtidos com o teste *post* de Dunn encontrou 11 diferenças estatísticas significativas entre as transecções, a Figura 33 apresenta a matriz do teste indicando as diferenças ($p \leq 0,05$).

	C.P.C	C.P.S	T01.B.C	T01.B.S	T01.E.C	T01.E.S	T01.P.C	T01.P.S	T02.B.C	T02.B.S	T02.E.C	T02.E.S	T02.P.C	T02.P.S	T05.B.C	T05.B.S	T05.E.C	T05.E.S	T05.P.C
C.P.S	0,02																		
T01.B.C	0,02	0,97																	
T01.B.S	0,32	0,19	0,21																
T01.E.C	0,00	0,29	0,27	0,02															
T01.E.S	0,00	0,52	0,50	0,05	0,67														
T01.P.C	0,12	0,45	0,48	0,58	0,07	0,16													
T01.P.S	0,00	0,39	0,37	0,03	0,83	0,83	0,11												
T02.B.C	0,13	0,44	0,46	0,60	0,07	0,16	0,10												
T02.B.S	0,88	0,03	0,03	0,39	<0,01	0,01	0,16	0,00	0,17										
T02.E.C	<0,01	0,20	0,19	0,01	0,82	0,52	0,04	0,67	0,04	<0,01									
T02.E.S	0,00	0,23	0,22	0,01	0,89	0,58	0,05	0,73	0,05	<0,01	0,94								
T02.P.C	0,21	0,29	0,31	0,81	0,03	0,09	0,76	0,06	0,78	0,27	0,02	0,02							
T02.P.S	0,02	0,98	0,99	0,20	0,28	0,51	0,47	0,38	0,45	0,03	0,19	0,22	0,30						
T05.B.C	0,02	0,99	0,98	0,20	0,28	0,51	0,46	0,39	0,45	0,03	0,19	0,22	0,30	0,99					
T05.B.S	0,49	0,11	0,11	0,75	0,01	0,02	0,39	0,01	0,40	0,59	<0,01	<0,01	0,58	0,11	0,11				
T05.E.C	<0,01	0,60	0,58	0,07	0,59	0,91	0,20	0,74	0,19	0,01	0,45	0,50	0,11	0,58	0,59	0,03			
T05.E.S	0,13	0,44	0,46	0,60	0,07	0,16	0,98	0,10	1,00	0,17	0,04	0,05	0,78	0,45	0,45	0,40	0,19		
T05.P.C	0,34	0,18	0,19	0,96	0,02	0,05	0,55	0,03	0,57	0,42	0,01	0,01	0,77	0,19	0,18	0,79	0,06	0,57	
T05.P.S	0,26	0,24	0,26	0,90	0,03	0,07	0,67	0,04	0,69	0,33	0,01	0,02	0,91	0,25	0,25	0,66	0,09	0,69	0,86

Figura 33: Resultados do teste *post hoc* de Comparações Múltiplas de Dunn para as concentrações de nitrogênio amoniacal obtidos nas quatro transecções (T01, T02, T05 e controle), sendo que para as três primeiras os dados foram obtidos em três momentos de maré (baixa-mar (B), enchente (E) e preamar (P)) na calha do Rio Itapanhaú no período seco (S) e chuvoso (C). Destacado em vermelho estão os valores de $p \leq 0,05$, e em amarelo as comparações entre transecções compatíveis, momentos de maré, ou um mesmo ponto em períodos diferentes.

Fosfato (PO_4)

Os valores médios de fosfato obtidos neste estudo variaram de $0,09 \pm 0,03$ mg/L em T05 na estufa de baixa-mar do período seco e $0,81 \pm 0,25$ mg/L em T01 na maré enchente no período chuvoso. Essa variável não é controlada pela Resolução Conama 357/05, o documento regulamenta apenas a concentração de polifosfatos e fósforo total.

A maior amplitude de dados (diferença entre o maior e o menor valor obtido) ocorreu em T02 no período chuvoso na estufa de baixa-mar, variando entre 0,25 e 0,81 mg/L. Maiores concentrações de fosfato foram observadas no período chuvoso em relação ao seco para a transecção T02 na estufa de preamar. Para a transecção T01 durante a estufa de baixa-mar e para o ponto controle as concentrações da campanha de inverno foram maiores do que as da campanha de verão (Figura 34). Para a enchente da maré no período chuvoso foi observado um gradiente decrescente em direção à jusante do rio, enquanto que para o mesmo momento de maré no período chuvoso o gradiente é oposto. Também é observado um gradiente decrescente em relação à enchente da Maré para T02 no período chuvoso, e o oposto é observado para T01 e T05 no mesmo período.

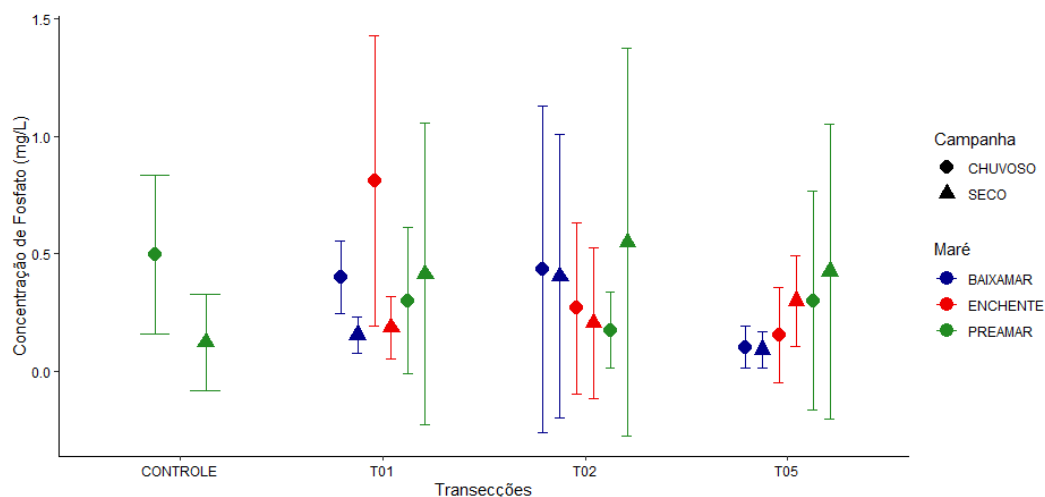


Figura 34: Resultados obtidos para fosfato (PO_4) (mg/L) no período seco e chuvoso para as quatro transecções (T01, T02, T05 e controle), sendo que para as três primeiras os dados foram obtidos em três momentos de maré (baixa-mar, enchente e preamar) na calha do rio Itapanhaú.

A análise de distribuição dos dados atestou a normalidade do conjunto ($p=0,21$). A Análise de Variância (ANOVA) indicou diferença entre as amostras ($F=3,34$, $G.L. = 19$, $p<0,01$). Os resultados obtidos com o teste *post hoc* de Tukey indicou diferenças estatísticas significativas entre T01 com T02 ($p=0,04$) e T05 ($p<0,01$) na maré enchente no período chuvoso, e entre os períodos seco e chuvoso para a transecção T01 na maré enchente ($p=0,01$).

Surfactantes (LAS)

Os valores médios de surfactantes obtidos neste estudo variaram de $0,95 \pm 0,34 \text{ mg/L}$ no ponto Controle no período chuvoso e $5,42 \pm 3,51 \text{ mg/L}$ em T01 na estufa de preamar no período seco. Esta variável não é controlada pela Resolução Conama 357/05, para corpos hídricos de água doce Classe 2.

As concentrações de surfactantes foram maiores no período seco em relação ao chuvoso para a transecção T01 na maré enchente e na estufa de preamar, na T05 nas estufas de baixa-mar e de preamar e no ponto Controle (Figura 35). No período seco foi observado um gradiente crescente em direção à jusante do rio para a maré enchente. No período chuvoso não foram observados quaisquer gradientes.

A análise de distribuição dos dados atestou que o conjunto não atende aos princípios da normalidade ($p<0,01$). O teste de Kruskal Wallis indicou haver diferença entre as amostras ($H=44,10$, $G.L. = 19$, $p<0,01$). Os resultados obtidos

com o teste *post hoc* de Dunn indicou dez diferenças estatísticas significativas entre as transecções que são expressas (Figura 36).

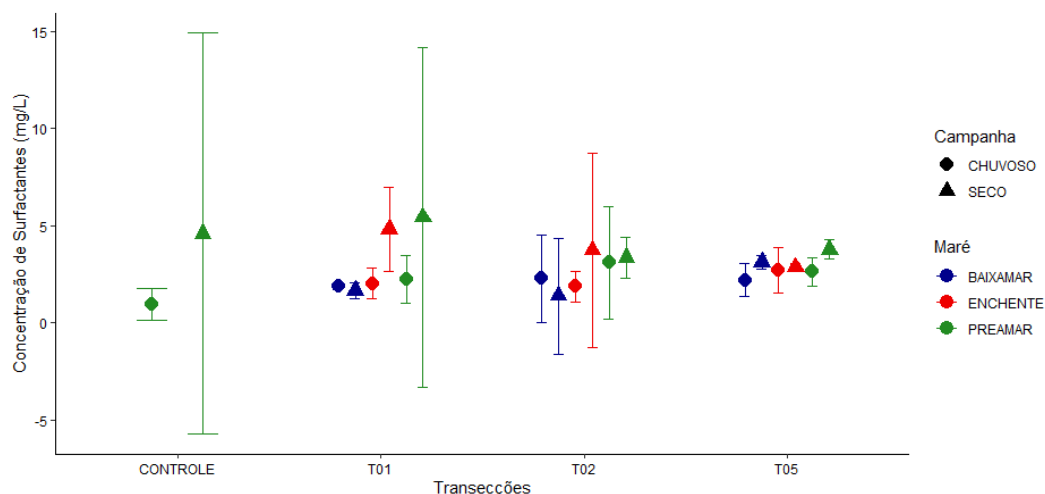


Figura 35: Resultados obtidos para surfactantes (LAS) (mg/L) no período seco e chuvoso para as quatro transecções (T01, T02, T05 e controle), sendo que para as três primeiras os dados foram obtidos em três momentos de maré (baixa-mar, enchente e preamar) na calha do rio Itapanhaú.

	C.P.C	C.P.S	T01.B.C	T01.B.S	T01.E.C	T01.E.S	T01.P.C	T01.P.S	T02.B.C	T02.B.S	T02.E.C	T02.E.S	T02.P.C	T02.P.S	T05.B.C	T05.B.S	T05.E.C	T05.E.S	T05.P.C
C.P.S	0,02																		
T01.B.C	0,02	0,97																	
T01.B.S	0,32	0,19	0,21																
T01.E.C	0,00	0,29	0,27	0,02															
T01.E.S	0,00	0,52	0,50	0,05	0,67														
T01.P.C	0,12	0,45	0,48	0,58	0,07	0,16													
T01.P.S	0,00	0,39	0,37	0,03	0,83	0,83	0,11												
T02.B.C	0,13	0,44	0,46	0,60	0,07	0,16	0,98	0,10											
T02.B.S	0,88	0,03	0,03	0,39	<0,01	0,01	0,16	0,00	0,17										
T02.E.C	<0,01	0,20	0,19	0,01	0,82	0,52	0,04	0,67	0,04	<0,01									
T02.E.S	0,00	0,23	0,22	0,01	0,89	0,58	0,05	0,73	0,05	<0,01	0,94								
T02.P.C	0,21	0,29	0,31	0,81	0,03	0,09	0,76	0,06	0,78	0,27	0,02	0,02							
T02.P.S	0,02	0,98	0,99	0,20	0,28	0,51	0,47	0,38	0,45	0,03	0,19	0,22	0,30						
T05.B.C	0,02	0,99	0,98	0,20	0,28	0,51	0,46	0,39	0,45	0,03	0,19	0,22	0,30	0,99					
T05.B.S	0,49	0,11	0,11	0,75	0,01	0,02	0,39	0,01	0,40	0,59	<0,01	<0,01	0,58	0,11	0,11				
T05.E.C	<0,01	0,60	0,58	0,07	0,59	0,91	0,20	0,74	0,19	0,01	0,45	0,50	0,11	0,58	0,59	0,03			
T05.E.S	0,13	0,44	0,46	0,60	0,07	0,16	0,98	0,10	1,00	0,17	0,04	0,05	0,78	0,45	0,45	0,40	0,19		
T05.P.C	0,34	0,18	0,19	0,96	0,02	0,05	0,55	0,03	0,57	0,42	0,01	0,01	0,77	0,19	0,18	0,79	0,06	0,57	
T05.P.S	0,26	0,24	0,26	0,90	0,03	0,07	0,67	0,04	0,69	0,33	0,01	0,02	0,91	0,25	0,25	0,66	0,09	0,69	0,86

Figura 36: Resultados do teste *post hoc* de Comparações Múltiplas de Dunn para as concentrações de surfactantes obtidos nas quatro transecções (T01, T02, T05 e controle), sendo que para as três primeiras os dados foram obtidos em três momentos de maré (baixa-mar (B), enchente (E) e preamar (P)) na calha do rio Itapanhaú no período seco (S) e chuvoso (C). Destacado em vermelho estão os valores de $p \leq 0,05$, e em amarelo as comparações entre transecções compatíveis, momentos de maré, ou um mesmo ponto em períodos diferentes.

Correlação de Spearman

Os resultados médios, acompanhados dos desvios padrão obtidos para cada momento de amostragem durante o período de coletas é apresentado no Apêndice A.

A Correlação de Spearman foi realizada com base em todos os dados obtidos nas análises. Com esse teste foi possível observar 78 relações, das quais 30 foram estatisticamente significativas ($p \leq 0,05$). A maioria dessas

interações significativas ocorre principalmente entre a temperatura (TEMP), o pH, a condutividade (COND) e suas variáveis codependentes (salinidade (SAL) e sólidos totais dissolvidos (STD)) (Figura 37).

As correlações positivas mais fortes (1,0) foram encontradas entre condutividade, sólidos totais dissolvidos, salinidade, corroborando o que já havia sendo observado na descrição dos resultados obtidos até o momento. Já as correlações negativas mais fortes (-0,47) foram observadas entre nitrato (NO_3)/condutividade, nitrato/sólidos totais dissolvidos e nitrato/salinidade (Figura 38).

	TEMP	pH	COND	SAL	STD	OD	ORP	TURB	NO3	NO2	PO4	LAS	NH3
TEMP		0,46	0,58	0,58	0,58	0,08	-0,70	0,11	-0,04	-0,06	0,06	-0,14	0,09
pH	<0,01		0,62	0,62	0,62	0,41	0,07	0,39	-0,44	-0,17	0,15	0,25	-0,15
COND	<0,01	<0,01		1,00	1,00	0,16	-0,01	0,67	-0,47	0,01	-0,07	0,42	0,05
SAL	<0,01	<0,01	<0,01		1,00	0,16	-0,01	0,67	-0,47	0,01	-0,08	0,42	0,05
STD	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		0,16	-0,01	0,67	-0,47	0,00	-0,08	0,42	0,05
OD	0,54	<0,01	0,22	0,22	0,23		0,12	0,04	-0,14	-0,23	0,46	0,14	-0,04
ORP	<0,01	0,59	0,93	0,93	0,93	0,38		0,29	-0,21	0,02	-0,08	0,44	-0,05
TURB	0,40	<0,01	0,93	<0,01	<0,01	0,78	0,03		-0,37	-0,05	-0,31	0,46	0,02
NO3	0,78	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,29	0,11	<0,01		-0,08	-0,02	-0,22	0,10
NO2	0,67	0,20	0,97	0,95	0,97	0,07	0,87	0,70	0,53		-0,16	-0,06	-0,07
PO4	0,64	0,26	0,57	0,56	0,57	<0,01	0,56	0,02	0,86	0,22		-0,09	-0,02
LAS	0,27	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	0,28	<0,01	<0,01	0,10	0,67	0,48		0,14
NH3	0,52	0,26	0,72	0,72	0,73	0,76	0,70	0,90	0,43	0,61	0,87	0,28	

Figura 37: Matriz de Correlação de Spearman (diagonal superior) e suas respectivas significâncias (diagonal inferior) entre as variáveis físico-químicas de qualidade de água obtida a partir do conjunto bruto dos resultados obtidos no Rio Itapanhaú em período seco e chuvoso. Onde os valores em azul representam as correlações positivas, em vermelho as negativas, sendo os em destaque mais escuros as mais fortes. Já os valores em vermelho na diagonal inferior representam as correlações significativas ($p \leq 0,05$).

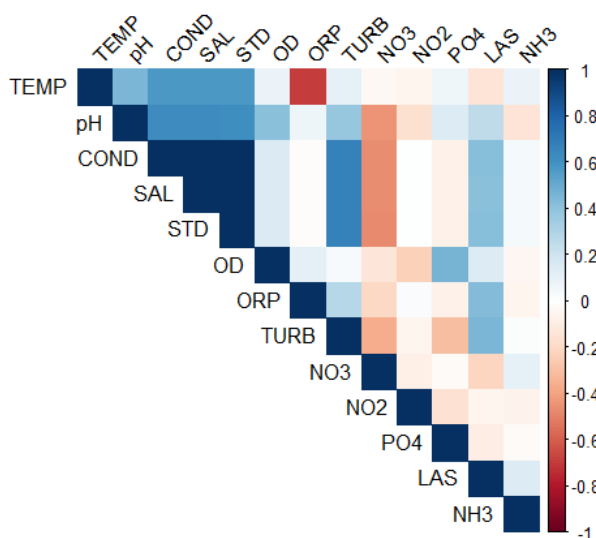


Figura 38: Correlação de Spearman entre as variáveis físico-químicas de qualidade de água obtida a partir do conjunto bruto dos resultados obtidos no Rio Itapanhaú em período seco e chuvoso.

3.3. ANÁLISE GRANULOMÉTRICA E TEOR DE MATÉRIA ORGÂNICA DO SEDIMENTO

Os resultados das análises físicas de sedimento são apresentados na Tabela

1.

Tabela 1: Resultados de classificação granulométrica das amostras de sedimento segundo a ABNT NBR 6502/1995 e os respectivos teores médios de matéria orgânica. Onde: F - parcelas de franja e C – parcelas de centro.

Parcela	Período	Silte e Argila (%)	Areia Fina (%)	Areia Média (%)	Teor de Matéria Orgânica (%)
T01.F	CHUVOSO	0,3±0,3	58,3±27,8	41,4±27,7	37,2±18,1
T01.C		0,3±0,5	68,7±12,5	31,1±13,0	23,9±8,9
T02.F		0,2±0,3	85,1±2,3	14,7±2,5	17,0±1,2
T02.C		0,5±0,5	79,0±4,6	20,5±4,2	22,3±2,4
T03.F		0,7±0,9	86,8±2,5	12,5±2,0	27,0±5,7
T03.C		0,00±0,00	79,4±4,3	20,6±4,3	43,7±5,4
T04.F		0,7±0,2	91,2±1,5	8,1±1,7	20,3±2,3
T04.C		0,4±0,7	87,0±5,4	12,7±5,8	25,4±2,2
T05.F		2,4±2,8	79,4±9,5	18,2±8,1	30,7±11,0
T05.C		0,1±0,2	81,8±6,7	17,9±6,9	32,2±3,7
T01.F	SECO	7,4±3,6	84,7±14,3	1,3±0,4	33,5±15,8
T01.C		15,3±11,8	80,8±13,7	3,9±2,8	22,5±0,2
T02.F		8,9±7,6	90,1±7,6	1,1±0,2	29,5±6,3
T02.C		20,2±15,9	74,2±18,8	5,7±3,1	27,7±1,5
T02.F		8,9±7,6	90,1±7,6	1,1±0,2	29,5±6,3
T02.C		20,2±15,9	74,2±18,8	5,7±3,1	27,7±1,5
T03.F		10,9±10,9	86,8±10,6	2,3±0,4	35,8±6,7
T03.C		9,8±7,2	80,2±9,5	10,1±3,7	53,1±4,2
T04.F		14,6±4,6	84,9±4,7	0,5±0,3	14,6±4,6
T04.C		14,2±13,7	83,9±13,3	1,7±0,3	14,2±13,7
T05.F		15,4±12,3	81,9±14,1	2,8±3,4	19,3±1,2
T05.C		22,6±0,5	67,5±10,2	10,0±4,2	38,4±15,0

As análises físicas, granulométricas do sedimento indicaram para todos os dez locais do estudo sedimento predominância de areia fina ($0,06 < \text{diâmetro do grão (d.g.)} < 0,2 \text{ mm}$) e alguma presença de areia média ($0,2 < \text{d.g.} < 0,6 \text{ mm}$) e porção fina (silte e argila) ($\text{d.g.} < 0,06 \text{ mm}$), em média $79,8 \pm 13,2\%$, $19,6 \pm 13,2\%$ e $0,6 \pm 1,1$, respectivamente para o período chuvoso e $82,2 \pm 11,8\%$, $3,9 \pm 4,0\%$ e $13,9 \pm 9,9\%$ para o período seco. Desta forma, foi possível observar um aumento de aproximadamente 2,3% da presença de areia fina e de 13,3% da presença silte e argila na composição do sedimento no período seco em relação ao

chuvoso. Para a areia média foi observada uma redução de aproximadamente 15,7% no período seco em relação ao chuvoso.

No período chuvoso, foi encontrada maior presença de sedimento mais fino nas franjas em relação ao centro para três das cinco transecções (T02, T03 e T04), enquanto para o período seco foi observada essa composição para todas as cinco transecções. O local que apresenta sedimento mais grosseiro, com maior ocorrência de areia média, é T01-F ($41,4 \pm 27,7\%$) no período chuvoso. Essa condição é observada para T05-F ($18,2 \pm 8,1\%$) no período seco. Os sedimentos mais finos, com maior presença de areia fina, silte e argila ocorrem em T4-F para ambos os períodos, sendo $91,8 \pm 1,7\%$ (chuvoso) e $99,5 \pm 0,3\%$ (seco) (Figura 39).

Não foi possível observar qualquer gradiente, ou alteração de composição granulométrica típica (diminuição ou aumento de areia fina ou grossa em sentido à jusante/montante do rio), entre as transecções de estudo para nenhum dos dois períodos. Contudo, percebe-se que as maiores proporções de areia média ocorrem na transecção à montante do estudo para o período chuvoso, já para o período seco essa ocorrência é observada nas transecções T03 (central) e T05 (jusante), enquanto as porcentagens mais altas de areia fina encontram-se na transecção T04, abaixo da ponte da Rodovia Mário Covas para ambos os períodos (Figura 39).

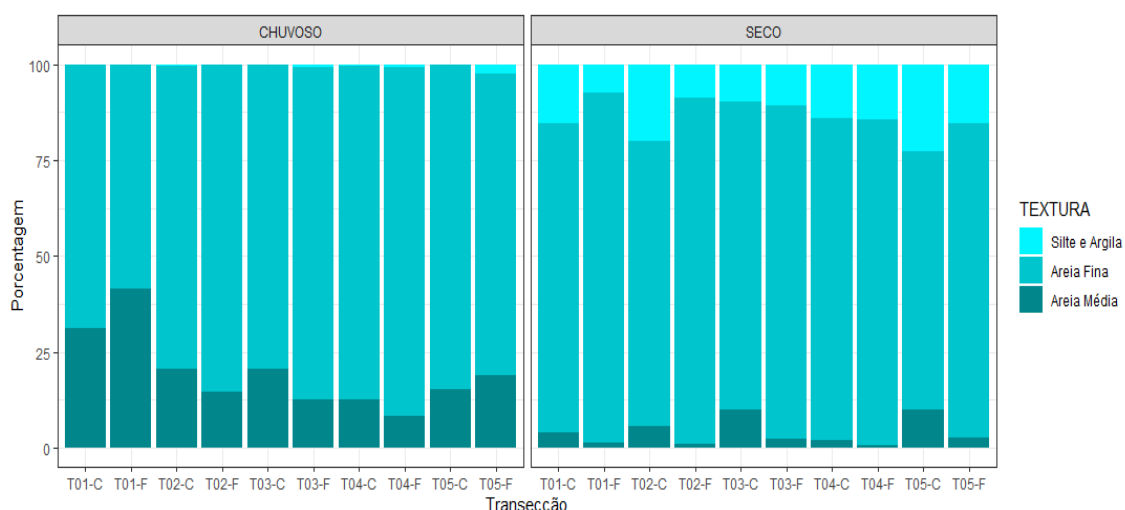


Figura 39: Composição do sedimento das regiões de centro (C) e franja (F) em cada uma das cinco transecções (T01 a T05) do estudo, situadas à margem esquerda do Rio Itapanhaú, apresentada por porcentagem (%) de ocorrência de areia média (azul escuro) e areia fina (azul claro) nos períodos seco e chuvoso. Teores de matéria orgânica (% M.O.) do estudo.

Análises estatísticas foram realizadas para a verificação da ocorrência de diferenças estatísticas significativas na caracterização da textura do sedimento. Para a porcentagem de areia fina não foi observada diferença entre as amostras (ANOVA ($F = 1,71$, G.L. = 19, $p = 0,08$); Shappiro-Wilk ($p = 0,24$)). No entanto para a porcentagem de silte e argila foi observada diferença estatística significativa (Kruskal-Wallis ($H = 46,54$, G.L. = 19, $p < 0,01$); Shappiro-Wilk ($p < 0,01$)), apenas entre os períodos seco e chuvoso para quase todos os locais (T01.C ($p = 0,01$); T01.F ($p = 0,03$); T02.C ($p = 0,01$); T02.F ($p = 0,02$); T03.C ($p = 0,01$); T03.F ($p = 0,04$); T04.C ($p = 0,02$); T04.F ($p = 0,04$) e T05.C ($p < 0,01$)) com exceção de T05.F. Também foram observadas diferenças significativas para a presença de areia média (Kruskal-Wallis ($H = 51,97$, G.L. = 19, $p < 0,01$); Shappiro-Wilk ($p < 0,01$)), principalmente entre os períodos seco e chuvoso (T01.C ($p = 0,01$); T01.F ($p < 0,01$); T02.C ($p = 0,03$); T02.F ($p = 0,01$); T04.C ($p = 0,05$); T04.F ($p = 0,03$) e T05.F ($p = 0,01$)) e no período chuvoso entre as parcelas de franja de T01 e T04 ($p = 0,03$).

O teor de matéria orgânica (MO) variou de $17,0 \pm 1,2\%$ (T02-F) a $43,7 \pm 5,4\%$ (T03-C) para o período chuvoso e $13,6 \pm 6,6\%$ (T04-F) e $53,1 \pm 4,2\%$ (T03-C) para o período seco. A maior diferença entre os locais de uma mesma transecção foi observada em T03 (C - $43,7 \pm 5,4\%$; F - $27,0 \pm 5,7\%$) na primeira campanha e em T04 (C - $34,1 \pm 6,4\%$; F - $13,6 \pm 6,6\%$) na segunda (Tabela 1). Em geral são observados maiores teores de matéria orgânica na campanha do período seco em relação ao chuvoso, com exceção de T01-F, T01-C e T05-F. Para ambos os períodos são observadas maiores concentrações no centro para as três transecções mais à jusante no rio. Não foi observado qualquer gradiente entre as cinco transecções (Figura 40).

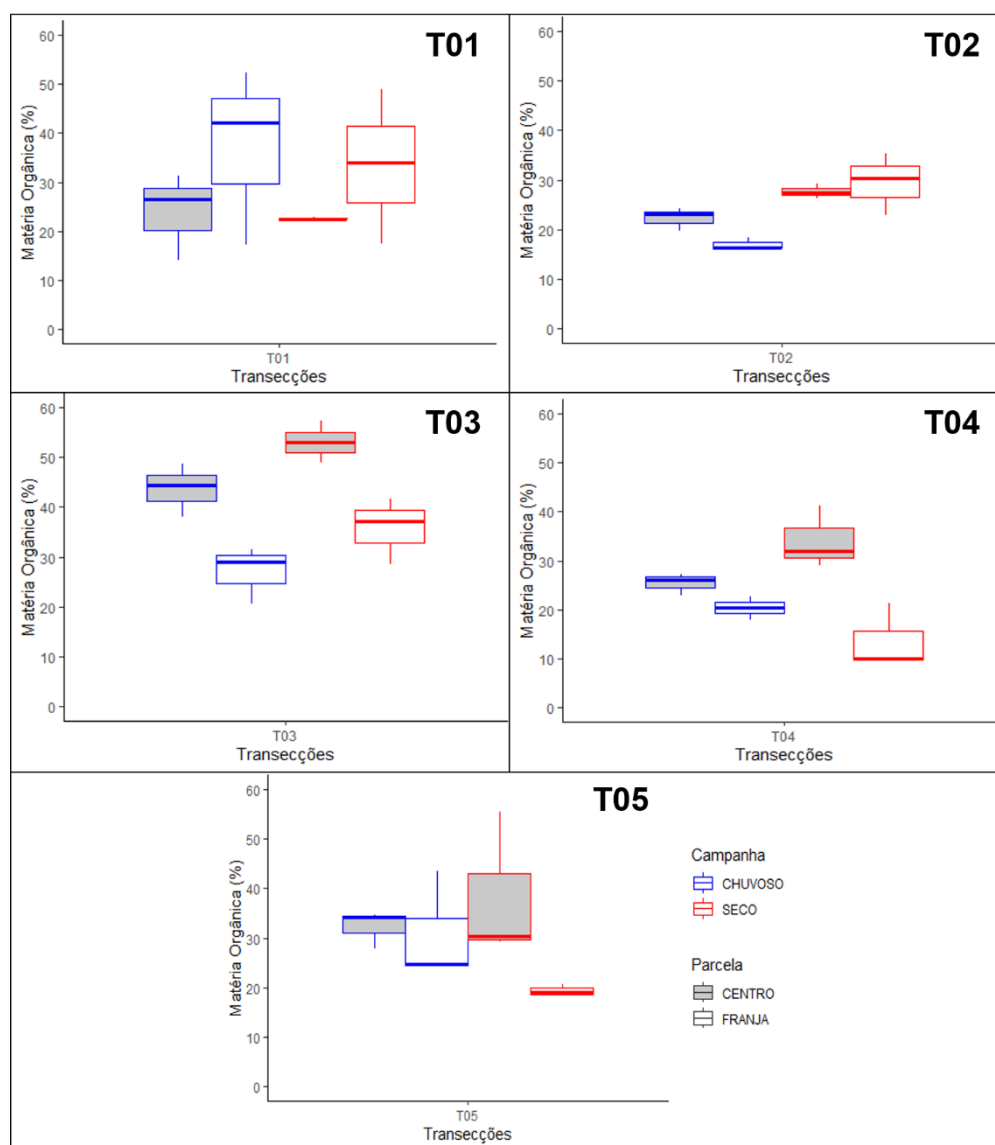


Figura 40: Teores de matéria orgânica (% M.O.) das regiões de centro (cinza) e franja (branca) em cada uma das cinco transecções (T01 a T05) do estudo, situadas à margem esquerda do rio Itapanhaú, nos períodos seco (vermelho) e chuvoso (azul).

Os locais amostrados foram comparados estatisticamente testes de Kruskal-Wallis, foi identificada diferença entre as amostras ($H = 39,57$, $G.L. = 19$, $p < 0,01$). Com o teste de Dunn, onde obteve-se 10 diferenças estatísticas significativas entre os locais (Figura 41).

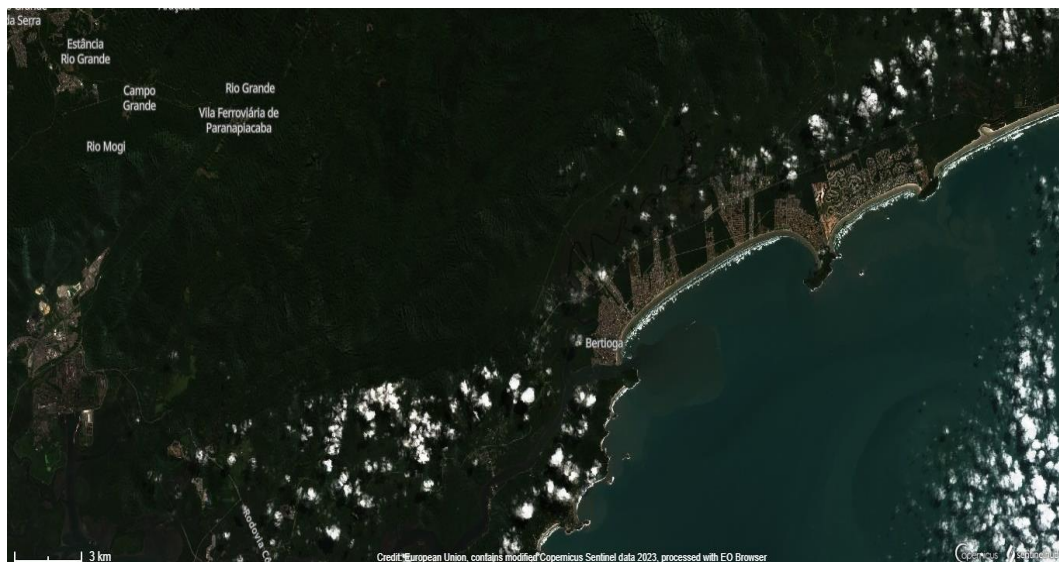


Figura 43: Imagem obtida com o satélite Sentinel 2, na data de 14/08/2022, da área de estudo, utilizada para obter-se os valores de NDVI. Fonte: SentinelHub – EO Browser - Satélite Sentinel 2, 2022.

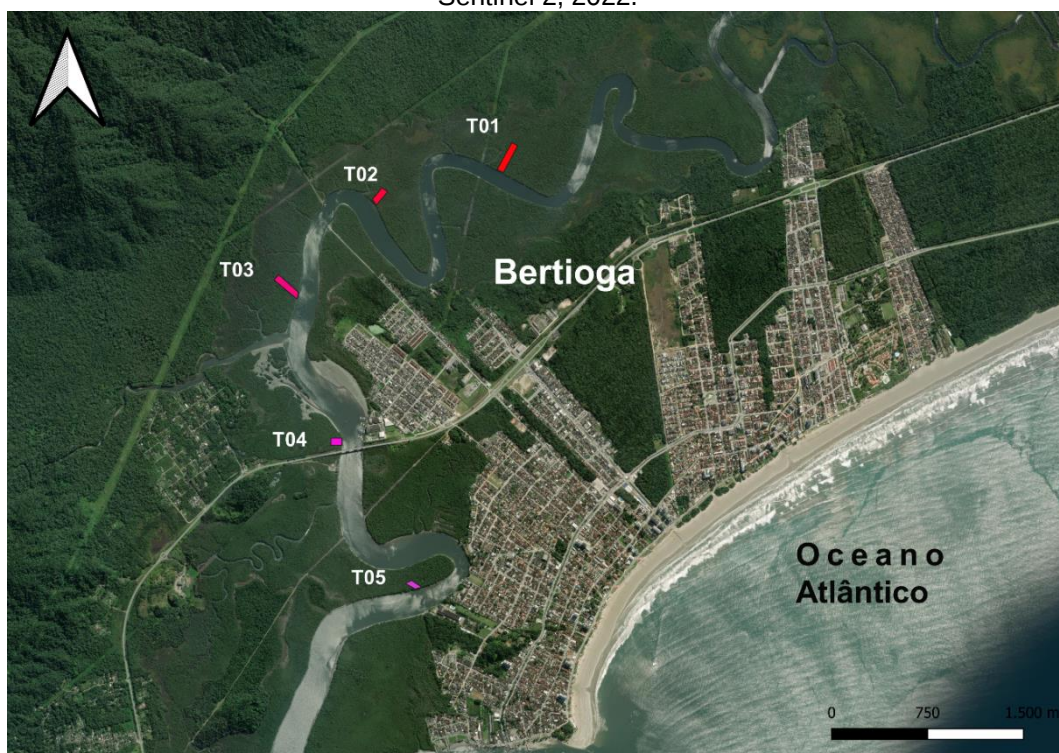


Figura 44: Polígonos criados para o estudo do índice de diferença normalizada em cada área amostral para a região do rio Itapanhaú no município de Bertioga – SP. Imagem do satélite Sentinel 2 obtida na plataforma SentinelHub – EO Browser. Figura elaborada no *software* QGIS 3.22.6. Fonte: Elaborado pelo autor.

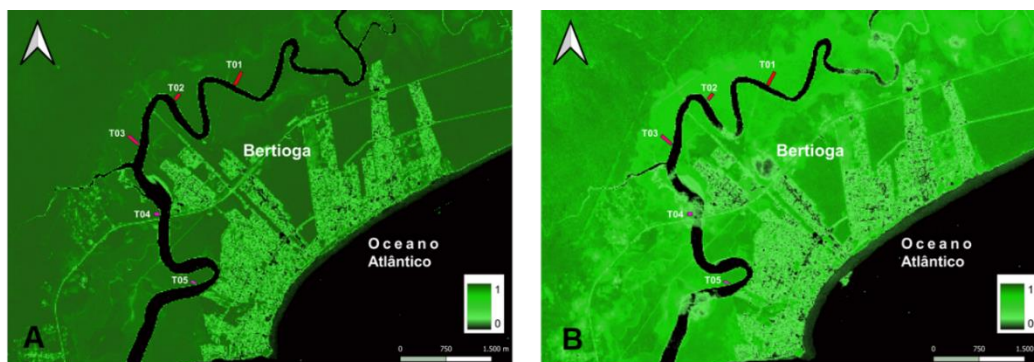


Figura 45: NDVI calculado para a região do rio Itapanhaú no município de Bertioga – SP. Imagem do satélite Sentinel 2 obtida na plataforma SentinelHub – EO Browser. Figura elaborada no *software* QGis 3.22.6. Onde: A – período chuvoso e B – período seco. Fonte: Elaborado pelo autor.

Após o cálculo do NDVI utilizando as bandas 4 e 8 do satélite, obteve-se os resultados médios para cada área amostral em ambos os períodos, expressos na Tabela 2, e observados na Figura 46.

Tabela 2: Valores médios de NDVI e seus respectivos desvios padrão obtidos para cada uma das cinco transecções dispostas à margem esquerda do rio Itapanhaú em período seco e chuvoso.

Transecção	T01	T02	T03	T04	T05
Chuvoso	0,83±0,02	0,82±0,01	0,83±0,01	0,83±0,01	0,83±0,01
Seco	0,74±0,02	0,82±0,01	0,75±0,02	0,46±0,13	0,79±0,01

Com os resultados brutos é possível observar que os valores de NDVI obtidos na campanha chuvosa para as transecções T01 e T03 a T05 são visualmente iguais, enquanto que para T02 foi obtido o menor valor médio $0,82 \pm 0,01$. Já para o período seco, o menor valor médio é observado para T04 ($0,46 \pm 0,13$) e o maior para T02 ($0,82 \pm 0,01$) (Figura 46).

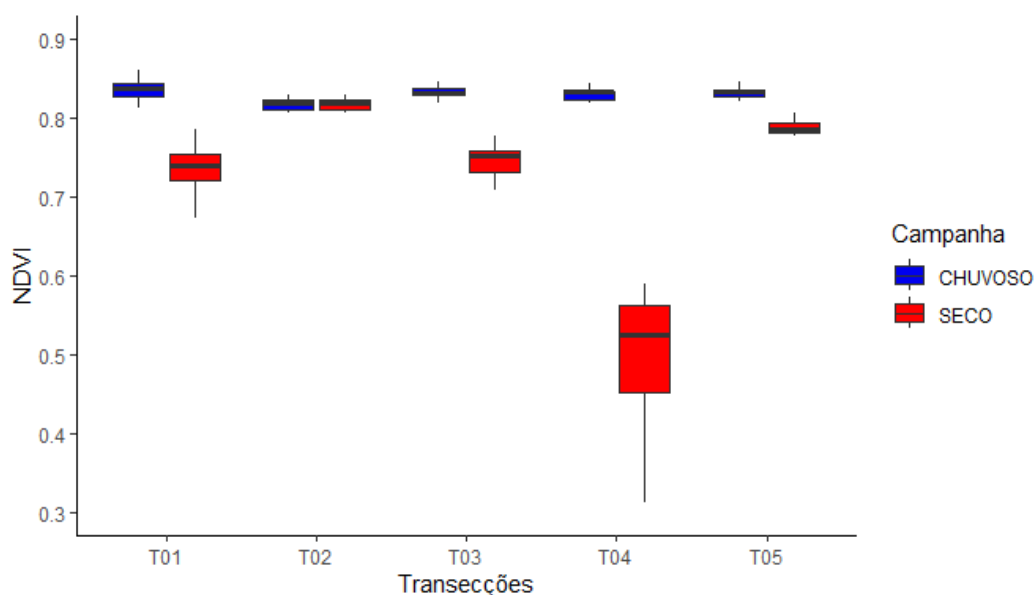


Figura 46: Resultados de Índice de Diferença Normalizada (NDVI) obtidos para a área de estudo.

Como resultado do teste de Kruskal Wallis obteve-se $H = 163,59$, $G.L. = 9$, $p < 0,01$. Com o teste de Dunn foi possível identificar diferenças entre quase todas as transecções no período seco, e entre as transecções T01 e T02 e T02 e T03 no período chuvoso. Quando comparadas a mesma transecção nos dois períodos, obteve-se diferenças estatisticamente significativas para as transecções T01, T03, T04 e T05 (Figura 47).

T02.C	0,01								
T03.C	0,89	0,01							
T04.C	0,57	0,27	0,63						
T05.C	0,76	0,08	0,84	0,78					
T01.S	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01				
T02.S	0,01	1,00	0,01	0,27	0,08	<0,01			
T03.S	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,63	<0,01		
T04.S	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,13	<0,01	0,07	
T05.S	<0,01	0,17	<0,01	0,04	0,01	0,04	0,17	0,10	0,01
	T01.C	T02.C	T03.C	T04.C	T05.C	T01.S	T02.S	T03.S	T04.S

Figura 47: Resultados do teste post hoc de Comparações Múltiplas de Dunn para os valores de NDVI obtidos em cada uma das cinco transecções (T01 a T05) do estudo, situadas à margem esquerda do Rio Itapanhaú no período seco (S) e chuvoso (C). Destacado em vermelho estão os valores de $p \leq 0,05$, e em amarelo as comparações entre transecções compatíveis, de centro ou de franja de uma mesma campanha (seco ou chuvoso), de centro e franja na mesma campanha e transecção, ou uma mesma região em campanhas distintas.

3.5. PARÂMETROS FOLIARES

Rhizophora mangle

Para clorose obteve-se ocorrências variando entre 25% (T02 no período chuvoso e T04 no período seco) e 90% (T01 período seco). Em ambos os períodos a maior ocorrência se deu em T01 para esse táxon (70% chuvoso, 90% seco). Em geral, foi observada maior ocorrência desta característica no período seco em relação ao chuvoso, com exceção apenas da T04, onde é observado o inverso (Figura 48). O teste do Chi-quadrado indicou diferença estatística significativa ($X = 37,013$; $G.L. = 9$; $p < 0,01$) entre as transecções e os períodos de estudo. O teste de *post hoc* de Pairwise indica que essa diferença estatística ocorre no período seco entre as transecções T01 e T04 ($p < 0,01$).

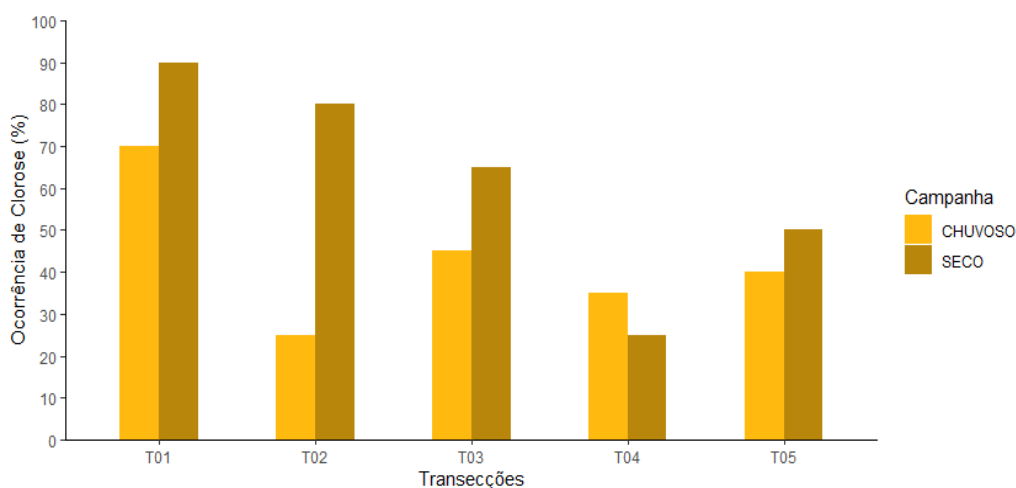


Figura 48: Ocorrência de clorose (%) para as cinco transecções do estudo situadas à margem esquerda do rio Itapanhaú para *Rhizophora mangle* em período seco e chuvoso.

A ocorrência de herbivoria variou entre 10% (T03) e 70% (T01) ambos os extremos no período seco (Figura 49). As maiores ocorrências se deram na T03 no período chuvoso (45%) e na T01 no seco (70%). Para as duas transecções mais à montante (T01 e T2) houve maior ocorrência de herbivoria no período seco. O inverso foi observado para a T03 e a T04, enquanto que para a T05 a ocorrência foi a mesma em ambos os períodos. Com o teste Chi-quadrado foi encontrada diferença estatística significativa ($X = 27,404$; $G.L. = 9$; $p < 0,01$) entre as transecções e os períodos de estudo. Com a análise de comparações múltiplas, foram obtidas essas diferenças entre T01 e T03 no período seco ($p = 0,02$).

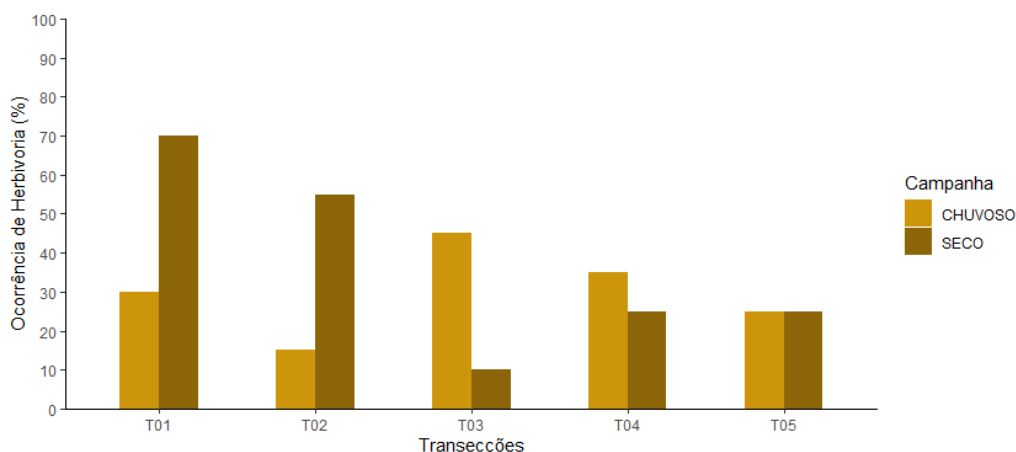


Figura 49: Ocorrência de herbivoria (%) para as cinco transecções do estudo situadas à margem esquerda do rio Itapanhaú para *Rhizophora mangle* em período seco e chuvoso.

As anomalias não foram registradas em duas transecções para a campanha do período chuvoso (T02 e T04) com a maior incidência em T03 (25%), já para o período seco ocorreu em todas as transecções variando entre 40% (T04) e 70% (T02). Esse caractere morfológico ocorreu visualmente mais no período seco em relação ao chuvoso (Figura 50). As análises estatísticas indicaram a ocorrência de diferença significativa entre as transecções do estudo ($X = 46,916$; $G.L. = 9$; $p < 0,01$). Com a aplicação do teste *post hoc* de Pairwise obteve-se que as transecções que diferem estatisticamente foram T01 ($p = 0,04$), T02 ($p < 0,01$) e T04 ($p = 0,04$) entre o período seco e o chuvoso.

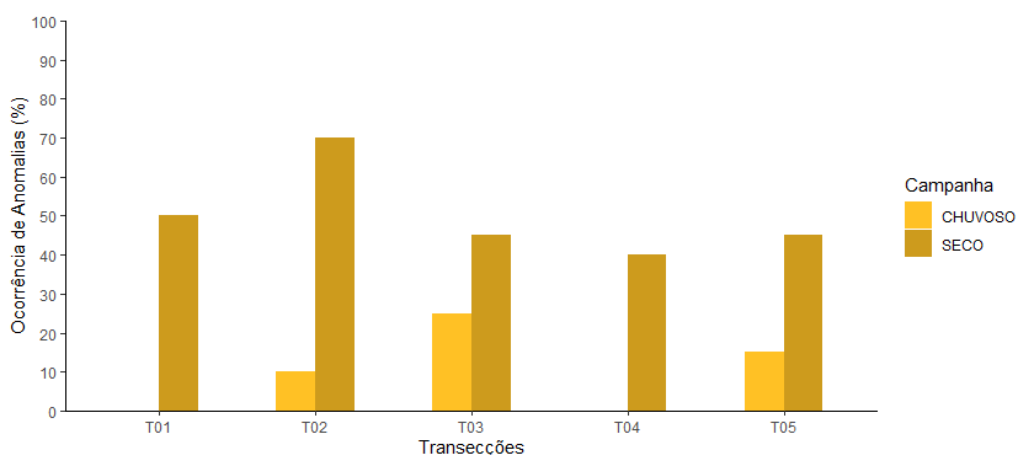


Figura 50: Ocorrência de anomalias (%) para as cinco transecções do estudo situadas à margem esquerda do rio Itapanhaú para *Rhizophora mangle* em período seco e chuvoso.

A ocorrência de necrose foi mais acentuada no período seco, com presença em 60% (T04) até 90% (T01) das folhas analisadas. Já na campanha do período

chuvoso, é consideravelmente menor, ocorrendo em 5% (T05) a 55% (T03) das folhas (Figura 51). A análise estatística indicou diferença estatística significativa na ocorrência de necroses ($X = 63,129$; $G.L. = 9$; $p < 0,01$). O teste *post hoc* localiza essas diferenças para T02 e T05 entre as campanhas do período seco e chuvoso ($p < 0,01$ para ambas).

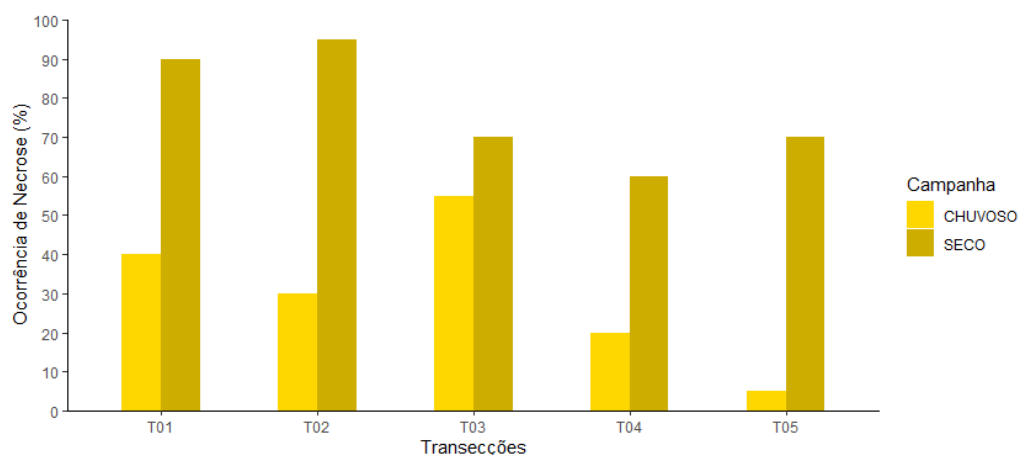


Figura 51: Ocorrência de necroses (%) para as cinco transecções do estudo situadas à margem esquerda do rio Itapanhaú para *Rhizophora mangle* em período seco e chuvoso.

Para a área foliar foi obtida a variação média de $31,5 \pm 13,6 \text{ cm}^2$ na T01 a $42,2 \pm 13,0 \text{ cm}^2$ na T02 no período chuvoso, e de $35,3 \pm 14,8 \text{ cm}^2$ em T02 a $49,3 \pm 10,8 \text{ cm}^2$ em T04 no período seco. As folhas se mostraram maiores no período seco em relação ao período chuvoso em todas as transecções (Figura 52). A ANOVA indicou presença de diferenças estatísticas significativas ($F=3,94$; $G.L.=9$; $p < 0,01$). O teste de *post hoc* de Tukey indicou que essas diferenças ocorrem entre as folhas de T01 no período seco e chuvoso e entre as folhas de T02 e T04 no período seco, para ambos os casos $p=0,01$.

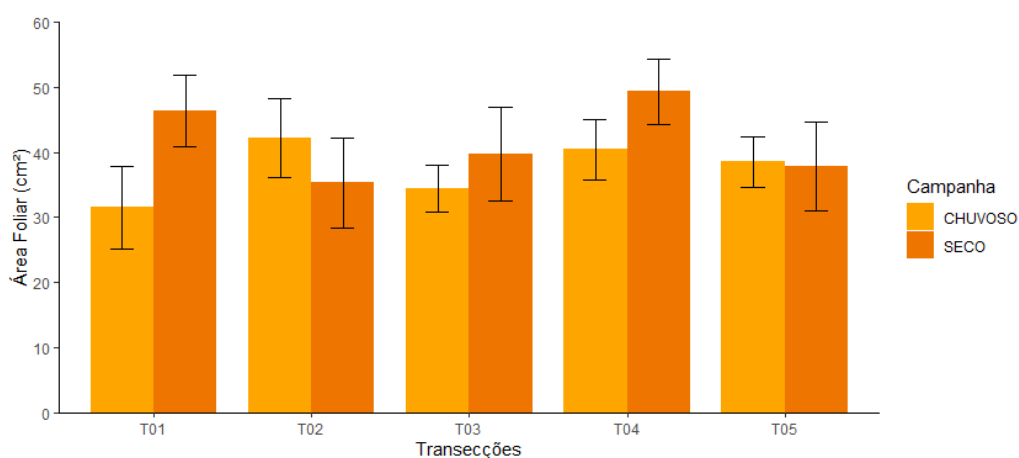


Figura 52: Área das folhas (cm²) de *Rhizophora mangle* para as cinco transecções do estudo situadas à margem esquerda do rio Itapanhaú em período seco e chuvoso. As barras de erro indicam os respectivos intervalos de confiança.

Para o teor de umidade os valores médios variaram entre $58,8 \pm 20,0\%$ em T01 e $68,3 \pm 1,9\%$ em T05 no período chuvoso, e entre $66,7 \pm 1,3\%$ em T01 e $69,9 \pm 4,8\%$ em T04 no período seco (Figura 53). Pode-se observar que os dados do período chuvoso apresentam maior amplitude (diferença entre os valores máximos ($86,1\%$ em T01) e mínimos ($21,6\%$ em T01)) $64,4\%$ em relação aos dados obtidos no período seco $32,8\%$ ($77,2$ e $44,4$ em T02). A análise gráfica não apresenta diferenças visuais entre as transecções (Figura 63). No entanto a análise estatística a partir do teste de Kruskal Wallis indica que há diferença entre as transecções ($H= 67,72$; $G.L. = 9$; $p<0,01$). O teste de Dunn indicou que essas diferenças entre T01/T03 ($p=0,03$) e T01/T04 ($p<0,01$) no período seco, e para as transecções T02 ($p=0,05$) e T03 ($p<0,01$) quando comparados os períodos seco e chuvoso.

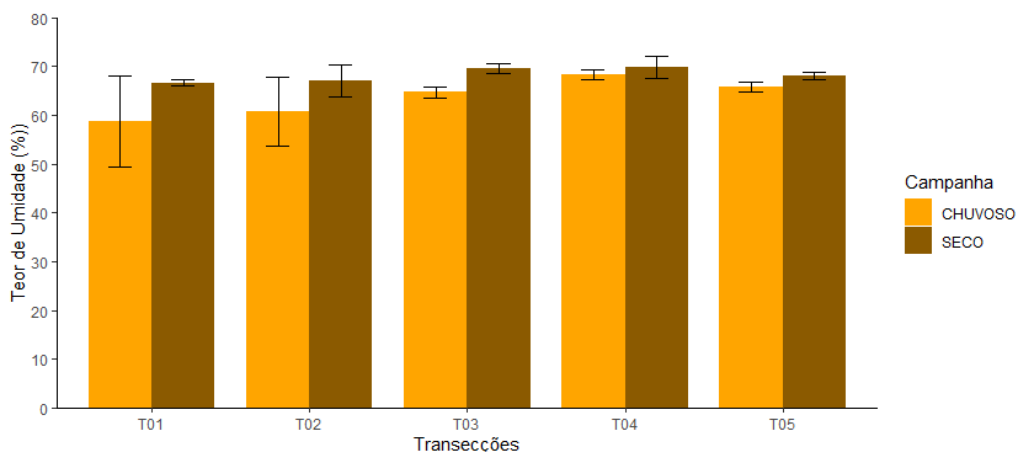


Figura 53: Teor de umidade (%) das folhas de *Rhizophora mangle* para as cinco transecções do estudo situadas à margem esquerda do rio Itapanhaú em período seco e chuvoso. As barras de erro indicam os respectivos intervalos de confiança.

O Índice de Esclerofilia para *R. mangle* variou de $0,50 \pm 0,07$ g/dm² em T01 a $0,80 \pm 0,07$ g/dm² em T02, ambos no período seco. Foi observada maior amplitude de resultados (diferença entre valores máximos e mínimos) no período seco, $1,22$ g/dm² ($0,43$ g/dm² - T01 a $1,65$ g/dm² - T02), em relação ao chuvoso, $0,52$ g/dm² ($0,51$ g/dm² - T02 a $1,03$ g/dm² - T05) (Figura 54).

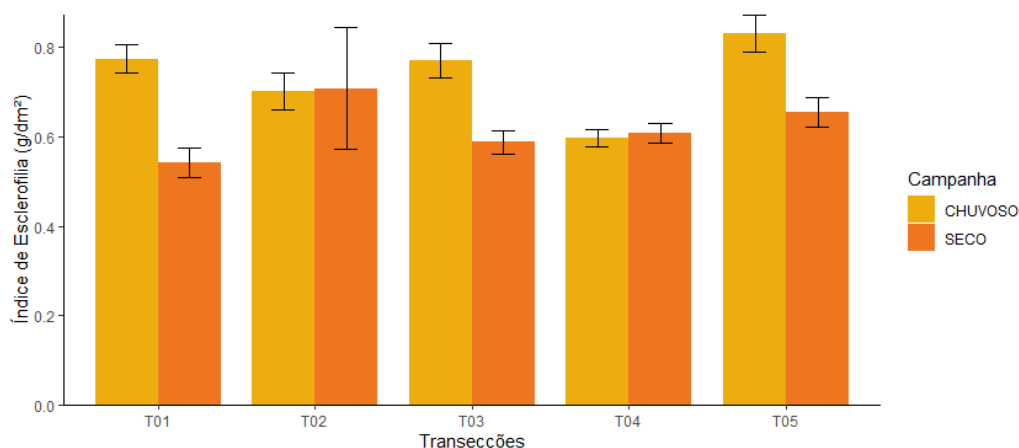


Figura 54: Índice de Esclerofilia (g/dm²) das folhas de *Rhizophora mangle* para as cinco transecções do estudo situadas à margem esquerda do rio Itapanhaú em período seco e chuvoso. As barras de erro indicam os respectivos intervalos de confiança.

No período seco, houve menor ocorrência de 57% de folhas esclerófilas ($IE \geq 0,6$ g/dm²), em relação ao chuvoso (88%). A menor ocorrência de folhas esclerófilas entre os pontos se deu na T01 no período seco, enquanto que para T01, T03 e T05 no período chuvoso todas as folhas analisadas foram esclerófilas (Tabela 3).

Tabela 3: Porcentagem de ocorrência de folhas esclerófilas ($IE \geq 0,6$ g/dm²) para *Rhizophora mangle* nas cinco transecções do estudo situadas à margem esquerda do rio Itapanhaú em período seco e chuvoso.

	T01	T02	T03	T04	T05
Chuvoso	100	90	100	50	100
Seco	20	65	55	60	85

A análise gráfica apresenta diferenças visuais, principalmente entre os períodos seco e chuvoso para as transecções T01, T03 e T05, e no período chuvoso entre as transecções T05 e as demais e T04 e as demais. A análise estatística a partir do teste de Kruskal Wallis indicou diferença entre as transecções ($H = 118,77$; $G.L. = 9$; $p < 0,01$). A Figura 55 apresenta a matriz com os resultados do teste de Dunn indicando onde ocorreram essas diferenças estatísticas significativas.

	T01.C	T01.S	T02.C	T02.S	T03.C	T03.S	T04.C	T04.S	T05.C
T01.S	<0,01								
T02.C	1,00	<0,01							
T02.S	0,02	0,08	1,00						
T03.C	1,00	<0,01	1,00	0,03					
T03.S	<0,01	1,00	0,01	1,00	<0,01				
T04.C	<0,01	1,00	0,02	1,00	<0,01	1,00			
T04.S	<0,01	1,00	0,09	1,00	<0,01	1,00	1,00		
T05.C	1,00	<0,01	0,11	<0,01	1,00	<0,01	<0,01	<0,01	
T05.S	0,04	0,02	1,00	1,00	0,07	0,51	0,74	1,00	<0,01

Figura 55: Resultados do teste *post hoc* de Comparações Múltiplas de Dunn para os valores de Índice de Esclerofilia (g/dm²) obtidos em cada uma das cinco transecções (T01 a T05) do estudo, situadas à margem esquerda do Rio Itapanhaú no período seco (S) e chuvoso (C) para as folhas de *Rhizophora mangle*. Destacado em vermelho estão os valores de $p \leq 0,05$, e em amarelo as comparações entre transecções compatíveis, uma mesma transecção nas duas campanhas, ou transecções distintas em uma mesma campanha.

Com a análise de Correlação de Spearman foram obtidas correlações significativas entre a ocorrência de necrose e anomalias (positiva) e entre os valores de Índice de Esclerofilia com as áreas foliares e com os teores de umidade (negativas) para *R. mangle* (Figura 56).

	Clorose	Herbivoria	Anomalias	Necrose	Área Foliar	Teor de Umidade	Esclerofilia
Clorose		0,11	0,09	0,03	-0,41	-0,15	0,71
Herbivoria	0,54		0,48	0,35	-0,20	-0,19	0,99
Anomalias	0,56	0,25		<0,01	0,12	0,40	0,31
Necrose	0,68	0,33	0,91		0,01	0,33	0,20
Área Foliar	0,24	0,57	0,75	0,99		0,14	0,03
Teor de Umidade	0,68	0,60	0,25	0,35	0,50		0,05
Esclerofilia	-0,13	0,01	-0,36	-0,45	-0,68	-0,64	

Figura 56: Matriz com os resultados da Correlação de Spearman realizada com os dados das análises biométricas e morfológicas das folhas de *R. mangle* obtidas em cada uma das cinco transecções (T01 a T05) do estudo, situadas à margem esquerda do Rio Itapanhaú no período seco (S) e chuvoso (C). Na diagonal inferior encontram-se os valores de r^2 para as correlações, e na diagonal superior as significâncias dessas correlações. Destacado em fonte vermelha estão os valores de $p \leq 0,05$, e preenchidos em azul as correlações significativas positivas e em vermelho as negativas.

Os resultados médios de área foliar, teor de umidade, esclerofilia e a porcentagem de ocorrência dos caracteres morfológicos obtidos em cada transecção para as duas campanhas são apresentados no Apêndice B.

Laguncularia racemosa

Para clorose foram obtidas ocorrências variando entre 5% (T04 no período chuvoso) e 90% (T01 período seco), sendo que não foi registrada ocorrência deste caractere na T03 e na T04 em período chuvoso e seco, respectivamente. Em ambos os períodos a maior ocorrência se deu na T01 para esse táxon (80%

chuvoso, 90% seco). Em geral, houve maior ocorrência dessa característica no período seco em relação ao chuvoso, com exceção apenas da T04, onde não foi observada ocorrência no período seco e houve incidência de 5% no chuvoso (Figura 57). O teste do Chi-quadrado indicou haver diferença estatística significativa ($X = 95,99$; $G.L. = 9$; $p < 0,01$) entre as transecções e os períodos de estudo. O teste de *post hoc* de Pairwise indicou que essa diferença estatística entre a transecção T01 e todas as demais (T02 a T05) em ambos os períodos (T01/T03 e T01/T05 período seco $p = 0,01$, as demais $p < 0,01$).

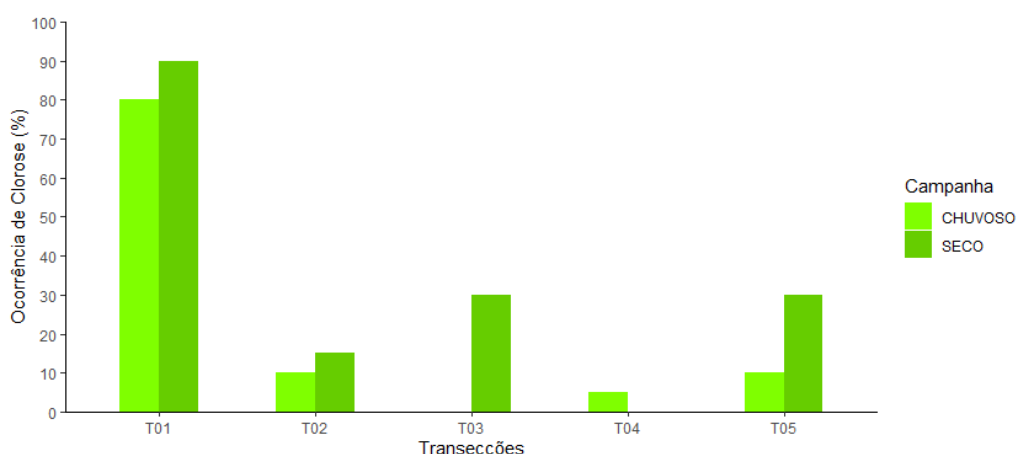


Figura 57: Ocorrência de clorose (%) para as cinco transecções do estudo situadas à margem esquerda do rio Itapanhaú para *Laguncularia racemosa* em período seco e chuvoso.

A ocorrência de herbivoria variou entre 15% (T01 período chuvoso) e 70% (T02 período seco). As maiores ocorrências se deram na T02 em ambos os períodos (40% no período chuvoso e 70% no seco) (Figura 58). Para as todas as transecções houve maior ocorrência no período seco. Com o teste Chi-quadrado foi encontrada diferença estatística significativa ($X = 20,07$; $G.L. = 9$; $p = 0,02$) entre as transecções e os períodos de estudo. A análise de comparações múltiplas, indicou essas diferenças em T03 entre os períodos seco e chuvoso ($p = 0,05$).

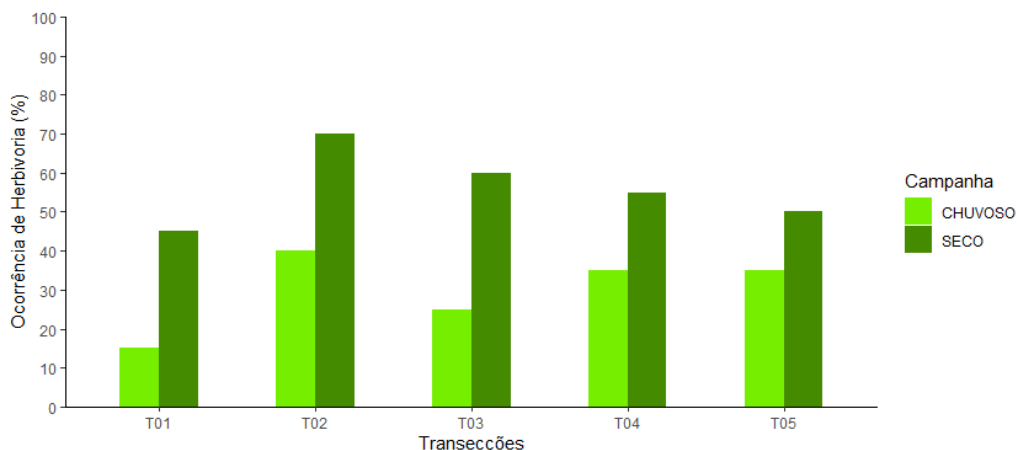


Figura 58: Ocorrência de herbivoria (%) para as cinco transecções do estudo situadas à margem esquerda do rio Itapanhaú para *Laguncularia recemosa* em período seco e chuvoso.

As anomalias não foram registradas em duas transecções para a campanha do período chuvoso (T02 e T04) com a menor incidência na T01 (05%) e ocorrendo em 10% das folhas da T03 e da T05. Para o período seco ocorreu em todas as transecções variando entre 20% (T05) e 100% (T01). Esse caractere morfológico ocorreu visualmente mais no período seco em relação ao chuvoso (Figura 59). As análises estatísticas indicaram a ocorrência de diferença significativa entre as transecções do estudo ($X = 91,37$; $G.L. = 9$; $p < 0,01$). Com a aplicação do teste *post hoc* de Pairwise foram obtidas nove diferenças entre transecções, apresentadas na Figura 60.

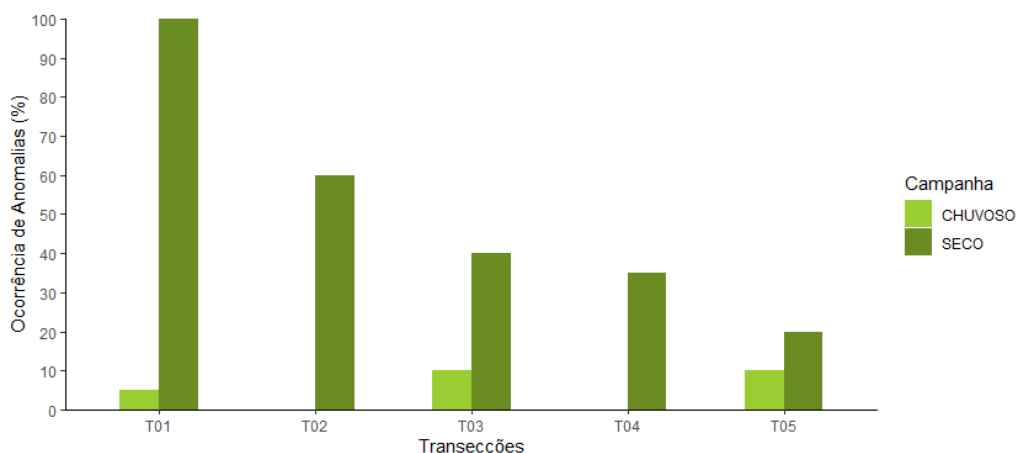


Figura 59: Ocorrência de anomalias (%) para as cinco transecções do estudo situadas à margem esquerda do rio Itapanhaú para *Laguncularia racemosa* em período seco e chuvoso.

	T01.C	T01.S	T02.C	T02.S	T03.C	T03.S	T04.C	T04.S	T05.C
T01.S	<0,01								
T02.C	1,00	0,00							
T02.S	0,00	0,01	0,00						
T03.C	1,00	0,00	0,47	0,00					
T03.S	0,02	<0,01	0,01	0,34	0,07				
T04.C	1,00	0,00	<0,01	0,47	0,01	0,08			
T04.S	0,05	<0,01	0,01	0,21	0,13	1,00	0,01		
T05.C	1,00	0,00	0,47	0,00	1,00	0,07	0,47	0,13	
T05.S	0,34	<0,01	0,11	0,02	0,66	0,30	0,11	0,48	0,66

Figura 60: Resultados do teste post hoc de Pairwise para a ocorrência de anomalias nas folhas de *L. racemosa* obtidos em cada uma das cinco transecções (T01 a T05) do estudo, situadas à margem esquerda do Rio Itapanhaú no período seco (S) e chuvoso (C). Destacado em vermelho estão os valores de $p \leq 0,05$, e em amarelo as comparações entre transecções compatíveis, de centro ou de franja de uma mesma campanha (seco ou chuvoso).

A ocorrência de necrose (Figura 61) foi mais acentuada no período seco, tendo ocorrido em 100% das folhas de duas transecções (T01 e T04) e com a menor ocorrência sendo 90% na T02, sendo essa 5% maior que a incidência mais alta desta característica no período chuvoso (85% em T05). Na campanha do período chuvoso, é consideravelmente menor, ocorrendo em 50% (T01) a 85% (T05) das folhas. A análise estatística indicou diferença estatística significativa na ocorrência de necroses ($X = 47,43$; $G.L. = 9$; $p < 0,01$). O teste *post hoc* localizou essas diferenças para T01, T03, T04 e T05 entre as campanhas do período seco e chuvoso ($p < 0,01$) e para T05/T01 e T05/T03 no período chuvoso ($p = 0,05$).

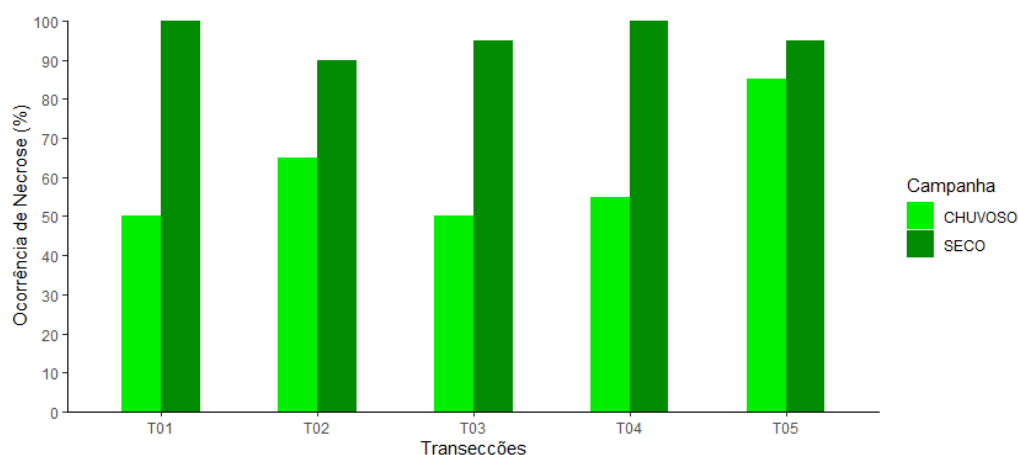


Figura 61: Ocorrência de necroses (%) para as cinco transecções do estudo situadas à margem esquerda do rio Itapanhaú para *Laguncularia racemosa* em período seco e chuvoso.

Para a área foliar foi observada variação média de $19,65 \pm 7,67 \text{ cm}^2$ na T01 a $29,39 \pm 3,78 \text{ cm}^2$ na T02 no período chuvoso, e de $18,72 \pm 4,63 \text{ cm}^2$ na T03 a

35,09±12,27cm² na T05 no período seco. As folhas se mostraram maiores no período chuvoso para três transecções (T02 a T04), o oposto foi observado para T05 e naT03 as áreas médias foram visualmente iguais (Figura 62). A Anova indicou presença de diferenças estatísticas significativas ($F=6,76$; $G.L.=9$; $p<0,01$). O teste de *post hoc* de Tukey indicou essas diferenças entre as folhas de T05 nos períodos seco e chuvoso ($p=0,01$), entre T01 e T02 no período chuvoso ($p=0,01$) e entre as folhas de T05 e T01, T03 e T04 no período seco ($p<0,01$ para os dois primeiros e $p=0,01$ para T04/T05).

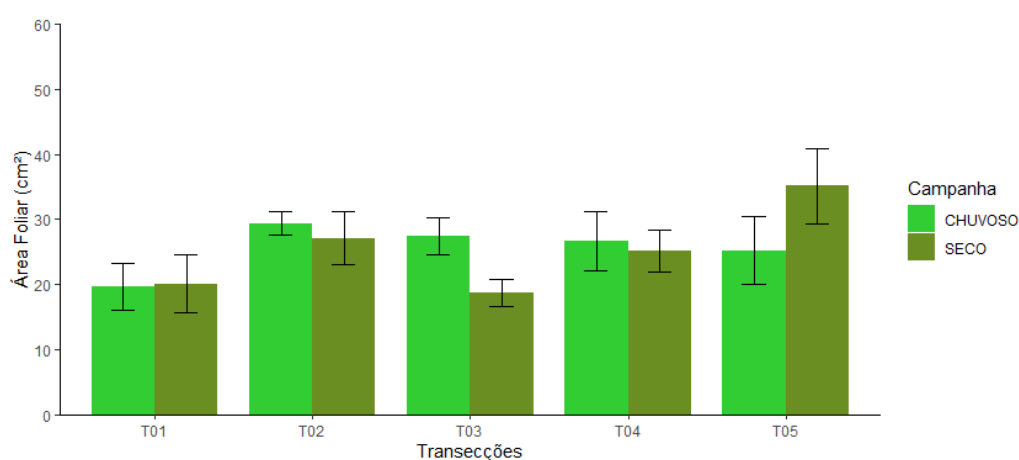


Figura 62: Área das folhas (cm²) de *Laguncularia racemosa* para as cinco transecções do estudo situadas à margem esquerda do rio Itapanhaú em período seco e chuvoso. As barras de erro indicam os respectivos intervalos de confiança.

Para o teor de umidade os valores médios variaram entre 65,8±11,9% em T03 e 72,8±7,5% em T01 no período chuvoso, e entre 64,3±16% em T03 e 73,5±2,0 em T05 no período seco. Os dados do período chuvoso apresentaram maior amplitude (diferença entre os valores máximos (97,1% em T01) e mínimos (16,2% em T03)) 80,9% em relação aos dados obtidos no período seco 32,3% (78,7 em T01 e 46,4 em T02). A análise gráfica não apresentou diferenças visuais entre as transecções (Figura 63). No entanto a análise estatística a partir do teste de Kruskal Wallis indicou diferença entre as transecções ($H= 59,70$; $G.L. = 9$; $p<0,01$). O teste de Dunn indicou essas diferenças entre T01/T05 ($p<0,01$), T02/T03 ($p<0,01$) e T03/T05 ($p<0,01$) no período seco, e para as transecções T01/T05 ($p=0,05$) e T01/T03 ($p<0,01$) no período chuvoso.

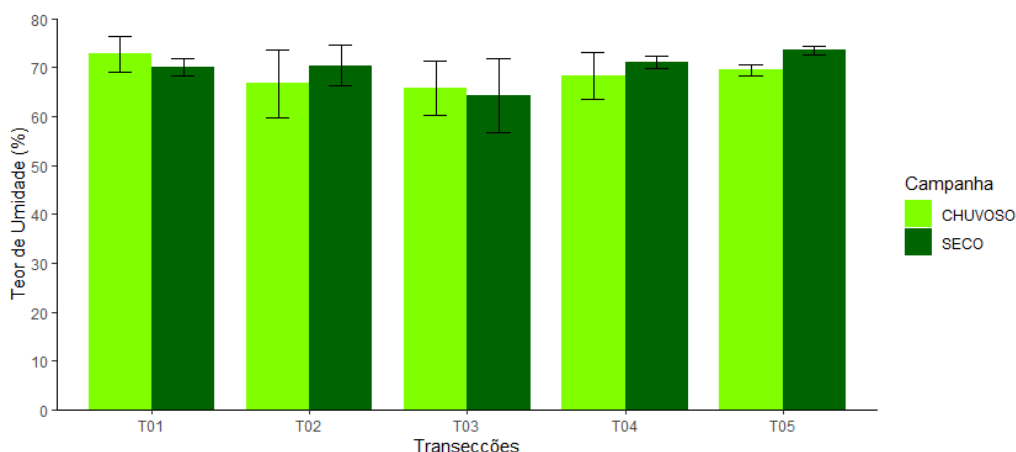


Figura 63: Teor de umidade (%) das folhas de *Laguncularia racemosa* para as cinco transecções do estudo situadas à margem esquerda do rio Itapanhaú em período seco e chuvoso. As barras de erro indicam os respectivos intervalos de confiança.

O Índice de Esclerofilia médio para *L. racemosa* variou de $0,70 \pm 0,10$ g/dm² na T04 no período chuvoso a $0,96 \pm 0,36$ g/dm² na T02 no período seco. Foi observada maior amplitude de resultados (diferença entre valores máximos e mínimos) no período seco, 1,23 g/dm² (0,54g/dm² - T05 a 1,77 g/dm² - T03), em relação ao chuvoso, 0,76 g/dm² (0,51g/dm² a 1,27 g/dm² ambos em T03) (Figura 64).

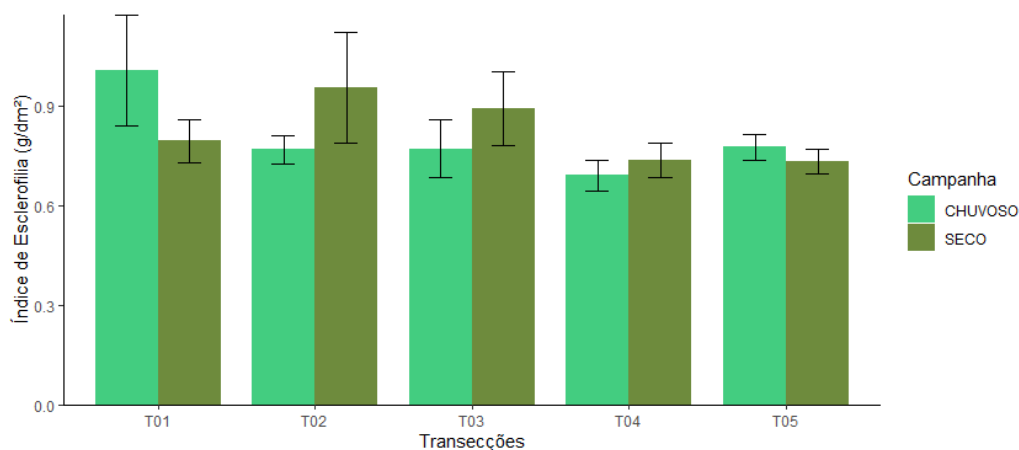


Figura 64: Índice de Esclerofilia (g/dm²) das folhas de *Laguncularia racemosa* para as cinco transecções do estudo situadas à margem esquerda do rio Itapanhaú em período seco e chuvoso. As barras de erro indicam os respectivos intervalos de confiança.

A ocorrência de folhas esclerófilas (IE $\geq 0,6$ g/dm²) entre os períodos seco e chuvoso foi similar, 93% e 92%, respectivamente. A menor ocorrência de folhas esclerófilas entre os pontos se deu na T04 no período chuvoso, enquanto que para T01 e T05, no mesmo período, todas as folhas analisadas foram esclerófilas (Tabela 4).

Tabela 4: Porcentagem de ocorrência de folhas esclerófilas ($IE \geq 0,6 \text{ g/dm}^2$) para *Rhizophora mangle* nas cinco transecções do estudo situadas à margem esquerda do rio Itapanhaú em período seco e chuvoso.

	T01	T02	T03	T04	T05
Chuvoso	100	95	85	80	100
Seco	90	95	95	95	90

A análise gráfica apresentou poucas diferenças visuais para os valores de índice de esclerofilia para *L. racemosa*. A análise estatística a partir do teste de Kruskal Wallis indicou diferença entre as transecções ($H = 46,43$; $G.L. = 9$; $p < 0,01$). A Figura 65 apresenta a matriz com os resultados do teste de Dunn indicando onde ocorreram essas diferenças estatísticas significativas.

	T01.C	T01.S	T02.C	T02.S	T03.C	T03.S	T04.C	T04.S	T05.C
T01.S	0,13								
T02.C	0,02	1,00							
T02.S	1,00	1,00	1,00						
T03.C	0,01	1,00	1,00	1,00					
T03.S	1,00	1,00	0,48	1,00	0,28				
T04.C	<0,01	0,60	1,00	0,04	1,00	<0,01			
T04.S	<0,01	1,00	1,00	0,43	1,00	0,03	1,00		
T05.C	0,03	1,00	1,00	1,00	1,00	0,74	1,00	1,00	
T05.S	<0,01	1,00	1,00	0,47	1,00	0,03	1,00	1,00	1,00

Figura 65: Resultados do teste *post hoc* de Comparações Múltiplas de Dunn para os valores de Índice de Esclerofilia (g/dm^2) obtidos em cada uma das cinco transecções (T01 a T05) do estudo, situadas à margem esquerda do Rio Itapanhaú no período seco (S) e chuvoso (C) para as folhas de *Laguncularia racemosa*. Destacado em vermelho estão os valores de $p \leq 0,05$, e em amarelo as comparações entre transecções compatíveis, uma mesma transecção nas duas campanhas, ou transecções distintas em uma mesma campanha.

Com a análise de Correlação de Spearman foram correlações significativas entre a ocorrência de necrose e anomalias, assim como entre a ocorrência de herbivoria com necrose e anomalias, sendo as três correlações positivas (Figura 66).

	Clorose	Herbivoria	Anomalias	Necrose	Área Foliar	Teor de Umidade	Esclerofilia
Clorose		0,73	0,26	0,48	-0,38	0,32	0,10
Herbivoria	0,13		0,02	0,01	-0,02	0,07	0,63
Anomalias	0,40	0,71		0,01	-0,32	0,16	0,19
Necrose	0,25	0,77	0,77		-0,21	0,25	0,97
Área Foliar	0,28	0,95	0,36	0,55		0,80	0,14
Teor de Umidade	0,37	0,84	0,65	0,48	0,09		0,97
Esclerofilia	0,55	0,18	0,45	-0,02	-0,50	-0,01	

Figura 66: Matriz com os resultados da Correlação de Spearman realizada com os dados das análises biométricas e morfológicas das folhas de *L. racemosa* obtidas em cada uma das cinco transecções (T01 a T05) do estudo, situadas à margem esquerda do Rio Itapanhaú no período seco (S) e chuvoso (C). Na diagonal inferior encontram-se os valores de r^2 para as correlações, e na diagonal superior as significâncias dessas correlações. Destacado em fonte vermelha estão os valores de $p \leq 0,05$, e preenchidos em azul as correlações significativas positivas.

Os resultados médios de área foliar, teor de umidade, esclerofilia e a porcentagem de ocorrência dos caracteres morfológicos obtidos em cada transecção para as duas campanhas são apresentados no Apêndice B.

Avicennia schaueriana

Para clorose foram obtidas ocorrências variando entre 5% (T03 no período chuvoso) e 65% (T01 período seco), sendo que não foi registrada ocorrência deste caractere na T04 no período seco. A maior ocorrência do período chuvoso se deu na T04 (55%) e no período seco na T01 (65%). No período seco foi observada maior ocorrência desse caractere em relação ao período chuvoso para as transecções T01 e T02, para T04 e T05 observa-se o oposto, e na T03 a ocorrência foi a mesma para ambos os períodos (Figura 67). O teste do Chi-quadrado indicou diferença estatística significativa ($X = 47,09$; G.L. = 9; $p < 0,01$) entre as transecções e os períodos de estudo. O teste de *post hoc* de Pairwise indicou essa diferença estatística entre a transecção T01 e T03, T04 e T05 no período seco (T01/T03 e T01/T05 $p = 0,01$ e T01/T04 $p < 0,01$) e para T04 entre os períodos seco e chuvoso ($p = 0,02$).

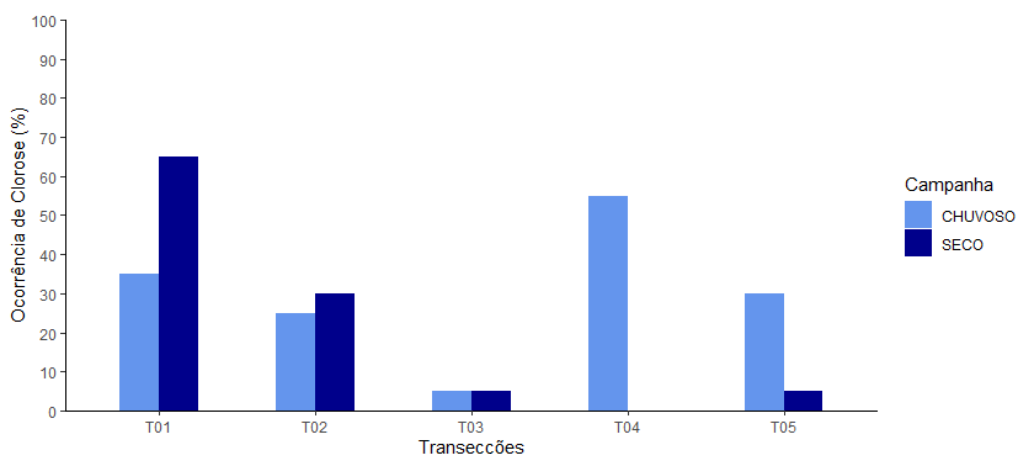


Figura 67: Ocorrência de clorose (%) para as cinco transecções do estudo situadas à margem esquerda do rio Itapanhaú para *Avicennia schaueriana* em período seco e chuvoso.

A ocorrência de herbivoria variou entre 10% (T02 no período chuvoso e T04 no período seco) e 50% (T01 no período seco). As maiores ocorrências se deram na T05 no período chuvoso (35%) e na T01 no período seco (50%). A ocorrência de herbivoria foi maior no período chuvoso para as três transecções à jusante do estudo (T03 a T05) (Figura 68). O teste Chi-quadrado indicou não haver diferença estatística significativa ($X = 15,38$; G.L. = 9; $p = 0,81$) na ocorrência de herbivoria para *A. schaueriana*.

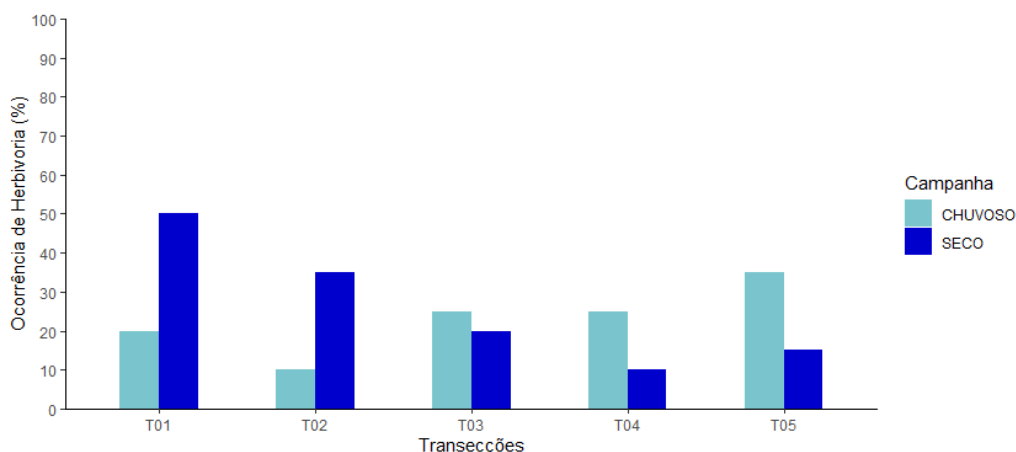


Figura 68: Ocorrência de herbivoria (%) para as cinco transecções do estudo situadas à margem esquerda do rio Itapanhaú para *Avicennia schaueriana* em período seco e chuvoso.

As anomalias não foram registradas em duas transecções para a campanha do período chuvoso (T02 e T04), com a maior incidência na T05 (35%). Para o período seco ocorreu em todas as transecções variando entre 35% (T02) e 70% (T01). Esse caractere morfológico ocorreu visualmente mais no período seco em relação ao chuvoso (Figura 69). As análises estatísticas indicaram a ocorrência de diferença significativa entre as transecções do estudo ($X = 46,05$; $G.L. = 9$; $p < 0,01$). O teste *post hoc* de Pairwise indicou diferenças estatisticamente significativas entre T03/T02 ($p = 0,03$), T03/T04 ($p < 0,01$) e T04/T05 ($p = 0,01$) no período chuvoso, e para as transecções T01 e T04 entre os períodos seco e chuvoso ($p < 0,01$) Figura 70.

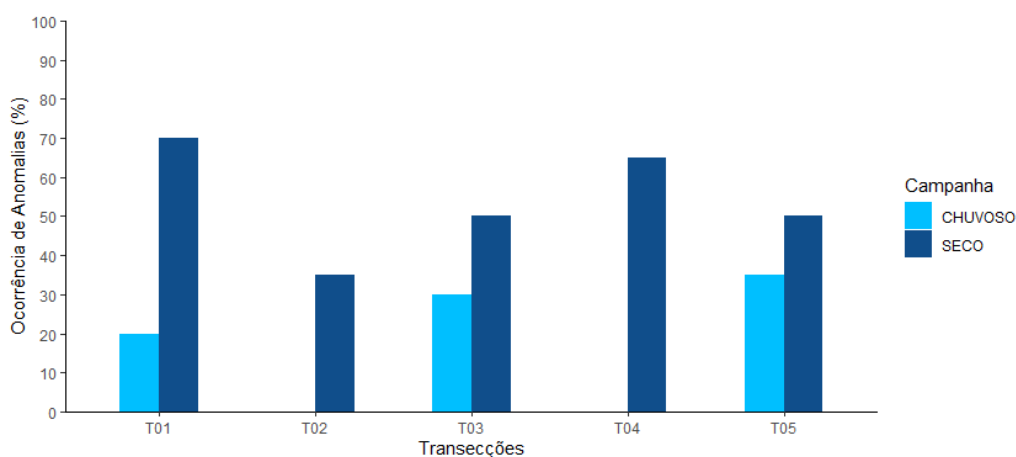


Figura 69: Ocorrência de anomalias (%) para as cinco transecções do estudo situadas à margem esquerda do rio Itapanhaú para *Avicennia schaueriana* em período seco e chuvoso.

A ocorrência de necrose (Figura 70) foi mais acentuada no período seco, tendo ocorrido em até 95% das folhas (T01); já para o período chuvoso a maior ocorrência se deu na T03 (50%). Na campanha do período seco a

incidência de necrose foi consideravelmente maior que no período seco, com exceção da T03. A análise estatística mostrou diferença estatística significativa na ocorrência de necroses ($X = 57,55$; $G.L. = 9$; $p < 0,01$). O teste *post hoc* localizou essas diferenças para T01 ($p < 0,01$) e T05 ($p = 0,04$) entre as campanhas do período seco e chuvoso; para T01 e as demais transecções (T02 - $p = 0,02$, T03 - $p = 0,05$, T04 - $p = 0,01$ e T05 - $p = 0,05$) no período seco e para T03 com T01 ($p = 0,04$) e T05 ($p = 0,02$) no período chuvoso.

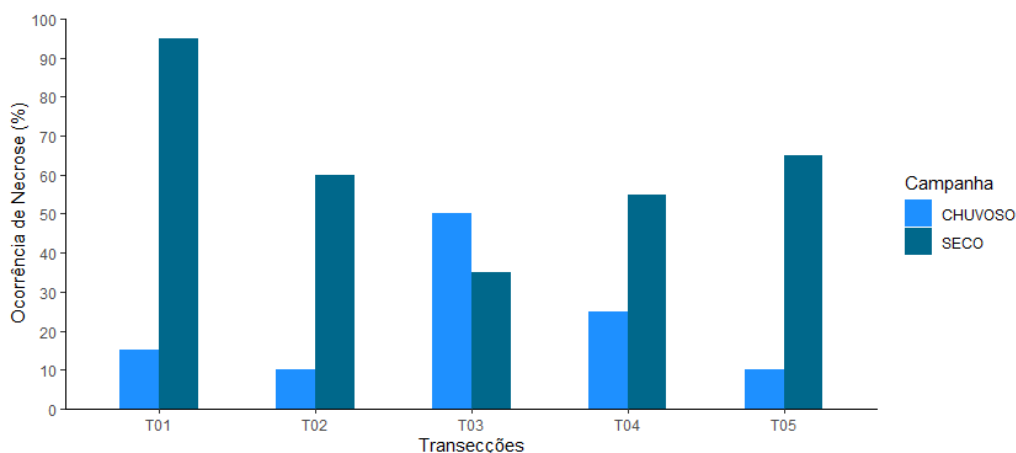


Figura 70: Ocorrência de necroses (%) para as cinco transecções do estudo situadas à margem esquerda do rio Itapanhaú para *Avicennia schaueriana* em período seco e chuvoso.

Para a área foliar foram observadas variações médias de $19,69 \pm 6,69 \text{ cm}^2$ na T02 a $35,36 \pm 11,18 \text{ cm}^2$ na T03 no período chuvoso, e de $17,98 \pm 4,81 \text{ cm}^2$ na T04 a $29,16 \pm 11,34 \text{ cm}^2$ na T05 no período seco. Maiores áreas foram registradas no período chuvoso para duas transecções (T03 e T04), o oposto foi observado para as demais (Figura 71). A Anova indicou presença de diferenças estatísticas significativas ($F = 9,24$; $G.L. = 9$; $p < 0,01$). O teste de *post hoc* de Tukey indicou essas diferenças estatisticamente significativas entre T03 e as demais transecções (T01, T02 e T05 - $p < 0,01$ e T04 - $p = 0,01$) no período chuvoso, entre T04 e T05 ($p = 0,01$) no seco e entre os períodos seco e chuvoso para T03 ($p < 0,01$), T04 ($p = 0,01$) e T05 ($p = 0,02$).

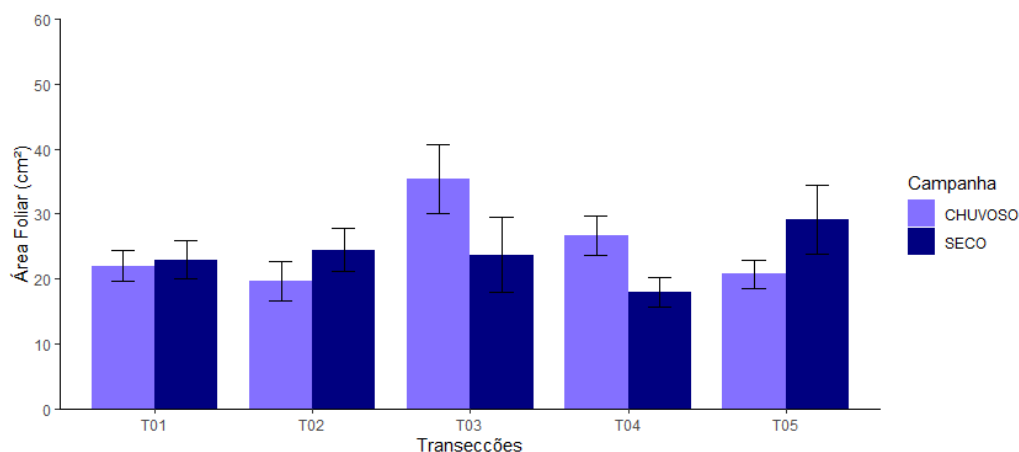


Figura 71: Área das folhas (cm²) de *Avicennia schaueriana* para as cinco transecções do estudo situadas à margem esquerda do rio Itapanhaú em período seco e chuvoso. As barras de erro indicam os respectivos intervalos de confiança.

Para o teor de umidade os valores médios variaram entre $68,3 \pm 4,1\%$ na T05 e $73,1 \pm 12,8\%$ na T01 no período chuvoso, e entre $70,1 \pm 3,5\%$ na T01 e $74,2 \pm 3,5\%$ na T03 no período seco. Os dados do período chuvoso também apresentaram maior amplitude (diferença entre os valores máximos (88,7% na T01) e mínimos (45,7 % na T01)) 43,0% em relação aos dados obtidos no período seco 36,8% (89,17 e 52,4 na T03). A análise gráfica não apresentou diferenças visuais entre as transecções, apenas quando considerada a amplitude do intervalo de confiança da T01 (Figura 72). No entanto a análise estatística a partir do teste de Kruskal Wallis indicou diferença entre as transecções ($H= 41,16$; $G.L. = 9$; $p < 0,01$). O teste de Dunn indicou diferenças os períodos seco e chuvoso para T01 ($p=0,05$), T02 ($p < 0,01$) e T04 ($p < 0,01$); para T01 com T02 ($p=0,02$) e T03 ($p < 0,01$) no período seco e para T01 com T02 ($p=0,01$), T04 ($p=0,02$) e T05 ($p < 0,01$), assim como T03 com T04 ($p < 0,01$) e T05 ($p < 0,01$) no período chuvoso.

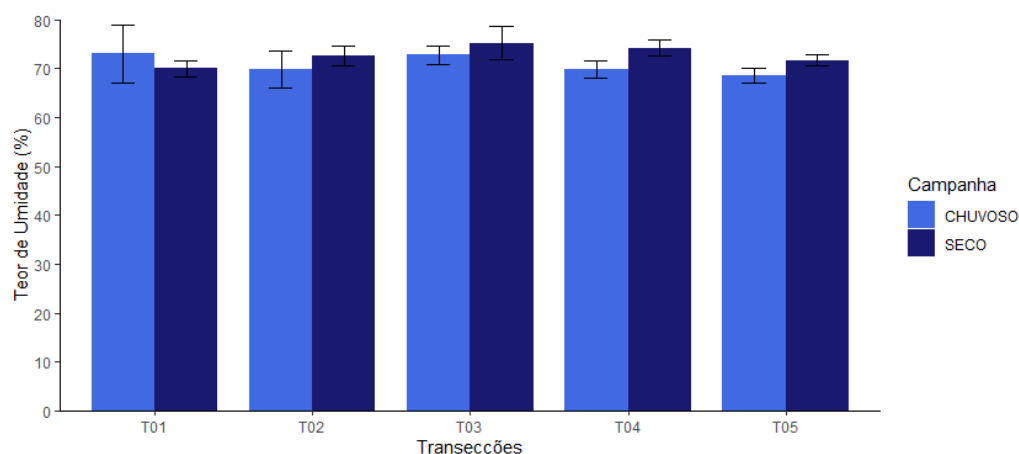


Figura 72: Teor de umidade (%) das folhas de *Avicennia schaueriana* para as cinco transecções do estudo situadas à margem esquerda do rio Itapanhaú em período seco e chuvoso. As barras de erro indicam os respectivos intervalos de confiança.

O Índice de Esclerofilia médio para *A. schaueriana* variou de $0,40 \pm 0,10 \text{ g/dm}^2$ na T03 a $0,90 \pm 0,20 \text{ g/dm}^2$ na T05 ambos no período seco. A amplitude (diferença entre o valor máximo e mínimo obtido) dos valores obtidos foi graficamente similar entre os dois períodos estudados, apresentando diferença de $0,08 \text{ g/dm}^2$ entre eles. Para o período seco amplitude foi de $0,86 \text{ g/dm}^2$ ($0,32 \text{ g/dm}^2$ – T03 a $1,18 \text{ g/dm}^2$ – T05), já para o período chuvoso foi $0,78 \text{ g/dm}^2$ ($0,10 \text{ g/dm}^2$ – T03 a $0,88 \text{ g/dm}^2$ – T05) (Figura 73).

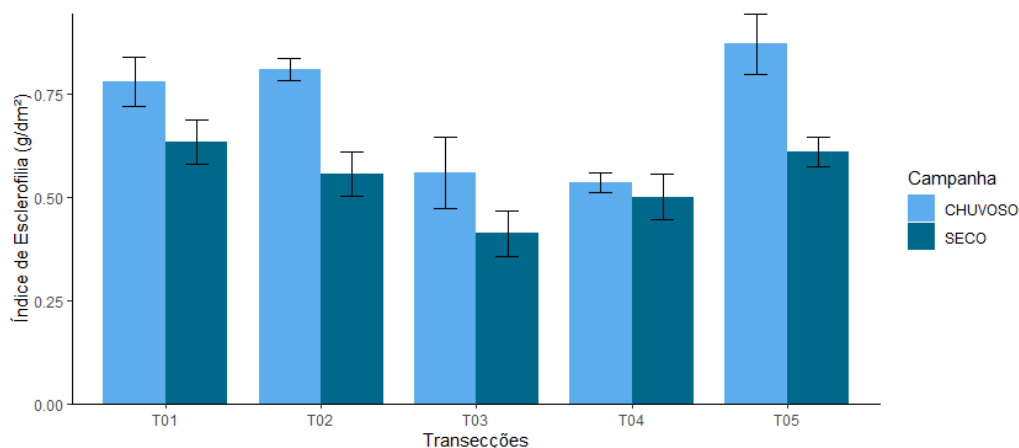


Figura 73: Índice de Esclerofilia (g/dm^2) das folhas de *Avicennia schaueriana* para as cinco transecções do estudo situadas à margem esquerda do rio Itapanhaú em período seco e chuvoso. As barras de erro indicam os respectivos intervalos de confiança.

A ocorrência de folhas esclerófilas ($\text{IE} \geq 0,6 \text{ g/dm}^2$) foi 34% maior no período chuvoso (63%) em relação ao período seco (39%). A menor ocorrência de folhas esclerófilas entre os pontos se deu na T03 no período seco e na T04 no chuvoso. No período chuvoso para a T02 e a T05 todas as folhas analisadas foram esclerófilas (Tabela 5).

Tabela 5: Porcentagem de ocorrência de folhas esclerófilas ($\text{IE} \geq 0,6 \text{ g/dm}^2$) para *Avicennia schaueriana* nas cinco transecções do estudo situadas à margem esquerda do rio Itapanhaú em período seco e chuvoso.

	T01	T02	T03	T04	T05
Chuvoso	90	100	20	5	100
Seco	50	25	5	15	50

A análise gráfica apresentou diferenças visuais para os valores de índice de esclerofilia para *A. schaueriana* (Figura 74). A análise estatística a partir do teste de Kruskal Wallis indicou diferença entre as transecções ($H = 122,90$; $G.L. = 9$; $p < 0,01$). A Figura 74 apresenta a matriz com os resultados do teste de Dunn indicando onde ocorreram essas diferenças estatísticas significativas.

	T01.C	T01.S	T02.C	T02.S	T03.C	T03.S	T04.C	T04.S	T05.C
T01.S	0,26								
T02.C	1,00	0,04							
T02.S	<0,01	1,00	<0,01						
T03.C	<0,01	1,00	<0,01	1,00					
T03.S	<0,01	<0,01	<0,01	0,15	0,24				
T04.C	<0,01	1,00	<0,01	1,00	1,00	0,29			
T04.S	<0,01	0,09	<0,01	1,00	1,00	1,00	1,00		
T05.C	1,00	0,02	1,00	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	
T05.S	0,16	1,00	0,02	1,00	1,00	<0,01	1,00	0,16	0,01

Figura 74: Resultados do teste *post hoc* de Comparações Múltiplas de Dunn para os valores de Índice de Esclerofilia (g/dm^2) obtidos em cada uma das cinco transecções (T01 a T05) do estudo, situadas à margem esquerda do Rio Itapanhaú no período seco (S) e chuvoso (C) para as folhas de *Avicennia schaueriana*. Destacado em vermelho estão os valores de $p \leq 0,05$, e em amarelo as comparações entre transecções compatíveis, uma mesma transecção nas duas campanhas, ou transecções distintas em uma mesma campanha.

Com a análise de Correlação de Spearman foram obtidas correlações significativas entre a ocorrência de necrose e anomalias, assim como entre a ocorrência de herbivoria e clorose, ambas as correlações são positivas (Figura 75).

	Clorose	Herbivoria	Anomalias	Necrose	Área Foliar	Teor de Umidade	Esclerofilia
Clorose		0,04	0,49	0,83	0,03	-0,55	0,22
Herbivoria	0,67		0,68	0,52	0,32	-0,37	0,62
Anomalias	-0,25	0,15		0,02	-0,11	0,35	0,45
Necrose	-0,08	0,23	0,72		0,40	0,29	0,26
Área Foliar	0,93	0,37	0,76	0,25		0,99	0,39
Teor de Umidade	0,10	0,29	0,31	0,42	0,01		0,06
Esclerofilia	0,42	0,18	-0,27	-0,39	-0,30	-0,62	

Figura 75: Matriz com os resultados da Correlação de Spearman realizada com os dados das análises biométricas e morfológicas das folhas de *A. schaueriana* obtidas em cada uma das cinco transecções (T01 a T05) do estudo, situadas à margem esquerda do Rio Itapanhaú no período seco (S) e chuvoso (C). Na diagonal inferior encontram-se os valores de r^2 para as correlações, e na diagonal superior as significâncias dessas correlações. Destacado em fonte vermelha estão os valores de $p \leq 0,05$, e preenchidos em azul as correlações significativas positivas.

Os resultados médios de área foliar, teor de umidade, esclerofilia e a porcentagem de ocorrência dos caracteres morfológicos obtidos em cada transecção para as duas campanhas são apresentados no Apêndice B.

3.6. ANÁLISES MULTIVARIADAS

Para o estudo da relação entre as variáveis do estudo foram realizadas duas análises multivariadas: Análise de Componentes Principais (PCA), a fim de se identificar a inter-relação entre as variáveis assim como a relação das amostras (neste caso dos pontos amostrais) com as mesmas; e também Correlação de Spearman para verificar as ligações mais fortes ($r \geq 0,5$ ou $r \leq -0,5$) e significativas ($p \leq 0,05$) entre essas variáveis.

Rhizophora mangle

A Análise de Componentes Principais realizada para as interações de *R. mangle* foi descrita no total em nove eixos (Tabela 6), mas pode ser resumida nos cinco primeiros, segundo o resultado do *elbow method*, onde está descrito 91,38% das variações.

Tabela 6: Percentual de Variância de cada um dos nove componentes principais onde foi descrita a Análise Componentes Principais para as variáveis foliares de *R. mangle*.

Eixo	Percentual de Variância (%)	Ponto de quebra
Eixo 1	39,49	
Eixo 2	26,36	
Eixo 3	13,43	
Eixo 4	7,71	
Eixo 5	4,40	91,38%
Eixo 6	3,09	
Eixo 7	2,53	
Eixo 8	1,98	
Eixo 9	1,01	

Os dois primeiros componentes principais descrevem aproximadamente 65,84% das variâncias ocorrentes o conjunto, sendo 39,49% no Eixo 1 e 26,36% no Eixo 2. A partir da análise do gráfico *biplot* pode-se observar a interferência da sazonalidade na relação das variáveis (Figura 76).

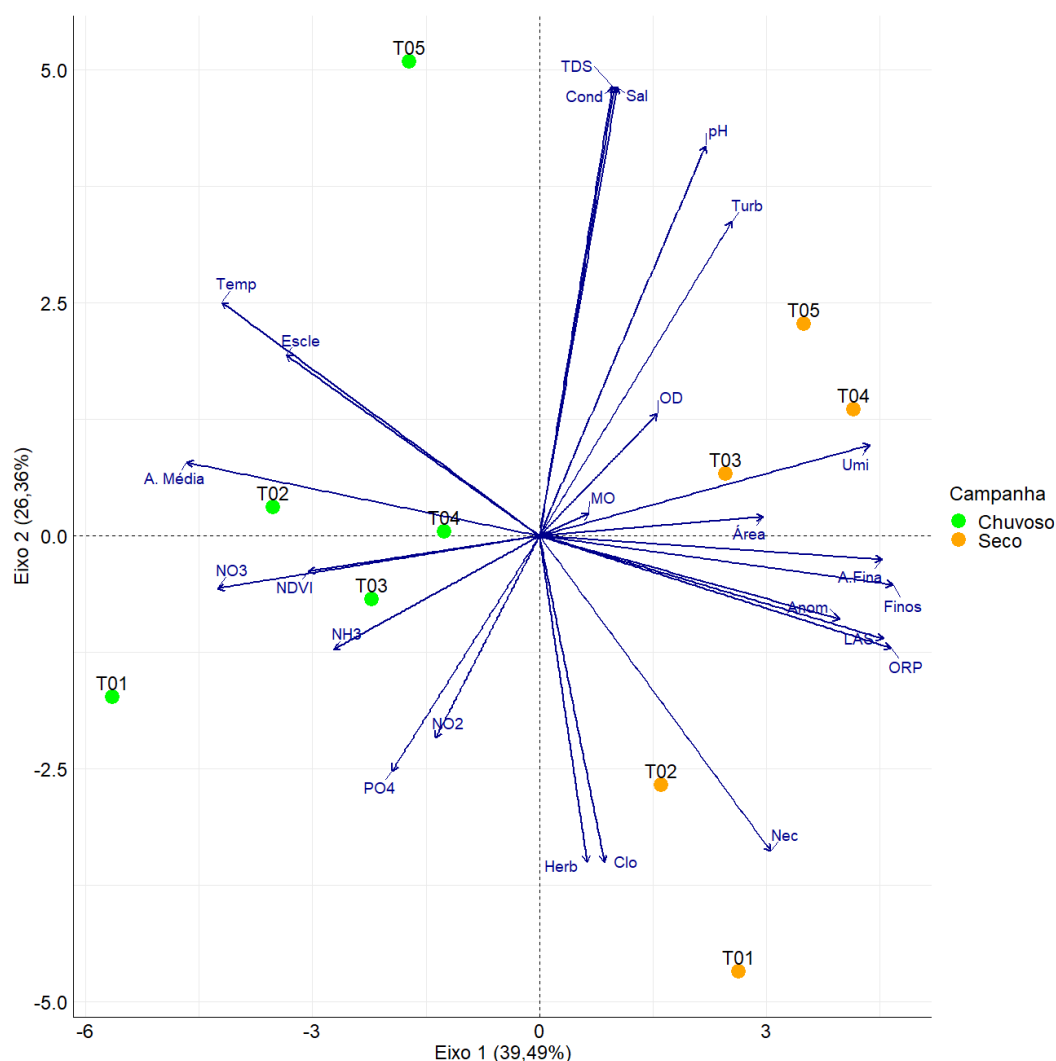


Figura 76: Análise de Componentes Principais realizada com as 23 variáveis nas 5 transecções em ambos os períodos, considerando apenas as características de *Rhizophora mangle* para as folhas. **Legenda:** ÁREA – Área Foliar, UMI – Teor de Umidade das Folhas; CLO – Ocorrência de Cloroses; HERB – Ocorrência de Herbivoria; ANOM – Ocorrência de Anomalias; NEC – Ocorrência de Necroses; ESCLE – Índice de Esclerofilia; TEMP – Temperatura da água; pH – pH da água; COND – Condutividade da água; SAL – Salinidade da água; TDS – Total de Sólidos Dissolvidos; OD – Oxigênio Dissolvido; ORP – Potencial de Oxirredução; TURB – Turbidez; NO₃ – Nitrato; NO₂ – Nitrito; NH₃ – Nitrogênio Amomiacal; PO₄ – Fosfato; LAS – Agentes Surfactantes; FINOS – Porção de Finos (Silte e Argila) do Sedimento; A.FINA – Areia Fina; A.Média – Areia Média; MO – Teor de Matéria Orgânica do Sedimento; NDVI – Índice de Vegetação por Diferença Normalizada.

A partir da análise do gráfico (Figura 76) percebe-se que as transecções T03 e T04 respondem próximas em ambos os períodos (seco e chuvoso), enquanto T01 e T05 são as mais distantes. Também foi observado que no período seco há maior quantidade de variáveis descrevendo os pontos. As transecções T01 (chuvoso), T03 (seco) aparecem principalmente descritas pelas variáveis do Eixo 1, enquanto que T01 (seco) e T05 (chuvoso) são descritos pelas variáveis descritoras do Eixo2 (Tabela 7).

Tabela 7: Contribuição das variâncias de cada amostra na formação dos eixos da Análise de Componentes Principais com as variáveis foliares de *R. mangle*. Resultados em porcentagem (%).

Transecção	Período	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 3	Eixo 4	Eixo 5
T01	Chuvoso	32,29	4,51	29,52	15,06	1,10
T02	Chuvoso	12,52	0,14	35,87	2,90	24,92
T03	Chuvoso	4,98	0,71	0,54	6,36	0,04
T04	Chuvoso	1,60	0,00	9,67	1,32	13,72
T05	Chuvoso	2,99	39,32	0,02	23,03	9,42
T01	Seco	7,04	33,15	3,05	2,37	21,44
T02	Seco	2,62	10,81	1,12	16,58	24,02
T03	Seco	6,14	0,68	3,43	0,87	1,52
T04	Seco	17,44	2,81	3,20	28,17	0,49
T05	Seco	12,38	7,87	13,58	3,34	3,33

Quando analisada a contribuição das variáveis a cada eixo percebe-se que o Eixo 1 é 43,03% descrito pelas cinco variáveis de maior importância (Tabela 8): Porção de Finos do Sedimento (8,84%), Areia Média (8,80%), Potencial de Oxirredução (8,74%), Concentração de Surfactantes (8,37%), e Areia Fina (8,30). As demais variáveis tiveram contribuições variadas para a composição do eixo (0,16 a 7,72 %). O Eixo 2 se apresenta 32,58% descrito pelas 5 variáveis de maior importância: Herbivoria (7,44%), Clorose (7,43%), Necrose (6,95%), Turbidez (6,91%) e Fósforo (3,85%). Com a descrição mais concentrada o Eixo 3 é 43,44% descrito em: Condutividade (9,17%), pH (9,07%), Salinidade (9,05%), Fósforo (8,29%) e Areia Média (7,86%). O Eixo 4 é descrito 58,13% nas 5 variáveis de maior contribuição: Oxigênio Dissolvido (16,71%), NDVI (14,51%), Turbidez (10,13%), Teor de Matéria Orgânica (9,50%) e ocorrência de Clorose nas Folhas (7,27%). Por último o Eixo 5 é 55,57% descrito por: Nitrogênio Amônio (13,05%), Nitrito (12,61%), Anomalias Foliares (10,94%), Fósforo (9,63%) e Ocorrência de Herbivoria (9,35%).

Tabela 8: Contribuição das variâncias de cada variável na formação dos eixos da Análise de Componentes Principais com as variáveis foliares de *R. mangle*. Resultados em porcentagem (%). **Legenda:** ÁREA – Área Foliar, UMI – Teor de Umidade das Folhas; CLO – Ocorrência de Cloroses; HERB – Ocorrência de Herbivoria; ANOM – Ocorrência de Anomalias; NEC – Ocorrência de Necroses; ESCLE – Índice de Esclerofilia; TEMP – Temperatura da água; pH – pH da água; COND – Condutividade da água; SAL – Salinidade da água; TDS – Total de Sólidos Dissolvidos; OD – Oxigênio Dissolvido; ORP – Potencial de Oxirredução; TURB – Turbidez; NO3 – Nitrato; NO2 – Nitrito; NH3 – Nitrogênio Amoniacal; PO4 – Fosfato; LAS – Agentes Surfactantes; FINOS – Porção de Finos (Silte e Argila) do Sedimento; A.FINA – Areia Fina; A.Média – Areia Média; MO – Teor de Matéria Orgânica do Sedimento; NDVI – Índice de Vegetação por Diferença Normalizada.

Variável	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 3	Eixo 4	Eixo 5
Área	3,54	0,03	1,36	3,41	5,47
Umi	7,72	0,58	2,09	1,17	2,69
Clo	0,30	7,43	6,36	7,27	1,22
Herb	0,16	7,44	1,62	6,94	9,35
Anom	6,38	0,48	2,56	6,81	10,94
Nec	3,79	6,95	1,78	0,33	8,38
Escle	4,54	2,28	2,43	4,80	3,85
Temp	7,15	3,81	3,78	0,14	0,31
pH	1,95	1,06	9,07	2,53	0,00
Cond	0,40	1,41	9,17	0,12	2,05
Sal	0,43	1,41	9,05	0,13	1,94
TDS	0,38	1,41	7,41	0,12	1,99
OD	0,99	1,04	1,45	16,71	0,29
ORP	8,74	0,88	4,52	0,05	2,51
Turb	2,62	6,91	1,10	10,13	0,78
NO3	7,33	0,19	2,61	3,94	4,00
NO2	0,76	2,85	1,53	3,45	12,61
NH3	3,01	0,90	1,42	0,03	13,05
PO4	1,54	3,85	8,29	6,12	9,63
LAS	8,37	0,74	5,24	0,04	4,00
Finos	8,84	0,17	1,28	0,00	2,04
A.Fina	8,30	0,04	3,28	1,21	0,80
A.Média	8,80	0,38	7,86	0,53	0,46
MO	0,17	0,03	0,13	9,50	0,61
NDVI	3,78	0,09	0,89	14,51	1,02

A partir da análise de Correlação de Spearman das variáveis ambientais com as variáveis foliares de *R. mangle* foi possível observar 300 correlações, sendo 74 estatisticamente significativas, com 34 negativas e 40 positivas. Das relações ocorrentes entre as variáveis de folhas, as mais fortes ocorreram entre a ocorrência de necroses e anomalias ($r=0,91$; $p<0,01$), também foram observadas relações significativas entre o índice de esclerofilia e outras quatro variáveis (concentração de nitrato na água ($r=0,70$; $p=0,03$); área foliar ($r=-0,68$; $p=0,04$); teor de umidade ($r=-0,65$; $p=0,05$) e NDVI ($r=0,80$; $p=0,01$)). A ocorrência de

necrose também foi fortemente correlacionada com o NDVI para essa espécie ($r=-0,81$; $p=0,04$) e com a temperatura da água ($r=-0,89$; $p<0,01$). O teor de umidade das folhas e a ocorrência de anomalias estiveram relacionados com o potencial de oxirredução da água ($r=0,76$; $p=0,02$ / $r=0,81$; $p<0,01$). Características como o teor de umidade, e a ocorrência de anomalias e necroses também estiveram correlacionados com a textura do sedimento, tanto para a porção dos finos ($r=0,67$; $p=0,04$ / $r=0,79$; $p=0,01$ / $r=0,66$; $p=0,04$) como para a areia fina ($r=0,75$; $p=0,02$ / $r=0,77$; $p=0,01$ / $r=0,75$; $p=0,01$) e areia média ($r=-0,75$; $p=0,02$ / $r=-0,77$; $p=0,01$ / $r=-0,75$; $p=0,01$). Também foram observadas importantes correlações entre as diferentes classes de granulométricas do sedimento, sendo que a porção dos finos aparece positivamente relacionada à areia fina ($r=0,83$; $p=0,01$), enquanto ambas são negativamente correlacionadas com proporção de areia grossa ($r=-0,83$; $p=0,01$ / $r=1,00$; $p<0,01$). As demais correlações observadas entre o conjunto de 25 variáveis estão apresentadas na Figura 77 e Apêndice C.

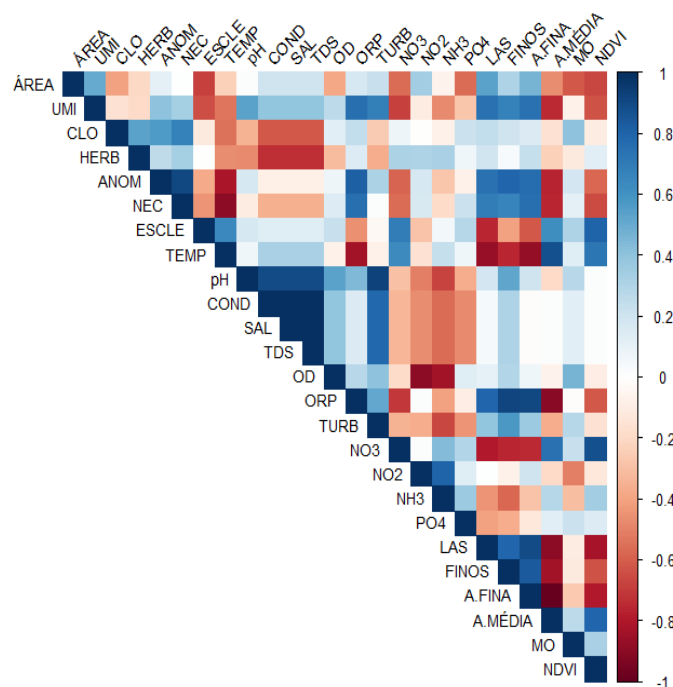


Figura 77: Matriz da Correlação de Spearman realizada para o conjunto de 23 variáveis ambientais, usado os resultados foliares obtidos para *R. mangle*. **Legenda:** ÁREA – Área Foliar, UMI – Teor de Umidade das Folhas; CLO – Ocorrência de Cloroses; HERB – Ocorrência de Herbivoria; ANOM – Ocorrência de Anomalias; NEC – Ocorrência de Necroses; ESCLE – Índice de Esclerofilia; TEMP – Temperatura da água; pH – pH da água; COND – Condutividade da água; SAL – Salinidade da água; TDS – Total de Sólidos Dissolvidos; OD – Oxigênio Dissolvido; ORP – Potencial de Oxirredução; TURB – Turbidez; NO₃ – Nitrato; NO₂ – Nitrito; NH₃ – Nitrogênio Amônia; PO₄ – Fósforo; LAS – Agentes Surfactantes; FINOS – Porção de Finos (Silte e Argila) do Sedimento; A.FINA – Areia Fina; A.MÉDIA – Areia Média; MO – Teor de Matéria Orgânica do Sedimento; NDVI – Índice de Vegetação por Diferença Normalizada.

Laguncularia racemosa

A Análise de Componentes Principais realizada para as interações de *L. racemosa* foi descrita no total em nove eixos (Tabela 9), mas pode ser resumida nos cinco primeiros, segundo o resultado do *elbow method*, onde está descrito 89,23% das variações.

Tabela 9: Percentual de Variância de cada um dos nove componentes principais onde foi descrita a Análise Componentes Principais para as variáveis foliares de *L. racemosa*.

Eixo	Percentual de Variância (%)	Ponto de quebra
Eixo 1	37,35	
Eixo 2	23,83	
Eixo 3	14,04	
Eixo 4	8,55	
Eixo 5	5,46	89,23%
Eixo 6	3,97	
Eixo 7	3,73	
Eixo 8	2,37	
Eixo 9	0,70	

Os dois primeiros componentes principais descrevem aproximadamente 61,18% das variâncias ocorrentes o conjunto, sendo 37,35% no Eixo 1 e 23,83% no Eixo 2. A partir da análise do gráfico *biplot* pode-se observar a interferência da sazonalidade na relação das variáveis (Figura 78).

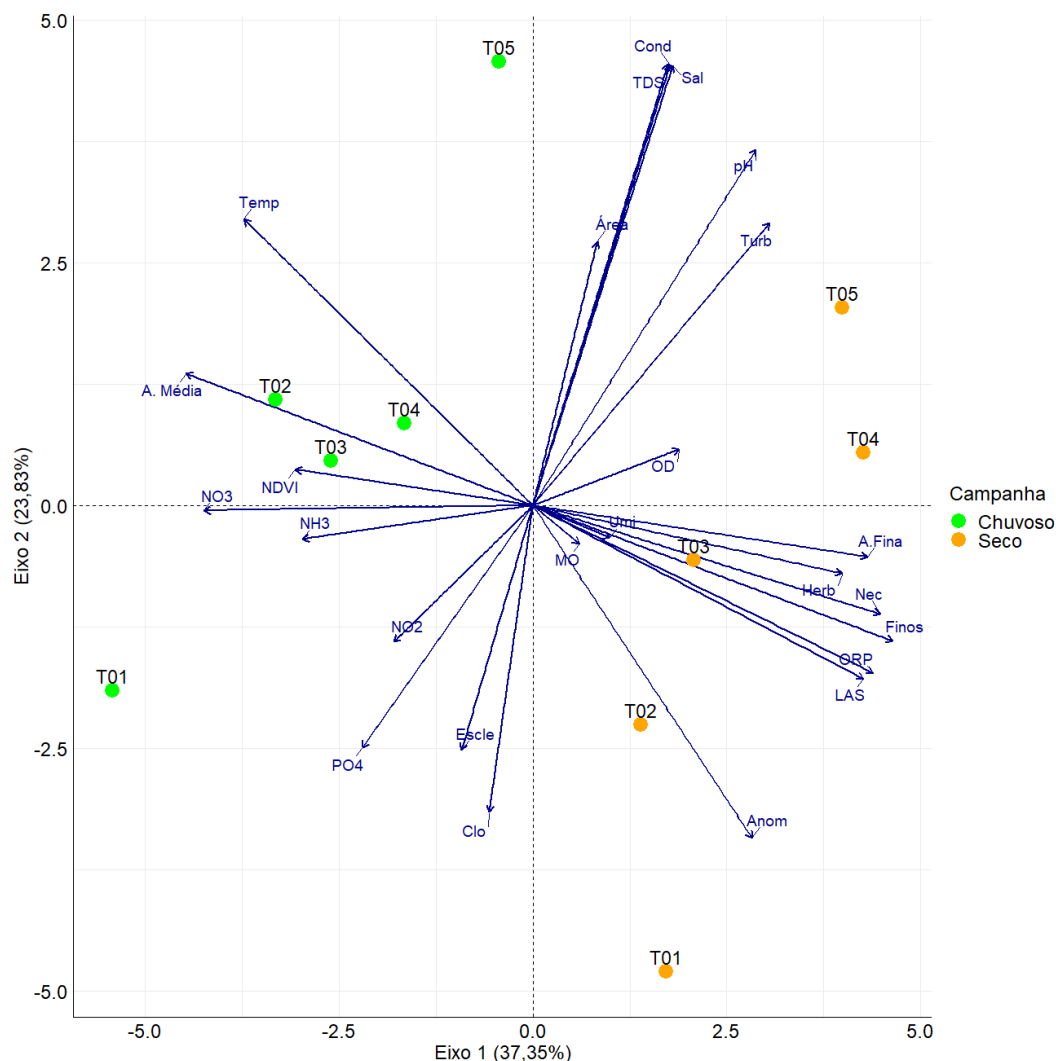


Figura 78: Análise de Componentes Principais realizada com as 23 variáveis nas 5 transecções em ambos os períodos, considerando apenas as características de *Laguncularia racemosa* para as folhas. **Legenda:** ÁREA – Área Foliar, UMI – Teor de Umidade das Folhas; CLO – Ocorrência de Cloroses; HERB – Ocorrência de Herbivoria; ANOM – Ocorrência de Anomalias; NEC – Ocorrência de Necroses; ESCLE – Índice de Esclerofilia; TEMP – Temperatura da água; pH – pH da água; COND – Condutividade da água; SAL – Salinidade da água; TDS – Total de Sólidos Dissolvidos; OD – Oxigênio Dissolvido; ORP – Potencial de Oxirredução; TURB – Turbidez; NO₃ – Nitrato; NO₂ – Nitrito; NH₃ – Nitrogênio Amoniacal; PO₄ – Fosfato; LAS – Agentes Surfactantes; FINOS – Porção de Finos (Silte e Argila) do Sedimento; A.FINA – Areia Fina; A.Média – Areia Média; MO – Teor de Matéria Orgânica do Sedimento; NDVI – Índice de Vegetação por Diferença Normalizada.

A partir da análise do gráfico (Figura 78) percebe-se que as transecções T02 e T03 respondem próximas em ambos os períodos (seco e chuvoso), enquanto T01 e T05 são as mais distantes. Também foi observado, para o período chuvoso semelhança entre as transecções T02, T03 e T04. As transecções T03 (chuvoso), T04 e T05(seco) aparecem principalmente descritas pelas variáveis do Eixo 1, enquanto que T01 (seco) e T05 (chuvoso) são descritos pelas variáveis descritoras do Eixo 2 (Tabela 10).

Tabela 10: Contribuição das variâncias de cada amostra na formação dos eixos da Análise de Componentes Principais com as variáveis foliares de *L. racemosa*. Resultados em porcentagem (%).

Transecção	Período	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 3	Eixo 4	Eixo 5
T01	Chuvoso	31,48	6,11	44,18	2,44	0,07
T02	Chuvoso	11,82	1,99	28,72	4,50	0,98
T03	Chuvoso	7,24	0,35	1,67	1,14	0,57
T04	Chuvoso	2,94	1,19	6,82	5,00	1,40
T05	Chuvoso	0,20	35,12	1,14	18,47	11,32
T01	Seco	3,17	38,70	1,98	0,46	38,88
T02	Seco	2,08	8,56	1,88	0,75	41,24
T03	Seco	4,60	0,54	0,95	40,02	4,60
T04	Seco	19,44	0,49	0,04	10,13	0,34
T05	Seco	17,10	6,95	12,62	17,03	0,61

Quando analisada a contribuição das variáveis a cada eixo foi possível observar que o Eixo 1 tem sua composição mais diluída (Tabela 11), com 42,62% descrito por cinco variáveis: porção fina do sedimento (9,23%), ocorrência de necroses (8,60%), areia média (8,56%), potencial de oxirredução (8,26%) e areia fina (7,97%). O eixo com a descrição mais concentrada é o Eixo 4, 75,07% descrito em: teor de matéria orgânica (26,05%), teor de umidade das folhas (17,27%), área foliar (14,62%), índice de esclerofilia (9,16%) e turbidez da água (7,96%). O Eixo 2 é descrito 58,42% nas cinco variáveis de maior contribuição: sólidos totais dissolvidos (13,90%), condutividade (13,84%), salinidade (13,76%), pH da água (9,03%) e ocorrência de anomalias (7,89%). A principal contribuição das variáveis referente às análises foliares de *L. racemosa* ocorre para o Eixo 5: concentrações de fosfato (20,51), índice de esclerofilia (19,33%), ocorrência de herbivoria (11,79 %), ocorrência de clorose (8,41%) e concentração de surfactantes (6,89%).

Tabela 11: Contribuição das variâncias de cada variável na formação dos eixos da Análise de Componentes Principais com as variáveis foliares de *L. racemosa*. Resultados em porcentagem (%). **Legenda:** ÁREA – Área Foliar, UMI – Teor de Umidade das Folhas; CLO – Ocorrência de Cloroses; HERB – Ocorrência de Herbivoria; ANOM – Ocorrência de Anomalias; NEC – Ocorrência de Necroses; ESCLE – Índice de Esclerofilia; TEMP – Temperatura da água; pH – pH da água; COND – Condutividade da água; SAL – Salinidade da água; TDS – Total de Sólidos Dissolvidos; OD – Oxigênio Dissolvido; ORP – Potencial de Oxirredução; TURB – Turbidez; NO3 – Nitrato; NO2 – Nitrito; NH3 – Nitrogênio Amoniacal; PO4 – Fosfato; LAS – Agentes Surfactantes; FINOS – Porção de Finos (Silte e Argila) do Sedimento; A.FINA – Areia Fina; A.Média – Areia Média; MO – Teor de Matéria Orgânica do Sedimento; NDVI – Índice de Vegetação por Diferença Normalizada.

Variável	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 3	Eixo 4	Eixo 5
Área	0,29	4,96	2,11	14,62	5,31
Umi	0,42	0,07	8,86	17,27	0,91
Clo	0,14	6,70	5,85	0,25	8,41
Herb	6,82	0,33	2,59	1,21	11,79
Anom	3,43	7,89	0,01	3,06	4,31
Nec	8,60	0,84	0,00	0,44	3,28
Escle	0,36	4,26	3,88	9,16	19,33
Temp	5,94	5,84	0,06	0,78	1,27
pH	3,55	9,03	1,17	2,44	0,43
Cond	1,34	13,84	0,33	0,33	0,38
Sal	1,39	13,76	0,33	0,36	0,34
TDS	1,30	13,90	0,33	0,33	0,35
OD	1,52	0,22	17,84	6,08	1,44
ORP	8,26	2,01	0,05	0,17	4,77
Turb	3,99	5,68	0,83	7,96	1,11
NO3	7,70	0,00	0,08	3,53	0,21
NO2	1,37	1,33	20,06	0,28	2,93
NH3	3,79	0,08	14,49	0,31	0,92
PO4	2,07	4,18	5,83	1,86	20,51
LAS	7,79	2,15	0,70	0,07	6,89
Finos	9,23	1,31	0,47	0,00	1,46
A.Fina	7,97	0,19	5,92	0,00	0,33
A. Média	8,56	1,24	1,37	0,81	0,66
MO	0,15	0,10	6,82	26,05	1,36

A partir da análise de Correlação de Spearman das variáveis ambientais com as variáveis foliares de *L. racemosa* foi possível observar 300 correlações, sendo 66 estatisticamente significativas, com 29 negativas e 37 positivas. Das relações ocorrentes entre as variáveis de folhas, as mais fortes ocorreram entre a ocorrência de necroses e as concentrações de surfactantes na água (LAS) ($r=0,88$; $p<0,01$), também foram observadas essas relações de necroses com o NDVI ($r=-0,86$; $p<0,01$), porção fina do sedimento ($r=0,83$; $p<0,01$), areia fina ($r=0,79$; $p=0,01$), areia média ($r=-0,79$; $p=0,01$) e com as ocorrências de

anomalias e herbivoria ($r=0,77$ $p=0,01$). A ocorrência de herbivoria também esteve significativamente correlacionada com o NDVI ($r=-0,73$; $p=0,02$), com as concentrações de nitrato ($r=-0,75$; $p=0,01$), de surfactantes ($r=0,67$; $p=0,03$), com a temperatura da água ($r=-0,67$; $p=0,03$), com a textura do sedimento (finos: $r=0,84$; $p=0,01$ / areia fina: $r=0,81$; $p=0,01$ e areia média: $r=-0,81$; $p=0,01$), com o potencial de oxirredução ($r=0,86$; $p<0,01$) e com a ocorrência de anomalias nas folhas ($r=0,71$; $p=0,02$). Esta última, por sua vez, também esteve fortemente correlacionada com a concentração de surfactantes na água ($r=0,77$; $p=0,01$), com o potencial de oxirredução ($r=0,77$; $p=0,02$), a temperatura ($r=-0,80$; $p=0,01$) e com a textura do sedimento (finos: $r=0,70$; $p=0,02$ / areia fina: $r=0,74$; $p=0,01$ e areia média: $r=-0,74$; $p=0,01$). A área foliar, o teor de umidade, a ocorrência de cloroses e o índice de esclerofilia não estiveram significativamente correlacionados com nenhuma outra variável ambiental para *L. racemosa*. As demais correlações observadas entre o conjunto de 25 variáveis são apresentadas na Figura 79 e Apêndice C.

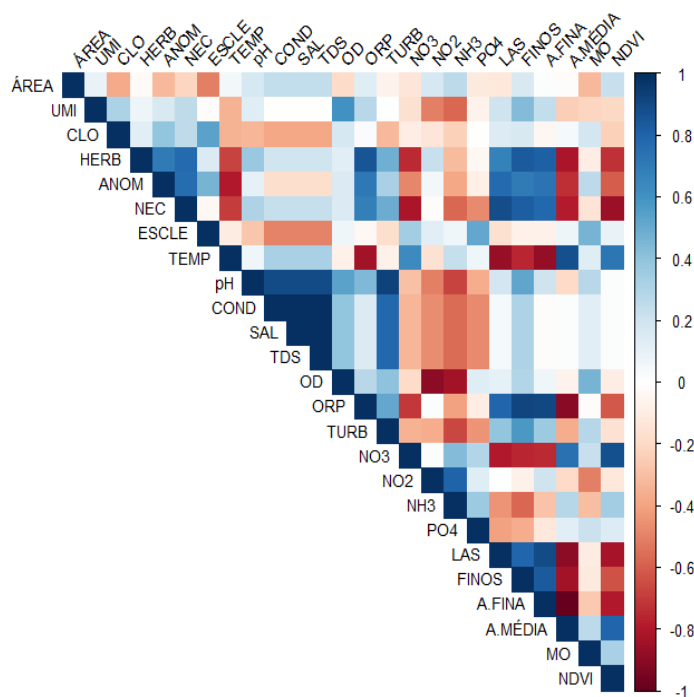


Figura 79: Matriz da Correlação de Spearman realizada para o conjunto de 23 variáveis ambientais, usado os resultados foliares obtidos para *L. racemosa*. **Legenda:** ÁREA – Área Foliar, UMI – Teor de Umidade das Folhas; CLO – Ocorrência de Cloroses; HERB – Ocorrência de Herbivoria; ANOM – Ocorrência de Anomalias; NEC – Ocorrência de Necroses; ESCLE – Índice de Esclerofilia; TEMP – Temperatura da água; pH – pH da água; COND – Condutividade da água; SAL – Salinidade da água; TDS – Total de Sólidos Dissolvidos; OD – Oxigênio Dissolvido; ORP – Potencial de Oxirredução; TURB – Turbidez; NO3 – Nitrato; NO2 – Nitrito; NH3 – Nitrogênio Amônia; PO4 – Fosfato; LAS – Agentes Surfactantes; FINOS – Porção de Finos (Silte e Argila) do Sedimento; A.FINA – Areia Fina; A.MÉDIA – Areia Média; MO – Teor de Matéria Orgânica do Sedimento; NDVI – Índice de Vegetação por Diferença Normalizada.

Avicennia schaueriana

A Análise de Componentes Principais realizada para as interações de *A. schaueriana* foi descrita no total em nove eixos (Tabela 12), mas pode ser resumida nos cinco primeiros, segundo o resultado do *elbow method*, onde está descrito 89,91% das variações.

Tabela 12: Percentual de Variância de cada um dos nove componentes principais onde foi descrita a Análise Componentes Principais para as variáveis foliares de *A. schaueriana*. (%).

Eixo	Percentual de Variância (%)	Ponto de quebra
Eixo 1	36,99	
Eixo 2	23,08	
Eixo 3	13,59	
Eixo 4	9,95	
Eixo 5	6,29	89,91%
Eixo 6	4,57	
Eixo 7	2,41	
Eixo 8	1,87	
Eixo 9	1,25	

Os dois primeiros componentes principais descrevem aproximadamente 60,08% das variâncias ocorrentes o conjunto, sendo 36,99% no Eixo 1 e 23,08% no Eixo 2. A partir da análise do gráfico *biplot* foi observada a interferência da sazonalidade na relação das variáveis (Figura 80).

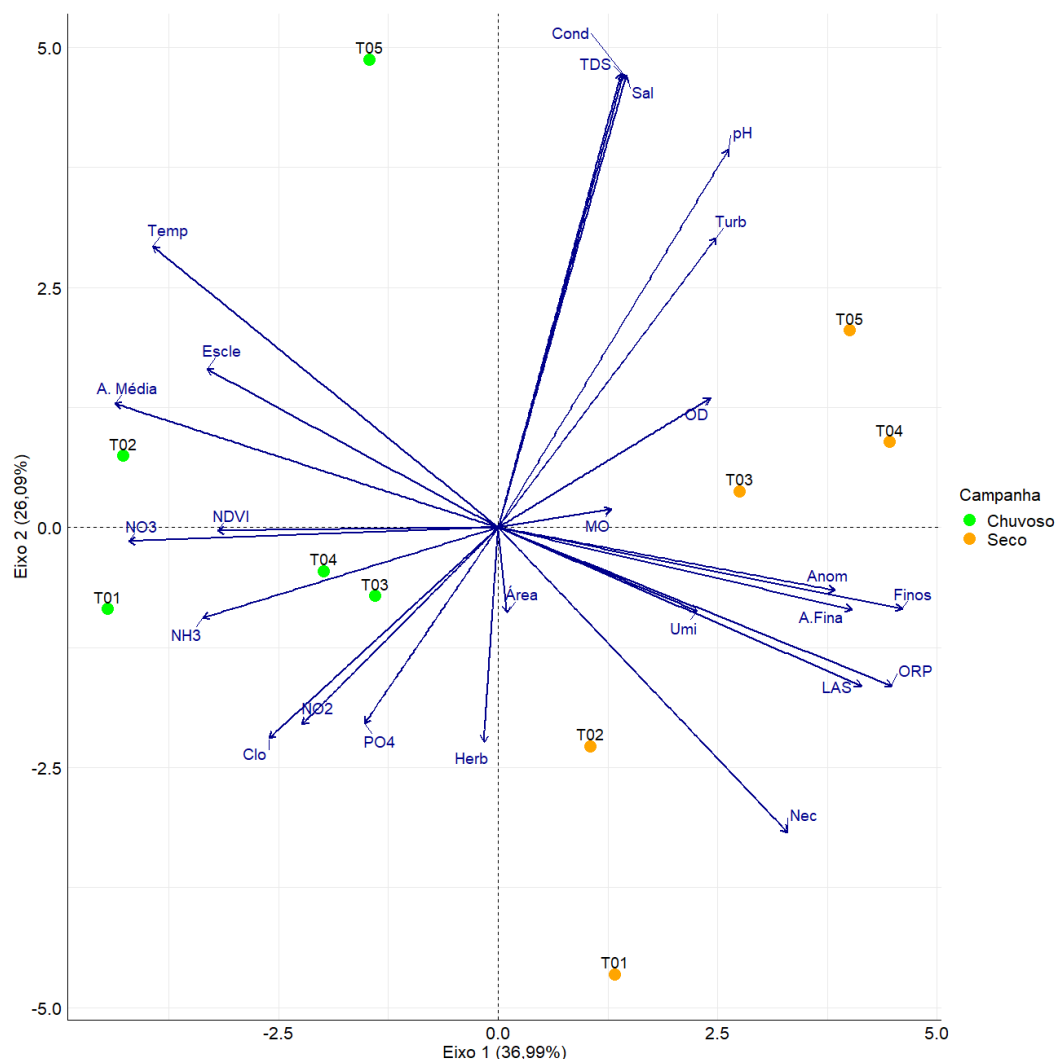


Figura 80: Análise de Componentes Principais realizada com as 23 variáveis nas 5 transecções em ambos os períodos, considerando apenas as características de *Avicennia schaueriana* para as folhas. **Legenda:** ÁREA – Área Foliar, UMI – Teor de Umidade das Folhas; CLO – Ocorrência de Cloroses; HERB – Ocorrência de Herbivoria; ANOM – Ocorrência de Anomalias; NEC – Ocorrência de Necroses; ESCLE – Índice de Esclerofilia; TEMP – Temperatura da água; pH – pH da água; COND – Condutividade da água; SAL – Salinidade da água; TDS – Total de Sólidos Dissolvidos; OD – Oxigênio Dissolvido; ORP – Potencial de Oxirredução; TURB – Turbidez; NO₃ – Nitrato; NO₂ – Nitrito; NH₃ – Nitrogênio Amoniacal; PO₄ – Fosfato; LAS – Agentes Surfactantes; FINOS – Porção de Finos (Silte e Argila) do Sedimento; A.FINA – Areia Fina; A.Média – Areia Média; MO – Teor de Matéria Orgânica do Sedimento; NDVI – Índice de Vegetação por Diferença Normalizada.

A partir da análise do gráfico (Figura 80) foi possível notar que as transecções T03 a T04 respondem próximas no período chuvoso, enquanto que no período seco as transecções mais próximas são T03 a T05. Em ambos os períodos (seco e chuvoso) a T01 e a T05 são as mais distantes entre si. A única transecção principalmente descrita no Eixo 1 é T05 (seco), assim como T01 C é a única transecção descrita no Eixo 3. Os Eixos 2 e Eixo 5 descrevem 3 transecções cada; T01 e T02 (seco) e T05 (chuvoso) no primeiro; T03 e T04

(chuvoso) e T03 (seco) e T02 (chuvoso) e T04 (seco) são descritas no Eixo 4 (Tabela 13).

Tabela 13: Contribuição das variâncias de cada amostra na formação dos eixos da Análise de Componentes Principais com as variáveis foliares de *A. schaueriana*. Resultados em porcentagem (%).

Transecção	Período	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 3	Eixo 4	Eixo 5
T01	Chuvoso	21,44	1,25	46,18	0,51	18,71
T02	Chuvoso	19,76	0,97	9,31	36,21	0,69
T03	Chuvoso	2,13	0,87	3,94	3,65	28,82
T04	Chuvoso	4,26	0,35	5,35	0,15	5,61
T05	Chuvoso	2,32	41,11	11,39	20,25	6,50
T01	Seco	1,90	37,51	14,53	7,91	13,81
T02	Seco	1,19	8,99	0,92	0,04	2,29
T03	Seco	8,16	0,24	5,00	0,18	11,96
T04	Seco	21,52	1,38	0,78	29,49	11,42
T05	Seco	17,31	7,31	2,59	16,09	0,19

Quando analisada a contribuição das variáveis a cada eixo foi possível perceber que o Eixo 1 tem sua composição mais diluída (Tabela 14), com 41,19% descrito por cinco variáveis: porção fina do sedimento (9,17%), potencial de oxirredução (8,71%), areia média (8,24%), concentração de nitrato (7,66%) e concentração de surfactantes (7,42%). O eixo com a descrição mais concentrada é o Eixo 4, 68,86% descrito em: ocorrência de herbivorias (23,01%), teor de matéria orgânica (15,89%), NDVI (10,77%), concentração de nitrogênio amoniacal (9,92%) e área foliar (9,27%). O Eixo 2 é descrito 54,85% nas cinco variáveis de maior contribuição: condutividade (15,44%), salinidade (15,38%), pH (10,73%), ocorrência de necroses (6,99%) e turbidez da água (6,30%). O Eixo 3 é 62,18% nas cinco variáveis de maior importância: concentração de fosfato (16,68%), teor de umidade das folhas (15,79%), oxigênio dissolvido (14,22%), concentração de nitrito (7,83%) e turbidez da água (7,66%). A principal contribuição das variáveis referente às análises foliares de *A. schaueriana* ocorre para o Eixo 5: área foliar (30,67%), índice de esclerofilia (15,25%), NDVI (8,46%), ocorrência de anomalias (6,63%) e concentrações de nitrito (6,13%).

Tabela 14: Contribuição das variâncias de cada variável na formação dos eixos da Análise de Componentes Principais com as variáveis foliares de *A. schaueriana*. Resultados em porcentagem (%). **Legenda:** ÁREA – Área Foliar, UMI – Teor de Umidade das Folhas; CLO – Ocorrência de Cloroses; HERB – Ocorrência de Herbivoria; ANOM – Ocorrência de Anomalias; NEC – Ocorrência de Necroses; ESCLE – Índice de Esclerofilia; TEMP – Temperatura da água; pH – pH da água; COND – Condutividade da água; SAL – Salinidade da água; TDS – Total de Sólidos Dissolvidos; OD – Oxigênio Dissolvido; ORP – Potencial de Oxirredução; TURB – Turbidez; NO3 – Nitrato; NO2 – Nitrito; NH3 – Nitrogênio Amoniacal; PO4 – Fosfato; LAS – Agentes Surfactantes; FINOS – Porção de Finos (Silte e Argila) do Sedimento; A.FINA – Areia Fina; A.Média – Areia Média; MO – Teor de Matéria Orgânica do Sedimento; NDVI – Índice de Vegetação por Diferença Normalizada.

Variável	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 3	Eixo 4	Eixo 5
Área	0,00	0,55	1,24	9,27	30,67
Umi	2,23	0,52	15,79	2,28	2,72
Clo	2,95	3,34	5,85	4,96	4,25
Herb	0,01	3,46	4,80	23,01	1,08
Anom	6,38	0,30	0,73	4,44	6,63
Nec	4,70	6,99	0,55	1,66	0,33
Escle	4,76	1,89	1,09	0,72	15,25
Temp	6,70	5,94	0,01	0,02	0,32
pH	2,98	10,73	0,34	1,68	0,16
Cond	0,88	15,44	0,31	0,01	0,54
Sal	0,92	15,38	0,34	0,01	0,51
TDS	0,85	1,55	0,32	0,01	0,52
OD	2,54	1,26	14,22	0,02	4,85
ORP	8,71	1,89	0,14	0,05	1,06
Turb	2,67	6,30	7,66	1,45	0,05
NO3	7,66	0,01	0,20	2,52	0,65
NO2	2,16	2,92	7,83	6,47	6,13
NH3	4,90	0,61	3,86	9,92	3,89
PO4	1,01	2,90	16,68	0,98	0,40
LAS	7,42	1,89	3,37	0,09	0,88
Finos	9,17	0,50	0,09	0,00	1,28
A.Fina	7,03	0,51	6,80	0,88	3,87
A.Média	8,24	1,15	1,66	2,87	0,20
MO	0,72	0,02	6,04	15,89	5,28
NDVI	4,41	0,00	0,09	10,77	8,46

A partir da análise de Correlação de Spearman das variáveis ambientais com as variáveis foliares de *A. schaueriana* foi possível observar 300 correlações, sendo 58 estatisticamente significativas, com 27 negativas e 31 positivas. Das relações ocorrentes entre as variáveis de folhas, as mais fortes foram entre a ocorrência de anomalias e a concentração de surfactantes na água ($r=0,86$; $p<0,02$), essa característica das folhas de *A. schaueriana* também estiveram relacionadas com a textura do sedimento (finos: $r=0,71$; $p=0,02$ / areia fina: $r=0,69$; $p=0,03$ e areia média: $r=-0,69$; $p=0,03$), com o NDVI ($r=-0,70$; $p=0,02$),

com o potencial de oxirredução ($r=0,62$; $p=0,05$), com a temperatura da água ($r=-0,69$; $p=0,03$), e também o a ocorrência de necroses ($r=0,72$; $p=0,02$). A ocorrência de necrose também está relacionada estatisticamente com a textura do sedimento (finos: $r=0,71$; $p=0,02$ / areia fina: $r=0,81$; $p<0,01$ e areia média: $r=-0,81$; $p<0,01$), com as concentrações de agentes surfactantes ($r=-0,70$; $p<0,01$), potencial de oxirredução ($r=0,78$; $p=0,01$) e temperatura ($r=-0,95$; $p<0,01$) com o NDVI ($r=-0,63$; $p=0,05$). Também se correlacionaram significativamente a ocorrência de cloroses e herbivoria ($r=0,67$; $p=0,04$). Assim como para *L. racemosa*, a área foliar, o teor de umidade e o índice de esclerofilia não tiveram correlações significativas com nenhuma outra variável ambiental. As demais correlações observadas entre o conjunto de 23 variáveis estão apresentadas na Figura 81 e Apêndice C.

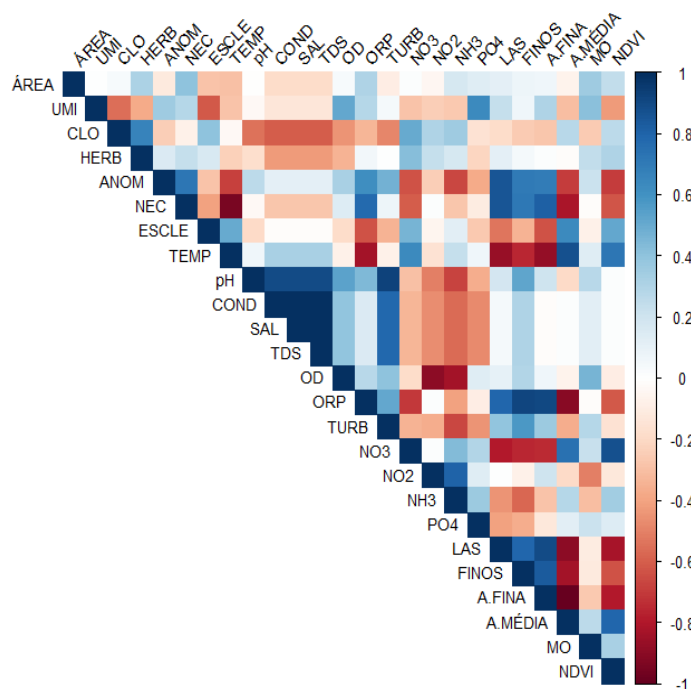


Figura 81: Matriz da Correlação de Spearman realizada para o conjunto de 23 variáveis ambientais, usado os resultados foliares obtidos para *A.schaueriana*. **Legenda:** ÁREA – Área Foliar, UMI – Teor de Umidade das Folhas; CLO – Ocorrência de Cloroses; HERB – Ocorrência de Herbivoria; ANOM – Ocorrência de Anomalias; NEC – Ocorrência de Necroses; ESCLE – Índice de Esclerofilia; TEMP – Temperatura da água; pH – pH da água; COND – Condutividade da água; SAL – Salinidade da água; TDS – Total de Sólidos Dissolvidos; OD – Oxigênio Dissolvido; ORP – Potencial de Oxirredução; TURB – Turbidez; NO3 – Nitrato; NO2 – Nitrito; NH3 – Nitrogênio Amoniacal; PO4 – Fosfato; LAS – Agentes Surfactantes; FINOS – Porção de Finos (Silte e Argila) do Sedimento; A.FINA – Areia Fina; A.MÉDIA – Areia Média; MO – Teor de Matéria Orgânica do Sedimento; NDVI – Índice de Vegetação por Diferença Normalizada

4. DISCUSSÃO

4.1. ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DE ÁGUA

Das 13 variáveis físico-químicas analisadas (temperatura, pH, condutividade, salinidade, sólidos totais dissolvidos, oxigênio dissolvido, potencial de oxirredução, turbidez, nitrato, nitrito, fosfato, detergentes surfactantes e nitrogênio amoniacal), sete são regulamentadas pela Resolução Conama nº 357/05 (BRASIL, 2005) para corpos hídricos de água doce classe 2. Segundo o Decreto Estadual 10.755/77 (SÃO PAULO, 1977), rio Itapanhaú na região estudada, configura um corpo hídrico de água doce classe 2. De acordo com a Resolução Conama nº 357/05, podem ser destinadas para recreação de contato primário, manutenção de agricultura, jardins e locais de lazer, aquicultura e atividade pesqueira, proteção de comunidade aquática e abastecimento para consumo humano após tratamento convencional (BRASIL, 2005).

Dentre as comparações realizadas, foram observadas maior concentrações de variações e diferenças entre os diferentes períodos de maré. Também foi observado que as relações e a amplitude das variações são alteradas nos diferentes momentos de maré (estofa de baixa-mar, maré enchente, estofa de preamar). Por exemplo, o que ocorreu com as concentrações de fosfato ao longo do dia de amostragem em que: na estofa de baixa-mar foi observada maior concentração em T02 para ambas as campanhas amostrais; já na maré enchente foi observado um gradiente decrescente das medianas em direção à jusante do rio no período chuvoso e o oposto para o período seco. Por fim, para a estofa de preamar no período seco novamente as maiores concentrações ocorrem em T02 e no período chuvoso as menores concentrações ocorrem para essa transecção. As variáveis que são diretamente influenciadas pela entrada de água salina (salinidade maior que 30,00 ppt) no rio durante a enchente da maré, como a condutividade, a salinidade e o pH, também variam ao longo do dia (RHOADES, 1996). Desta forma, nota-se que o período de amostragem é de grande importância para a interpretação dos dados em estuários, e manguezais.

As maiores temperaturas foram obtidas no período chuvoso (verão) em relação ao seco (inverno), o que já se esperava devido à temperatura do ar e o clima da região, com temperaturas aproximadas de 30°C no primeiro e 17°C no segundo (COSTA *et al.*, 2018b). A estabilidade térmica longitudinal encontrada,

é esperada devido se tratar de estuários tropicais e subtropicais (BERBELL, FAVARO e BRAGA, 2015; COSTA *et al.*, 2017). Segundo Basu *et al.* (2020), o uso da temperatura como variável de monitoramento e classificação de qualidade para estuários tropicais e subtropicais não é indicado devido à possibilidade de ampla faixa de variação sazonal desta.

O gradiente crescente em relação à enchente da maré, observado para o pH, é esperado em regiões estuarinas principalmente pela entrada de água salina no local. Isso porque a água do mar apresenta característica alcalina naturalmente, além da capacidade de neutralização e tamponamento devido às concentrações de sal (SILVESTRINI E D'AQUINO, 2020). O aporte de matéria orgânica oriunda das águas interiores, e das regiões marginais tende a reduzir os valores de pH do meio (MONTEIRO, EL-ROBRINI e ALVEZ, 2015). Essa característica pode justificar os baixos valores de pH observados na T01 na estufa de baixa-mar no período chuvoso. Nascimento *et al.* (2020) não observaram alterações nos valores de pH relacionadas aos níveis de exposição antrópica monitorando três estuários sob diferentes níveis de impactos no estado de Pernambuco. Embora, o pH não seja um eficiente indicador de qualidade relacionado à antropização para regiões estuarinas ou de manguezais, seu monitoramento se faz importante principalmente pela influência para a proliferação de algas e eutrofização do meio (BLOTTA *et al.*, 2021).

Para as variáveis condutividade, salinidade e total de sólidos dissolvidos também foram observados gradientes positivos, tanto em relação à enchente da maré para cada uma das três transecções, como em direção à jusante, para os três momentos de maré analisados. Esse gradiente e a forte correlação positiva entre essas três variáveis já eram esperados, tendo em vista o apontado por Rhoades (1996), que relaciona essas características com a entrada da água do mar no estuário. O estuário do rio Itapanhaú, em sua foz no Canal de Bertioga apresenta considerável estratificação halina, com gradiente crescente de salinidade em relação à profundidade da coluna da água, no entanto é classificado como parcialmente misturado, em relação ao padrão de circulação das águas, com difusão turbulenta (BERNARDES e MIRANDA, 2001). Essa classificação da região justifica os elevados valores de salinidade, condutividade, sólidos totais dissolvidos e pH obtidos para a região, principalmente relacionados

à capacidade de intrusão da água marinha no corpo hídrico durante as preamares (RHOADES, 1996).

Embora essas características (alta temperatura com ampla variação, pH com tendência a alcalinidade, altos teores e variações de salinidade, condutividade e sólidos totais dissolvidos) sejam naturais desses ambientes estuarinos de regiões subtropicais, são variáveis importantes de serem monitoradas pois suas alterações podem influenciar diretamente na dinâmica, na capacidade de transporte e adsorção de nutrientes, na composição da biota local, na diluição de poluentes e efluentes, entre outras características da qualidade da água (COSTA *et al.*, 2018b).

O gradiente positivo para o oxigênio dissolvido em relação à enchente da maré está de acordo com o observado por Costa *et al.* (2018b) em uma avaliação interanual de estuários tropicais, quanto a entrada da água do mar durante os ciclos de maré confere maior oxigenação às águas do estuário. Além disso, os valores obtidos se enquadram dentro estabelecido pela Resolução Conama nº 357/05 (BRASIL, 2005), contrariando o observado por Nascimento *et al.* (2020) em três manguezais pernambucanos (Rio Goiana, Rio Jaboatão e Rio Capibaribe), expostos a gradientes de interações antrópicas, nos quais os níveis foram críticos, até mesmo com hipóxia. Com os resultados obtidos e a série histórica de outros manguezais impactados, é possível relacionar os resultados deste estudo com indicadores de conservação dos locais monitorados. Segundo Costa *et al.* (2018), o OD é importante de ser monitorado pois pode ser alterado pela presença e decomposição de poluentes antrópicos no local, diminuindo notavelmente sua concentração na água.

Os resultados positivos obtidos para o potencial de oxirredução indicam que o ambiente possui capacidade de oxidação de moléculas no meio. Por esse motivo, essa é uma variável importante de ser monitorada pois responde quanto à capacidade de redução e oxidação do local (SANTOS-JUNIOR, 2005). O gradiente positivo em relação à jusante do rio observado, difere do esperado para estuários, onde a tendência é que os valores de ORP reduzam a medida que a água salina entra, devido ao aumento alcalinidade (PASCUAL, 2020). Alterações no potencial de oxidação ou redução do meio podem influenciar

diretamente na oxidação e redução de moléculas tóxicas e antrópicas, assim como na biodisponibilidade de metais (ANJOS, 2003; DE CASTRO RODRIGUES *et al.*, 2010).

Já o aumento da turbidez, pode ser relacionado à atividade antrópica, principalmente à presença de efluentes de esgoto doméstico no local, o que também foi observado por Blotta *et al.* (2021) na região de Itanhaém, litoral sul de São Paulo. A turbidez exige ainda, atenção especial, uma vez que aumentos nesses valores podem interferir negativamente na capacidade de produção primária dos corpos hídricos, podendo evoluir para a eutrofização da região, ainda mais se combinado com aumento de fósforo disponível na água, já observado por Fay e Silva (2006) e Basu *et al.* (2021). Outro fator, nessa região de estudo, que pode corroborar para os altos valores de turbidez é o tráfego de embarcações, responsável por suspender e remover grãos de sedimento das margens (CUNHA-LIGNON, *et al.*, 2009).

As variáveis relacionadas às formas reduzidas do nitrogênio inorgânico (nitrato, nitrito e nitrogênio amoniacal) e fósforo inorgânico (fosfato), segundo Duque *et al.* (2020) são fortemente relacionadas às atividades antrópicas, principalmente a efluentes, quer seja de escoamento de águas residuais ou esgotos e detritos. O aumento das suas concentrações influencia diretamente na qualidade da água, possuindo efeitos até no equilíbrio ecológico da ictiofauna local. Ao contrário do observado por Sutti (2022) para o estuário do rio Itapanhaú no inverno de 2018 e verão de 2019, foram obtidos no presente estudo resultados que indicam que a forma reduzida de nitrogênio predominante na água são os nitratos, seguidos por nitrogênio amoniacal e nitritos, respectivamente. A concentração mais alta de nitratos em relação aos nitritos pode ser justificada principalmente devido à estabilidade dos primeiros em relação às alterações de oxigênio dissolvido e pH (SUTTI, 2022).

O nitrogênio amoniacal apresenta grande variação no oceano (SARI *et al.*, 2020), o que pode justificar o comportamento deste observado no estudo, uma vez que foi acompanhado durante a enchente da maré. Os autores apontam ainda que esse composto também pode indicar poluição orgânica, principalmente oriunda de esgotos domésticos e industrial. Neste trabalho os

valores obtidos para essa variável não indicam poluição por fonte externa, uma vez que estão abaixo dos limites máximos determinados pela Resolução Conama nº 357/05 (BRASIL, 2005). Além disso, são consideravelmente inferiores aos observados por Sutti *et al.* (2016) em dois rios no estuário de Santos, onde os valores médios encontrados no rio Maratua (a montante do rio Itapanhaú no Canal de Bertioga), considerado um estuário preservado, foram de 0,63 mg/L em comparação com os valores médios de 0,07 mg/L do presente estudo. Concentrações consideravelmente mais altas de nitrogênio amoniacal também foram encontradas por Sari *et al.* (2020) para o manguezal urbanizado de Youtefa Bay em Jaiapura/Indonésia, indicando acentuada poluição para o local.

A ocorrência de formas reduzidas de nitrogênio inorgânico (nitratos e nitritos) indica, segundo Piveli e Kato (2006) e Sutti (2022), a presença de fontes poluidoras, como efluentes de esgoto, distantes. Desta forma, um ponto importante de ser observado é a ocorrência das maiores concentrações de nitrato, para ambos os períodos (seco e chuvoso), durante a estufa de baixa-mar e nas transecções mais a montante, indicando uma possível fonte poluidora ainda à montante no rio Itapanhaú. De acordo com os mesmos autores, a forma reduzida de nitrogênio inorgânico próxima às fontes poluidoras é o nitrogênio amoniacal, que devido à ciclagem e os processos oxidativos, se reduz à nitratos e nitritos na água (SUTTI, 2022).

Em relação ao fosfato analisado, o aumento na concentração média desse componente nas águas do rio no período chuvoso é esperado, devido ao aumento da pluviosidade e consequente aumento do transporte deste do ambiente terrestre para o corpo hídrico, segundo Sutti *et al.* (2015). Os resultados aqui obtidos $PO_4 < 1,0$ mg/L se assemelham aos obtidos por Sutti *et al.* para outros dois afluentes do Canal de Bertioga no ano de 2015, ainda que os do atual trabalho sejam inferiores, o que pode indicar melhor qualidade ambiental. Além da presença de efluentes, principalmente domésticos, a vegetação e o sedimento também são importantes atores da ciclagem e disponibilização de fósforo e fosfato (fósforo inorgânico) para o meio em regiões de manguezais (BORGES, 2006).

As formas reduzidas de nitrogênio e fósforo inorgânico podem ser associados ainda ao excesso da disponibilidade de nutrientes no ambiente, que até certo ponto favorecem o desenvolvimento da vegetação de mangue. Em contrapartida também favorecem o *boom* de algas e macroalgas, ou seja, a eutrofização do corpo hídrico, de acordo com Schaffelke *et al.* (2005). Os autores expõem ainda, que o limiar para entender até onde o aporte de nutrientes é benéfico ou prejudicial aos vegetais, principalmente em regiões de manguezais, é muito delicado e complicado, uma vez que estes estão também relacionados às condições específicas como características físicas e climáticas dos bosques em questão, além do sinergismo desses nutrientes com os possíveis poluentes presentes, como metais e pesticidas, por exemplo.

Os surfactantes, aqui representados pela categoria LAS, também são compostos de origem diretamente antrópica. Trata-se de compostos sintéticos utilizados para emulsificar soluções, e torná-las solúveis em meio líquido-líquido. Os compostos da categoria LAS são aplicados na indústria química, especialmente para a fabricação de detergentes biodegradáveis, essas substâncias também têm sido apontadas como aceleradores de eutrofização, devido às concentrações de fósforo na sua composição e, ainda assim, têm seu efeito tóxico e biológico pouco estudado (CETESB, 2022). No entanto, Triques e Cunha-Santino (2016) observaram que os surfactantes no ambiente consomem carga de oxigênio dissolvido nos corpos hídricos, competindo com a comunidade que depende deste e ocasionando danos à biota e inviabilizando o uso dessas águas. No presente trabalho, foram encontrados valores de LAS variando entre 0,68 a 9,46 mg/L, sendo o maior valor encontrado na transecção T01 a mais à montante do estudo, na estufa de preamar do período seco. Esses resultados indicam a presença de efluentes de esgoto doméstico também no local considerado mais preservado para o presente estudo, tornando necessária a análise detalhada deste, assim como monitoramento dessas concentrações no rio Itapanhaú.

Os resultados encontrados para qualidade de água neste estudo, embora não expressem um gradiente acentuado, ou grandes discrepâncias em relação aos limites estabelecidos na legislação para corpos hídricos dessa classe, apontam para a possibilidade de que o rio Itapanhaú, abaixo da confluência com

o rio da Praia, esteja sob certa pressão antrópica e possivelmente ocorra nele o descarte de esgotos domésticos. Desta forma, torna-se necessário a adoção de medidas como o desenvolvimento de políticas públicas para conservação, monitoramento das águas do estuário do Rio Itapanhaú, com a finalidade de se propor maneiras de mediar e mitigar esses impactos, evitando que se tornem permanentes sob a biota local, tanto aquática, como terrestre.

4.2. ANÁLISE GRANULOMÉTRICA E TEOR DE MATÉRIA ORGÂNICA DO SEDIMENTO

Os resultados obtidos para a granulometria da fração grossa do sedimento neste estudo indicaram solo arenoso, composto principalmente por areia fina, com considerável quantidade de matéria orgânica. Embora grande parte dos estudos na região da Baixada Santista indique sedimento em sua maioria silto-arenoso, Hypollito *et al.* (2005) já haviam observado sedimento principalmente arenoso para o estuário de Santos-São Vicente.

Costa (2006) no Rio de Janeiro e Millazo (2011) na Bahia também observaram predominância de areia de fina nos sedimentos de manguezais no período seco em relação ao chuvoso quando avaliada a sazonalidade. Sakazaki (2020) também observou essa condição no Canal de Bertioga, principalmente na desembocadura do rio Itapanhaú. Essas diferenças na textura do sedimento entre as estações podem ser explicadas pelo índice pluviométrico e pela energia do corpo hídrico do estuário que influenciam diretamente no transporte e deposição sedimentos (MILLAZO, 2011; DE LIMA *et al.*, 2015)

Dentre os fatores que podem contribuir para a presença acentuada de grãos mais grossos na região está o tráfego de embarcações de pequeno e médio porte, tanto para atividades pesqueiras como para o turismo, devido à presença de marinas, assim como observado por Baraldo (2018); Camargo (2012) e Farinaccio (2005) em diversos outros manguezais no litoral de São Paulo. Segundo Tam e Wong (1996), diferentes composições granulométricas proporcionam diferentes capacidades de retenção e disponibilização de nutrientes para os sedimentos. Desta forma, é possível que alterações na composição física desses substratos em decorrência de atividades antrópicas possam impactar diretamente a funcionalidade destes (TAM E WONG, 1996).

Tam e Wong (1996) pontuam que, por mais que algumas dessas mudanças possam otimizar a absorção e biodisponibilização, principalmente de nitrogênio

e fósforo, ainda assim existe uma capacidade de suporte. Ou seja, caso o aporte em excesso desses nutrientes ocorra, os manguezais podem passar de retentores, à exportadores destes para o corpo hídrico.

Quanto ao teor de matéria orgânica, os valores obtidos neste estudo ($13,58 \pm 6,6$ a $53,09 \pm 4,22\%$ MO) são relativamente similares aos observados em estudos no litoral de São Paulo (Blotta *et al.* (2021) - 33 a 48 % MO / Itanhaém; Prada-Gamero *et al.* (2004) – 3,4 a 34% MO/ Bertioga), embora seja comum o registro de altas concentrações de matéria orgânica no sedimento de manguezais, sejam principalmente devido à decomposição das folhas, raízes e troncos mortos, e o ambiente frequentemente inundado e anaeróbico (MENDES, 2017). Esses resultados mais elevados observados neste estudo podem ser justificados pela presença de efluentes próximos, principalmente de esgoto doméstico (BLOTTA *et al.*, 2021; MIOLA, 2013).

O incremento de matéria orgânica observado no inverno pode ser relacionado à alteração da textura do sedimento, já que grãos menores tendem a prover maior superfície de contato, conferindo maior capacidade de adsorção destes com a matéria orgânica (ZHANG, ZOU e MAO, 2011).

Segundo Pinheiro *at. al.* (2012), a matéria orgânica nos sedimentos de manguezais é um importante ator neutralizador de metais, diminuindo assim sua bioacumulação e biomagnificação nas cadeias tróficas desses ambientes. No entanto, a concentração em excesso pode, além de acidificar o solo, prejudicar a capacidade de absorção, transporte e ciclagem de nutrientes importantes como fósforo (P), ferro (Fe) e carbono orgânico para a vegetação de mangue, conforme descrito por Barcellos *et al.* (2019).

4.3. ÍNDICE DE VEGETAÇÃO POR DIFERENÇA NORMALIZADA

Desde o início anos 2000, diversos autores vêm estudando a aplicabilidade de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, com a finalidade de potencializar e otimizar o monitoramento de comunidades vegetais, o avanço da ocupação de solos, entre outras questões (WEIER e HERRING, 2000; CUNHA-LIGNON, SCHAEFFER-NOVELLI e COELHO-JÚNIOR, 2001; PETTORELLI *et al.*, 2005; JIANG *et al.*, 2008).

Para a região dos manguezais da Baixada Santista as técnicas de sensoriamento remoto nas últimas duas décadas foram aplicadas com diferentes objetivos. Rocha (2019), por exemplo, a partir do uso de imagens de satélite, analisou o incremento de qualidade vegetal, ou seja o adensamento dos boques e aumento da saúde e taxa fotossintética dessa vegetação, para a restinga e manguezais de Bertioga após a fundação do Parque Estadual Restinga de Bertioga (PERB). Moschetto *et al.* (2021), por sua vez, utilizaram dessas técnicas para quantificar a supressão de manguezais da região. Em um estudo publicado em 2001, Cunha – Lignon *et al.*, também utilizaram desses métodos para estudar a dinâmica do manguezal de Cananéia-Iguape em diferentes escalas espaço-temporais.

Outros autores desenvolveram ainda, técnicas de quantificação de biomassa para bosques de manguezais a partir da conversão dos dados de NDVI, como é o caso de Melo (2017) em um manguezal urbano no estado de Pernambuco. Isso comprova a versatilidade da técnica, principalmente para realizar o estudo de grandes áreas e regiões de difícil acesso, como já pontuado por Cunha-Lignon *et al.* (2001), além de também favorecer o desenvolvimento de estudos barateando os custos destes, uma vez que não exige necessariamente as idas a campo para obtenção dos dados. Também pode ser considerado um importante artefato para identificação de supressão vegetal a longo prazo (ALATORRE *et al.*, 2016; VALDERRAMA-LANDEROS *et al.*, 2018).

Os resultados de NDVI obtidos no presente estudo ($0,82 \pm 0,01 \leq \text{NDVI} \leq 0,83 \pm 0,02$ – verão e $0,46 \pm 0,13 \leq \text{NDVI} \leq 0,82 \pm 0,01$ - inverno) indicam que nas transecções são encontrados bosques semi-densos no inverno e relativamente densos e sadios no verão, típicos de florestas tropicais e subtropicais (DA SILVA e GALVÍNCIO, 2013; SOUZA, 2022). Krizek e Santos (2021) também obtiveram resultados de NDVI similares em manguezais da região de Cananéia. É comum esse valores de NDVI para bosques desse tipo devido à grande ocorrência de solo exposto e lamoso, e vegetação não adensada (KRIZEK E SANTOS, 2021).

Quando comparados com estudos anteriores, esses valores revelam melhor qualidade ou maior ocupação vegetal desses bosques, uma vez que Araújo (2010) encontrou valores médios variando de 0,20 a 0,67 para o período seco

entre os anos de 1989 e 2010, nos manguezais da Baixada Santista. Apenas o resultado obtido para a transecção T04 no inverno ($0,46 \pm 0,13$) converge com o intervalo obtido pelo autor acima mencionado na região.

Rocha (2019) apresentou resultados de NDVI mais elevados que os encontrados no presente trabalho, para a região específica do PERB, também obtidos no inverno. De acordo com o autor, no entanto, essa diferença pode estar relacionada à não distinção entre as fitofisionomias de restinga e manguezal no estudo, fato que colabora para o aumento dos índices de diferença normalizada devido à característica de bosques mais densos e consequentemente solos menos expostos das florestas de restinga. Desta forma não é possível afirmar que houve perda de vegetação ou de qualidade dessas formações entre os anos de estudo.

Na literatura é possível observar uma preferência ao uso de imagens de um mesmo período para a realização de comparações ou monitoramentos temporais, não sendo indicada a comparação sazonal (período seco x chuvoso) para esses dados. Ou seja, na maioria dos trabalhos são usadas imagens obtidas em um mesmo mês ao longo dos anos de monitoramento. Essa condição se dá devido ao proposto por Lu *et al.* (2004) com a finalidade de se eliminar fator de interferência externa, como a variação fenológica sazonal e natural da vegetação (dossel mais denso na primavera e menos denso no outono, por exemplo). Segundo Coppin e Bauer (1994), fatores que devem ser considerados para um melhor aproveitamento e menor interferência nas imagens de satélite são: a baixa incidência de nuvens, estabilidade de angulação do sol, e menor hidratação ou inundação do solo. Essas características, apontam para um uso otimizado de imagens obtidas na estação seca, considerada de abril ao meio de setembro na região sudeste do Brasil (outono e inverno).

Jensen (1995), aponta o NDVI como uma boa ferramenta para a avaliação e monitoramento do comportamento fenológico ou sazonal da vegetação ao longo do ano e de determinado período, dado da sensibilidade do índice. Quando comparados os dois períodos de amostragem, apenas T02 não apresenta diferenças estatísticas significativas entre as campanhas. Essa observação corrobora o exposto na literatura, sobre a necessidade de se manter um período

determinado de monitoramento quando o objetivo do estudo for acompanhar alterações a médio ou longo prazo (um ano ou mais) (JANSEN, 1995).

Os valores de NDVI podem ser usados ainda, como descritivos indiretos de Complexidade de Habitat (média) e Heterogeneidade de Habitat (desvio padrão), de acordo com o descrito por Gamarra *et al.* (2016). Os resultados obtidos indicaram diferenças na Complexidade de Habitat apenas no período seco, em que T04 apresenta os menores valores. Segundo Cunha (2013), ecologicamente a Complexidade de Habitat em geral está relacionada à variedade das características físicas do meio, à disponibilidade micro-habitat e capacidade de alocação de nichos ecológicos. Estabelecendo-se uma relação proporcionalmente direta onde habitats mais complexos apresentam maior riqueza de espécies e abundância de indivíduos. Os menores valores médios de NDVI obtidos para a transecção T04 podem então indicar uma comunidade associada menos diversa e menor riqueza de espécies. Essa transecção em questão é uma das mais expostas aos estressores antrópicos, logo abaixo da ponte da Rodovia SP-055, próxima a marinas e em frente à Prefeitura de Bertioga. Por outro lado, o exato oposto é encontrado para a transecção T02, considerada a segunda transecção mais preservada do estudo, ainda situada dentro dos limites do PERB, sem ação direta de estações de efluentes, esgotos, ou intensa ocupação de solo.

Para a Heterogeneidade de Habitats, foram obtidos valores muito similares para todas as transecções em ambos os períodos, com os desvios padrões variando entre 0,01 e 0,02, com exceção apenas de T04 no período seco. Essa transecção demonstrou ser a mais heterogênea, com um desvio padrão de 0,13. Ao contrário da Complexidade, a heterogeneidade ambiental, para manguezais pode estar diretamente relacionada à atividade antrópica na região. Essa heterogeneidade indica, na maioria das vezes, diâmetro a altura do peito (DAPs) e alturas reduzidos, reflexo de exposição à estressores (PEREIRA *et al.*, 2009).

Além da exposição a estressores antrópicos, outro fator que também pode cooperar para a redução das densidades de dossel e da saúde, adensamento e taxa fotossintética da vegetação, e em decorrência a diminuição dos valores de NDVI, é o aumento da salinidade (ALATORRE *et al.*, 2015). Para os resultados

obtidos no presente estudo, não é possível fazer qualquer associação direta entre o aumento ou a diminuição dos valores de NDVI em relação à exposição aos fatores antrópicos na região.

4.4. PARÂMETROS FOLIARES

Segundo Schaffelke *et al.* (2005), alterações morfológicas visíveis em folhas, como clorose e necrose, podem ser um importante indicativo de intoxicação por metais pesados nesses indivíduos.

A clorose foliar, que apresenta maior ocorrência principalmente para *R. mangle* no período seco no presente estudo, pode estar diretamente relacionada a alterações de micro e macronutrientes, em especial nitrogênio, manganês, ferro e magnésio (CAVALCANTE e ANTUNES, 2005). Os autores apontaram ainda que, em um estudo conduzido no sul da Bahia, em dois bosques de manguezal considerados, um sob impacto antrópico e outro controle positivo, não foi registrada ocorrência de clorose para *R. mangle*, divergindo do observado no presente e por Gonçalves *et al.* (2022). No trabalho de Gonçalves *et al.* (2022), os dados obtidos também apresentam que dentre todas as alterações morfológicas analisadas, a principal observada para *R. mangle* foi clorose, seguido por manchas escuras e herbivoria.

Não foi possível relacionar um aumento ou diminuição da ocorrência de clorose para nenhuma das três espécies em relação à exposição a um gradiente antrópico. Para *R. mangle* e *L. racemosa* a transecção onde há a maior ocorrência desse caractere é T01 considerada aqui o local mais preservado, para ambos os períodos de estudo. O mesmo ocorre para *A. schaueriana* no período seco. Já os locais de menor ocorrência diferem para os taxa.

Os resultados obtidos para a ocorrência de herbivoria nas folhas das três espécies de mangue (*R. mangle*, *L. racemosa* e *A. schaueriana*) no presente estudo diferem da literatura. Neste trabalho a menor ocorrência de herbivoria foi registrada para *A. schaueriana* enquanto para *L. racemosa* e *R. mangle* a ocorrência foi de mesma proporção. Comumente os estudos apontam que as folhas mais consumidas tendem a ser de *L. racemosa* assim como os resultados aqui obtidos (SILVA *et al.*, 2022; ROCHA *et al.*, 2019). No entanto as folhas de *R. mangle* apresentam as menores taxas de consumo, isso devido à sua alta

concentração de taninos, ainda segundo estes mesmos autores, fato este ratificado pelos resultados do presente.

Assim como para a ocorrência de clorose, não foi possível estabelecer uma relação clara entre a incidência de herbivoria e a exposição ao gradiente antrópico para nenhuma das três espécies. Um aumento na ocorrência de marcas de herbivoria nas folhas foi notado no período seco, em geral. No entanto, para *A. schaueriana* foi observado um sutil gradiente negativo da incidência de consumo dessas folhas no período seco, em direção à jusante do rio, conforme aumenta a exposição à fatores antrópicos. Esse comportamento não se repete no verão.

A literatura também relaciona a alta incidência de herbivoria e anomalias em folhas de indivíduos em locais sob impactos antrópicos, o que se pode observar também neste estudo, para os três taxa pois, no período chuvoso, apresentam a maior ocorrência dessas em T03 (*R. mangle*), T04 (*L. racemosa*) e T05 (*L. racemosa* e *A. schaueriana*), todas sob algum tipo de influência antrópica. Essa característica está relacionada à perda de capacidade de proteção desses vegetais em decorrência do estresse fisiológico ao qual normalmente são expostos, segundo Rocha *et al.* (2019). Contudo, a maior incidência dessas anomalias foi observada nas transecções mais preservadas (T01 (*L. racemosa* e *A. schaueriana*) e T02 (*R. mangle*)) no período seco.

Em um estudo conduzido por Aragão (2005) em dois bosques de manguezal na Bahia, a necrose foi registrada como uma consequência da herbivoria nas folhas. Ou seja, após a herbivoria a folha fica enfraquecida surgindo, então pontos de necrose. Com os resultados obtidos, não é possível relacionar essas duas alterações. Os locais onde ocorreram as maiores incidências de necroses para cada espécie diferem, e não necessariamente coincidem com as maiores taxas de herbivoria. Apenas para *R. mangle* no período chuvoso (T03) e *A. schaueriana* no período seco (T01) que as maiores incidências de herbivoria e necrose co-ocorrem. Gonçalves *et al.* (2022) e Cavalcante e Antunes (2005) relacionam essa alteração à deficiência de cobre e cloro, respectivamente.

Parte considerável das folhas obtidas para o estudo (29,33% - chuvoso e 68,33% no seco) apresentam, ainda, a ocorrência de mais de um tipo de

alteração. Para ambos os períodos a transecção onde houve maior co-ocorrência dos caracteres analisados em uma mesma folha foi T01 (41,67% - chuvoso e 90% - seco). Já a menor taxa dessa co-ocorrência foi registrada em T02 (15% - chuvoso) e T04 (50% - seco). Dentre as três espécies estudadas, foi observada maior ocorrência de duas ou mais dessas características em uma mesma folha para *R. mangle* e *L. racemosa*, principalmente no período seco. Segundo Cavalcante *et al.* (2005), a essa ocorrência simultânea de mais de uma alteração, é um forte indicador de resposta à quantidade de efluentes e ocupação de solo ao redor dos bosques. Neste estudo, para as três espécies, a maior taxa de ocorrência simultânea foi, em geral, nas transecções T01 e T02, as consideradas mais preservadas, indicando o oposto do observado por Cavalcante *et al.* (op.cit.).

Em geral, os estudos a respeito de morfologia relacionam principalmente essas alterações à composição nutricional dessas folhas. Para uso desse indicador são necessários estudos mais aprofundados, envolvendo sempre que possível a quantificação de nutrientes (das folhas e do sedimento) assim como a quantificação de compostos fenólicos uma vez que estes são as primeiras respostas dos vegetais às alterações do meio e pressões (naturais e antrópicas), sendo assim sua linha de defesa (SIMÕES, 2010).

A área foliar das árvores de mangue está relacionada às condições abióticas do meio tais como: pH do solo (em um cenário ideal, aproximadamente 7), salinidade média próxima aos 20 ppt, incidência de luz solar, topografia plana evitando criação de poças internas de água salgada, e disponibilidade de nutrientes como magnésio, fósforo, zinco, cálcio e cobre (ARAGÃO, 2015). Além disso, segundo Schaeffer-Novelli (1995), a área foliar para essas espécies arbóreas é um bom indicador de qualidade ambiental, uma vez que tendem a reduzir quando esses indivíduos são expostos à falta de nutrientes, herbivoria e demais alterações.

No presente estudo, as maiores áreas foliares foram encontradas na T02 (*R. mangle* e *L. racemosa*) e na T03 (*A. schaueriana*), no verão e na T04 (*R. mangle*) e na T05 (*L. racemosa* e *A. schaueriana*) no inverno. Da mesma forma, as menores áreas foliares também ocorrem em locais distintos para as espécies

nas duas campanhas: T01 para *R. mangle* e *L. racemosa* e T02 para *A. schaueriana* no verão, e T02 para a primeira, T03 para a segunda e T04 para a terceira no inverno. Essa ocorrência aleatória das maiores e menores áreas para os três taxa em ambas as campanhas não possibilita relacionar o desenvolvimento da área foliar destas com a exposição à fatores antrópicos. Contudo, surge a suspeita de uma possível deficiência de cálcio (Ca) e fósforo (P) em T01, mesmo sendo considerada a mais preservada das transecções, uma vez que, segundo Aragão (2015), a falta desses nutrientes implica na redução da área foliar de espécies de manguezal, e pelo menos no período chuvoso, foram obtidas as menores áreas foliares para duas das três espécies no local.

Os resultados de área foliar obtidos no presente estudo, apresentam valores maiores do que os observados por Rodrigues *et al.* (1989) para a mesma região, após o acidente do rompimento do oleoduto da Petrobrás em 1983, podendo este ser interpretado como um indicador de recuperação desse ambiente ao longo dos anos.

Como já pontuado por Rodrigues *et al.* (1989), *R. mangle* apresenta um mecanismo de seleção de absorção de partículas já no sistema radicular, enquanto a espécie *A. schaueriana* apresenta mecanismos de excreção de partículas indesejáveis nas folhas, sendo possível a eliminação apenas depois da absorção, por exemplo. Isso torna o primeiro grupo mais resistente a alterações de contaminação ambiental do que o segundo, por exemplo. A área foliar pode ser, ainda, regulada pela disponibilidade de recursos no meio, desde matéria orgânica até a salinidade e os nutrientes biodisponíveis (BARTZ *et al.*, 2015)

Quanto ao teor de umidade das folhas, pouco se encontra sobre esse fator na literatura, dificultando sua interpretação e discussão. Autores aplicam a relação área foliar/massa úmida e massa seca das folhas para análise do índice de esclerofilia e densidade foliar, respectivamente, para uma interpretação ambiental. O índice de esclerofilia pode ser um forte indicador de estresse ambiental pela falta de nutrientes, como nitrogênio por exemplo (BARTZ *et al.*, 2014; RIZZINI e GARAY, 2004).

A esclerofilia observada neste estudo pode estar relacionada, principalmente, a ambientes estressantes, caracterizados pela falta de nutrientes, exposição à salinidade entre outras questões (ARAGÃO, 2015). Os maiores índices de esclerofilia observados para as folhas de *R. mangle* podem estar relacionados com a alta concentração de metabólitos secundários nestes vegetais, principalmente compostos fenólicos e taninos, em resposta a um ambiente estressado (RUTHES, SILVA e JÚNIOR, 2021). Essa relação entre os taninos e os valores de esclerofilia pode ser observada com os resultados obtidos para *A. schaueriana*, uma vez que a espécie apresenta as menores ocorrências de herbivoria, e também os menores valores e a menor ocorrência de esclerofilia nas folhas.

Contudo, o índice de esclerofilia é comumente aplicado como um indicador não específico de qualidade e estresse ambiental (SERENESKI-DE LIMA, *et al.*, 2013). Os resultados aqui obtidos para esse índice não possibilitam afirmar a ocorrência dessa relação, uma vez que, parte considerável dos maiores valores de esclerofilia obtidos ocorreram nas transecções consideradas mais preservadas.

4.5. ANÁLISES MULTIVARIADAS

Para as três espécies arbóreas analisadas (*R. mangle*, *L. racemosa* e *A. schaueriana*) foi possível observar uma separação dos pontos devido à sazonalidade, e um distanciamento das transecções T01 e T05 em ambos os períodos. Contudo, essa separação longitudinal das transecções não pode ser relacionada diretamente com o gradiente antrópico. Isso porque a separação longitudinal ocorreu principalmente relacionada ao Eixo 2, que para as três espécies é descrito por variáveis naturais. Para *R. mangle*, o Eixo 2 é descrito principalmente pelas próprias características foliares. Enquanto para *L. racemosa* e *A. schaueriana* é principalmente descrito por variáveis relacionadas à intrusão de água salina no estuário: condutividade, salinidade e total de sólidos dissolvidos (SOUSA, CUNHA E PIMENTEL-NUNES, 2013).

Quanto à expressão da sazonalidade sobre as transecções de estudo, houve influência da temperatura da água, que já seria esperada, principalmente para regiões subtropicais onde se encontram diferenças acentuadas de temperatura

entre o inverno e o verão (COSTA *et al.*, 2018). Além disso, foi observada principalmente uma resposta ao aumento das concentrações das formas de nitrogênio estudadas, tanto o nitrogênio amoniacal (NH_3) quanto as formas reduzidas (nitrato (NO_3) e nitrito (NO_2)) no período chuvoso. Esse aumento das concentrações de nitrogênio amoniacal e amônia nas águas estuarinas é comumente relacionado ao aumento da pluviosidade e o consequente aumento no aporte de nutrientes do ambiente terrestre, ou costeiro, para o estuário (PLANT *et al.*, 2009; SOUSA, CUNHA E PIMENTEL-NUNES, 2013).

A concentração de nitritos na água também foi um dos principais descritores ambientais para a PCA das três espécies. Além desta, variáveis da água como o potencial de oxirredução e as concentrações de surfactantes se mostram importantes para a resposta foliar desses taxa, de acordo com os resultados obtidos no presente estudo.

A textura do sedimento também ocorreu como uma das variáveis de maior contribuição para a descrição da PCA para as três espécies, assim como demonstrou significativa correlação positiva com a ocorrência de necroses e anomalias nas folhas destas. Satheeshkumar e Khan (2012), em uma análise de descritores de qualidade da água no estuário de Pondicherry (Índia), também obtiveram fortes relações entre a textura do sedimento e a qualidade da água deste estuário sob impacto de esgotos domésticos e industriais. Essa característica foi então relacionada, principalmente, à capacidade de retenção de compostos do solo.

Santos (2004), Virgens (2004) e Cavalcante e Antunes (2005) já apontaram alterações morfológicas e biométricas para *A. schaueriana*, *L. racemosa* e *R. mangle* como indicadores de manguezais sob pressão antrópica em manguezais tropicais na Bahia. Santos (2004) reportou o aumento de cloroses, pontos escuros e principalmente da presença de herbivoria em folhas de *A. schaueriana* em um bosque impactado em relação à uma área controle, e ainda aumento das dimensões lineares dessas folhas em áreas sob pressão. Virgens (2004), também apontou o aumento da ocorrência de pontos escuros e de herbivoria em folhas de *L. racemosa* em bosques impactados para a mesma região. Cavalcante e Antunes (2005) relacionam alterações foliares, as mesmas

analisadas nesse estudo, com os níveis de pressão antrópica sofridos por três bosques de manguezal na Bahia. Os autores apontam ainda a eficiência do uso destas características como bioindicadores de estresse ambiental tanto com origem na indústria petrolífera, como de origem doméstica. Contudo, nenhum desses trabalhos faz a relação dessas características foliares com as variáveis ambientais dos locais de estudo.

Um descritor ambiental que pode exercer importante ação na determinação da ocorrência de herbivoria para as espécies arbóreas de manguezal é a salinidade da água, do solo e da água intersticial. Isso porque os indivíduos expostos à altas salinidades tendem a desenvolver tecidos foliares com maior espessura dificultando a perfuração e a mastigação (FRANÇA, MELO e SANTANA, 2020; SILVA e MAIA, 2022). Para o presente trabalho não foram obtidas correlações significativas entre a ocorrência de herbivoria e a salinidade para nenhuma das três espécies, a herbivoria também não foi apontada como importante descritor na Análise de Componentes Principais.

As concentrações de nitrogênio amoniacal nas águas e nos sedimentos de manguezal, assim como a disponibilidade de nitrogênio desses ambientes estão fortemente relacionados à atividade humana na região, principalmente às descargas de efluentes de esgoto (BRANOFF, 2018). A biodisponibilidade desses compostos no meio e o conteúdo de nitrogênio para as folhas de espécies arbóreas de manguezal podem estar relacionadas à ambientes estressados, e consequentemente indivíduos mais fracos com menores defesas contra herbivoria e as ações do meio, uma vez que o nitrogênio, aminoácidos e proteínas são inversamente correlacionados à presença de compostos fenólicos (metabólitos secundários) nessas folhas (DE GODOY *et al.*, 1997).

A relação entre o potencial de oxirredução, as concentrações de nitrato e a ocorrência de necroses observadas nas PCAs de *L. racemosa* e *A. schaueriana* pode ser justificada pela oxidação ou redução das formas nitrogenadas de origem antrópica: nitrogênio amoniacal, amônia, nitrito e nitrato em nitrogênio novamente para a biodisponibilização deste no meio. Quanto maior, ou mais positivo, o potencial de oxirredução do meio, maior sua capacidade redutora,

logo mais acentuada a redução de formas de amônio e NO_3 para assimilação da comunidade vegetal e vice e versa (TISCHER, 2018).

As relações negativas entre o NDVI e as ocorrências de cloroses, necroses e herbivoria observadas para as três espécies podem ser ocasionadas devido às alterações no teor de clorofila e nas características celulares que as duas primeiras causam nas folhas, com base no princípio de aplicação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada, sobre a refletância da composição de clorofila (banda *Red*) e da estrutura celular (banda *NIR*) das folhas (PASSOS, 2021). Além disso, esse índice tem relevância comprovada para a detecção de diversas alterações vegetais, como deficiência de nutrientes, estimativas de fotossíntese, e qualquer outro estresse biótico ou abiótico que ocasione alterações de clorofila (SOLANO-ALVAREZ *et al.*, 2022).

5. CONCLUSÕES

Não foi possível estabelecer um gradiente claro de pressões antrópicas para a região de estudo. No entanto, observou-se com os resultados obtidos que, em geral, a região sofre algum nível de estresse que parece estar relacionado com as atividades antropogênicas no local.

Alterações de parâmetros químicos da água, assim como na granulometria do sedimento, foram observadas quando comparados os níveis de exposição à diferentes atividades antrópicas. Também foi observado que a variação das marés interfere na concentração e na relação entre as variáveis de água. Com esses resultados, destaca-se a importância de se considerar a variação da maré para estudos de qualidade de água em manguezais.

Para o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) obteve-se a expressão de menores resultados para os locais mais expostos à antropização, sendo assim um possível indicador de impacto, contudo este também esteve relacionado ao aumento das concentrações de sais na água.

As características morfométricas das folhas, principalmente cloroses, anomalias e necroses, ocorreram relacionadas entre si para as três espécies: *R. mangle*, *L. racemosa* e *A. schaueriana*. Também, notou-se que a co-ocorrência de caracteres anômalos aumenta em localidades que sofrem maior pressão antrópica.

Todos os parâmetros analisados neste estudo apresentaram alguma variação quando considerados os níveis de exposição à antropização. Da mesma forma, foi possível verificar certa influência da sazonalidade sobre essas variáveis. No entanto, principalmente devido ao esforço amostral reduzido e à coleta única realizada em cada estação, não se pôde precisar o nível dessa influência.

Quanto à relação dos descritores bióticos e abióticos, obteve-se principalmente relações entre as ocorrências de necroses, clorose e herbivoria nas folhas de *R. mangle*, *L. racemosa* e *A. schaueriana* relacionadas de alguma forma com os valores de NDVI, potencial de oxirredução e concentrações de nitrato na água e a textura do sedimento. Aponta-se assim, a possibilidade de aplicação destas características foliares como bioindicadores para monitoramento de manguezais.

De acordo com esses resultados foi descrita uma proposta inicial de método e aplicação de descritores ambientais para monitoramento de manguezais, apresentada no Apêndice D. Contudo, ainda sugere-se a ampliação da área de estudo, e aumento dos esforços para a obtenção de respostas mais conclusivas sobre essas relações. Além disso, sugere-se também, a inclusão da caracterização química do sedimento e das folhas, principalmente quanto à quantificação de nutrientes nestas, para melhor compreensão dessas relações.

Por fim, foram notados indicativos de estressores antrópicos mesmo dentro das Unidades de Conservação para a região de estudo. Essa observação alerta para a necessidade de se maximizar a fiscalização e a infraestrutura dessas UCs, a fim de se otimizar a preservação e recuperação dos manguezais, assim como a urgência de políticas públicas que priorizem e regulamentem essas ações.

APRESENTAÇÃO DO RELATÓRIO TÉCNICO

SIGAM/SEMIL

sigam.ambiente.sp.gov.br/sigam3/Default.aspx?idPagina=17103

SIGAM

(EXTERNA)
Deborah Ribolli Ferraz

CadGP Secretaria de Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística
CadGP - Cadastro e Gestão de Pesquisas

Início Análise Superior Imediato

Cadastro de Projeto de Pesquisa

Nº Processo: 000000010256/2022
Título do Projeto: **Proposta de Metodologia de Monitoramento Ambiental para Manguezais**
Período de Execução (início): 25/07/2021
Cadastro do projeto (início): 03/06/2022
Responsável: Deborah Ribolli Ferraz
NIS: 2375823

Nº Processo EAM: SIMA.042165/2022-02
Status: **Execução do projeto aprovada**
Controle de Alterações:
Período de Execução (término): 30/06/2023
Cadastro do projeto (término): 06/06/2022

Retornar
Ajuda

Projeto Responsável Equipe Local Amostra Anexos Termos Gestor da área Mensagens Notificações Resultados **Relatórios**

Relatórios parciais Relatório final

Escolher arquivo Nenhum arquivo escolhido ☒ Confirmar

Requerido!

	Tipo de Relatório	Data
Justificativa Para Alterações.docx	Relatório Final	29/06/2023
Relatório Final - Avaliação da Aplicabilidade de alguns descritores ambientais.docx	Relatório Final	29/06/2023
ANEXO B.pdf	Relatório Final	29/06/2023
ANEXO C - Currículo Lattes Atualizado.pdf	Relatório Final	29/06/2023

Ativar o Windows
Acesse Configurações para ativar o Windows.

https://sigam.ambiente.sp.gov.br/sigam3/Default.aspx?idPagina=17103# CETESB FF SABESP DAEE EMAE Créditos Imprimir

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACORDO DE PARIS SOBRE O CLIMA. Disponível em:

<https://nacoesunidas.org/acordodeparis/>. Acesso em: ago/2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil); COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Guia nacional de coleta de preservação de amostras:** água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidas.

Brasília, DF: ANA; São Paulo: CETESB, 2011. 327 p. Disponível em:

<http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/laboratorios/publicacoes/guia-nacional-coleta-2012.pdf>. Acesso em: fev. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Atlas Esgotos: despoluição de bacias hidrográficas.** 2017.

ALATORRE, L.C. et al. **Temporal changes of NDVI for qualitative environmental assessment of mangroves: shrimp farming impact on the health decline of the arid mangroves in the Gulf of California (1990–2010).**

Journal of Arid Environments, v. 125, p. 98-109, 2016.

ALONGI, D. M. **Mangrove forests: Resilience, protection from tsunamis, and responses to global climate change.** Estuar. Coast. Shelf Sci., v. 76, n. 1, p. 1-13, 2008.

ALONGI, D. M. **Carbon sequestration in mangrove forests.** Carbon management, v. three, n. 3, p. 313-322, 2012.

ALVES, J. R. P. **Manguezais: educar para proteger.** Rio de Janeiro: Femar: Semads, v. 1, 96 p., 2001.

ANJOS, J. A. S. A. **Avaliação da eficiência de uma zona alagadiça (wetland) no controle da poluição por metais pesados: o caso da Plumbum em Santo Amaro da Purificação/BA.** 2003. 327 p. Tese de Doutorado.

Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. São Paulo – SP. 2003.

APHA, AWWA, WEF (2017). **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**, (23a ed.), Washington, D.C.: American Public Health Association.

ARAGÃO, M. V. S. **Biogeoquímica de zonas de manguezal dos estuários dos rios Una, Pardo e Jequitinhonha–sul da Bahia/Brasil: avaliação do gênero *Avicennia* como bioindicador de qualidade ambiental.** Dissertação (mestrado). Universidade Federal da Bahia. Instituto de Geociências. Salvador – BA. 2015. 132 p.

BARALDO, K. B. **Caracterização e comparação dos estuários dos rios Itaguaré e Guaratuba (Bertioga, SP) com base nos parâmetros geo-físico-químicos, batimetria e imageamento do fundo.** 2018. 122 p. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista – Júlio Mesquita Filho – Instituto de Biociências. São Vicente – SP. 2018.

BARCELLOS, D.; QUEIROZ, H. M.; NÓBREGA, G. N.; FILHO, R. L. O.; SANTAELLAD, S. T.; OTERO, X. L.; FERREIRA, T. O. **Phosphorus enriched effluents increase eutrophication risks for mangrove systems in northeastern Brazil.** Marine Pollution Bulletin, v. 142, p. 58-63, 2019.

BARTZ, M. C.; DE MELO JÚNIOR, J. C. F.; LARCHER, L. **Variação morfológica de *Laguncularia racemosa* (L.) CF Gaertn. (Combretaceae) em áreas de manguezal e de transição entre manguezal e floresta de restinga.** Biotemas, v. 28, n. 1, p. 21-29, 2015.

BASU, S. et al. **A Multi-decadal Comparative Analysis of a Set of Physicochemical and Nutrient Parameters in the Tropical Tidal Creeks of Indian Sundarban Mangrove Biosphere Reserve.** Thalassas: An International Journal of Marine Sciences, v. 37, n. 1, p. 303-312, 2021.

BERBEL, G. B. B.; FAVARO, D. I. T.; BRAGA, E. S. **Impact of harbour, industry and sewage on the phosphorus geochemistry of a subtropical estuary in Brazil.** Marine pollution bulletin, v. 93, n. 1-2, p. 44-52, 2015.

BERNARDES, M. E. C.; MIRANDA, L. B. de. **Circulação estacionária e estratificação de sal em canais estuarinos: simulação com modelos analíticos.** Revista Brasileira de Oceanografia, v. 49, p. 115-132, 2001.

BLOTTA, K. D. et al. **Diagnóstico de Manguezais Periurbanos após 20 anos de impactos antrópicos.** Research, Society and Development, v. 10, n. 1, 2021.

BORGES, A. de C. **Dinâmica do fósforo em sedimentos de manguezal em um gradiente de degradação da vegetação.** 2006. 152p. Dissertação de mestrado. Universidade Federal Fluminense – Instituto de Química. Niterói – RJ. 2006.

BORJA, A. et al. **Overview of integrative tools and methods in assessing ecological integrity in estuarine and coastal systems worldwide.** Marine pollution bulletin, v. 56, n. 9, p. 1519-1537, 2008.

BOTO, K. G. **Waterlogged saline soils.** , v. 8, p. 114-130, 1984. In: SNEDAKER, S. C.; SNEDAKER, J. G. **The mangrove ecosystem: research methods.** Monogr. Oceanogr. Methodol., 8. UNESCO, Paris and New York. 251 p., 1984.

BRANOFF, B.. **Urban mangrove biology and ecology: Emergent patterns and management implications.** Threats to Mangrove Forests: Hazards, Vulnerability, and Management, p. 521-537, 2018.

BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 DE JULHO DE 2000. Regulamenta o art. 225, par. 1º, Incisos I, II, III e VII da Constituição Federal. **Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências.** Diário Oficial da União, Poder Legislativo, Brasília, DF, 18 jul. 2000.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.** Brasília, 2005.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. **Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa.** Diário Oficial da União, Poder Legislativo, Brasília, DF, 28 mai. 2012.

CAMARGO, J. M. de. **Evolução morfodinâmica e análise da estabilidade do canal do rio Itaguapé em Bertioga-SP.** Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

CAPPARELLI, M. V.; MCNAMARA, J. C.; ARAUJO, G. S.; CRUZ, A. C. F.; ABESSA, D. M. S. **Use of an integrated geochemical and ecotoxicological approach to evaluate sediment metal contamination in three protected estuarine areas along the Coast of São Paulo State, Brazil.** Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, v. 106, n. 2, p. 355-362, 2021.

CASAGRANDE, A. **Classification and Identification of Soils.** Transactions of the American Society of Civil Engineers, 113, 901-930. 1948.

CASPERS, H.. **Estuaries: analysis of definitions and biological considerations.** Estuaries. G. F. Lauff (ed.) 83. P 6-8. 1967.

CAVALCANTE, A. C. O., ANTUNES, C. G. C. **Análise morfobiométrica de folhas de Rhizophora mangle L. dos manguezais de Ilha de Maré–Bahia.** SEMOC-Semana de Mobilização Científica-Qualidade de Vida e Dignidade da Pessoa Humana, 2005.

CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Sedimentos: determinação da distribuição granulométrica - método de ensaio.** Norma Técnica L6.160. São Paulo – SP. 15p. 1995.

CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Mapa da hidrografia conforme decreto 10.755/77 –UGRHI 7.** 2016. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2016/04/UGRHI07.pdf>>. Acesso em: 25 de novembro de 2023.

CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Águas interiores.** Rede de monitoramento de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo. Relatórios. São Paulo – SP. 2021. Disponível em <<https://www.cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/publicacoes-e-relatorios/>>. Acesso em: 12 de abril de 2022.

CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo 2021.** Rede de monitoramento de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo. Relatórios. São Paulo

- SP p. 287, 2022. Apêndice C - Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem 2021. Disponível em < <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2022/11/Apendice-C-Significado-ambiental-e-sanitario-das-variaveis-de-qualidade-das-aguas-e-dos-sedimentos-e-metodologias-analiticas-e-de-amostragem.pdf>>. Acesso em: 10 de maio de 2023.

CHECON, H. H.; CORTE, G.; SILVA, C.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y. **Mangrove vegetation decreases density but does not affect species richness and trophic structure of intertidal polychaete assemblages.** *Hydrobiologia*, v. 795, n. 1, p. 169-179, 2017.

CHEW, V. **Comparisons among treatments means in an analysis of variance.** Washington: USDA, 1977.

CINTRÓN, G. & SCHAEFFER-NOVELLI, Y. **Methods for studying mangrove structure.** In: Snedaker, S.C. & J. G. Snedaker, Eds. *The mangrove ecosystem: research methods*. Paris, UNESCO, 1984. 251p. (UNESCO Monographs on Oceanographic Methodology).

CINTRÓN, G., LUGO, A. E. & MARTINEZ, R. **Structural and functional properties of mangrove forests**, pp. 53-66. In: W. G. D'Arcy & M. D. A. Correa (eds.), *The botany and natural history of Panama*, Missouri Botanical Garden, Saint Louis, Missouri. 1985.

CINTRÓN, G.; SHAEFFER-NOVELLI, Y. **Guia para estudo de áreas de manguezal-estrutura, função e flora.** São Paulo: Caribbean Ecological Research, 1986.

COPPIN, P. R., and BAUER, M. E. **Processing of multitemporal Landsat TM imagery to optimize extraction of forest cover change features.** *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 32, 918–927. 1994.

COSTA, M. R. **O uso de praias arenosas e áreas de mangue por peixes jovens em duas baías do Sudeste do Rio de Janeiro.** 2006. 220 p. Tese de Doutorado. Universidade Rural do Rio de Janeiro. Pós-graduação em Biologia Animal. Seropédica – RJ. 2006.

COSTA, C. R. et al. **Interannual and seasonal variations in estuarine water quality.** *Frontiers in Marine Science*, v. 5, p. 301, 2018. (b)

COSTA, R. A. et al. **A Gestão Ambiental Aplicada ao Condomínio Riviera de São Lourenço, Município de Bertioga–SP, e seus Reflexos no Índice de Balneabilidade da Praia de São Lourenço.** *Revista Geociências-UNG-Ser*, v. 15, n. 1, p. 94-109, 2016.

COSTA, R. A.; SAAD, A. R.; DA SILVA FERREIRA, A. T.; RIBEIRO, M. C. H.; ARRUDA, R. D. O. M. **Urban sanitary conditions and bathing water quality of the Enseada and São Lourenço beaches, municipality of Bertioga, São**

Paulo (SE, Brazil). Journal of Sedimentary Environments, 3(3), 187-196, 2018.
(a)

CSN, Companhia Siderúrgica Nacional. **Estudo De Impacto Ambiental – EIA Obras de Expansão do Terminal de Contêineres SEPETIBA TECON.** Itaguaí, Rio de Janeiro. 2018. Disponível em: < <http://www.inea.rj.gov.br/eia-rima-2018/> >. Acesso em 17 de setembro de 2022.

CUNHA-LIGNON, M. e SCHAEFFER-NOVELLI, Y. e COELHO JÚNIOR, C. **Utilização de ferramentas de diferentes escalas espaço-temporais como subsídios para análise do estudo dos níveis hierárquicos do manguezal.** 2001, Anais.. San Andrés Isla: Alicmar/IEC, 2001.

CUNHA-LIGNON, M.; COELHO, C. Jr.; ALMEIDA, R.; MENGHINI, R.; CORREA, F.; SCHAEFER-NOVELLI, Y. et al **Mangrove forests and sedimentary processes on the South of Coast of São Paulo State (Brazil).** J Coast Res 1:405–409, 2009.

CUNHA, E. R. da. **Separando os efeitos diretos e indiretos da complexidade e heterogeneidade de habitat sobre a riqueza de espécies e abundância de macroinvertebrados aquáticos.** 2013. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Maringá.

CURTIS, J. T. **The vegetation of Wisconsin: an ordination of plant communities.** University of Wisconsin Pres, 1959.

DA SILVA, M. C. **Estuários—Critérios para uma classificação ambiental.** RBRH-Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 5, p. 25-35, 2000.

DA SILVA, L. G.; GALVÍNCIO, J. D. **Análise Comparativa da Variação nos Índices NDVI e SAVI no Sítio PELD–22, em Petrolina–PE, na Primeira Década do Século XXI** (Comparative Analysis of Changes in NDVI and SAVI in PELD-22-Petrolina-PE, in the First Decade of the XXI Century). Revista Brasileira de Geografia Física, v. 5, n. 6, p. 1446-1456, 2013.

DASSIE, J. C. P. **Recuperação de manguezal impactado por sedimentação.** São Paulo: WS Arquitetura e Paisagismo, 1997.

DE CASTRO RODRIGUES, A. P. et al. **Bioacumulação de Mercúrio em Quatro Espécies de Peixes Tropicais Oriundos de Ecossistemas Estuarinos do Estado do Rio de Janeiro, Brasil.** Anuário do Instituto de Geociências, v. 33, n. 1, 2010.

DE GODOY, S. A. P. et al. **Teores de ligninas, nitrogênio e taninos em folhas de espécies típicas do mangue.** Brazilian Journal of Botany, v. 20, p. 35-40, 1997.

DE LIMA, M. W. et al. **Análise temporal da composição granulométrica de um estuário amazônico, Pará, Brasil.** Scientia Plena, v. 11, n. 1, 2015.

DE SOUSA, A. C., et al. **Análise exploratória da qualidade da água do estuário do rio paraíba, cabedelo-pb, empregando análise de componente principal**. Anais do Encontro Intercontinental sobre a Natureza (O2), Fortaleza, IHAB, 2015.

DUARTE, A. A. L.; VIEIRA, J. M. **Caracterização dos ambientes estuarinos: mistura em estuários**. Engenharia Civil. Departamento de Engenharia Civil da Universidade Minho. Braga – Portugal. Ed. 6. P 41-55. 1997.

DUQUE, G. et al. **Effect of water quality variation on fish assemblages in an anthropogenically impacted tropical estuary, Colombian Pacific**. Environmental Science and Pollution Research, v. 27, n. 20, p. 25740-25753, 2020.

EMAP, Empresa Maranhense De Administração Portuária. **Estudo De Impacto Ambiental – Porto De Itaqui**. São Luis – Maranhão. 2001. Disponível em: <https://www.portodoitaqui.com/_files/arquivos/RIMA-EMAP-2001.pdf>. Acesso em 17 de setembro de 2022.

Eólicas de Laguna Ltda. **Estudo De Impacto Ambiental – EIA Complexo Eólico Lagunar Parque Eólico Tratado de Tordesilhas - 29,9 MW**. Laguna, Santa Catarina. 2013. Disponível em: <<https://ima.sc.gov.br/index.php/licenciamento/consultas/consulta-eia-rima>>. Acesso em 17 de setembro de 2022

FARIDAH-HANUM, I. et al. **Development of a comprehensive mangrove quality index (MQI) in Matang Mangrove: Assessing mangrove ecosystem health**. Ecological Indicators, v. 102, p. 103-117, 2019.

FARINACCIO, A. **Impactos na dinâmica costeira decorrentes de intervenções em praias arenosas e canais estuarinos de áreas densamente ocupadas no litoral de São Paulo, uma aplicação do conhecimento a áreas não ocupadas**. 2008. 229 p. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Instituto Oceanográfico. São Paulo – SP. 2008.

FAY, E. F.; SILVA, C. M. M. de S. **Índice do uso sustentável da água (ISA-ÁGUA) -região do sub-médio São Francisco**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2006.

FERREIRA, A. C.; LACERDA, L. D. **Degradation and conservation of Brazilian mangroves, status and perspectives**. Ocean & Coastal Management, v. 125, p. 38-46, 2016.

FIERZ, M. D. S. M. **Fragilidade ambiental na Bacia Hidrográfica do Rio Itapanhaú**. 2017. Disponível em: <<http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal16/Procesosambientales/Hidrologia/01.pdf>>. Acesso em: maio de 2023.

FONSECA, I. A. Z. **Uma Revisão dos EIA/RIMA sobre Manguezais**. 1995. 82 p. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. Programa de Pós-graduação em Ciência Ambiental. São Paulo – SP. 1995.

FORTUNATO, D. S. **Importância da heterogeneidade de habitats na estruturação da diversidade α e β de morcegos Phyllostomidae no Cerrado**, 2013. 65p. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília. Departamento de Ecologia. Brasília – BR. 2013

FRANÇA, B. S.; MELO JR, J. C. F.. SANT'ANNA-SANTOS, B. F. **Padrão temporal de herbivoria e defesas antiherbivoria em população natural de *Laguncularia racemosa* (Combretaceae) em manguezal predado maciçamente por *Hyblaea puera* (Lepidoptera)**. Revista Brasileira De Geografia Física, v. 7, n. 13, p. 3151-3158, 2020.

GAMARRA, R. M. et al. **Uso do NDVI na análise da estrutura da vegetação e efetividade da proteção de unidade de conservação no cerrado**. Raega-O Espaço Geográfico em Análise, v. 37, p. 307-332, 2016.

GIANESELLA, S. M. F.; SALDANHA-CORRÊA, F. M. P; TEIXEIRA, C. **Tidal effects on nutrients and phytoplankton distribution in Bertioga Channel, São Paulo, Brazil**. Aquatic Ecosystem Health & Management, v. 3, n. 4, p. 533-544, 2000.

GONÇALVES, C. et al. **Reconstruction of historical trends in potentially toxic elements from sediment cores collected in Bertioga channel, southeastern Brazil**. Brazilian Journal of Oceanography, v. 61, p. 149-160, 2013.

GONÇALVES, M. V. P. et al. **Caracterização biogeoquímica dos bosques de mangue da APA Tinharé-Boipeba, Litoral do Baixo Sul da Bahia (Brasil)** Biogeochemical characterization of the mangrove of APA Tinharé-Boipeba, Southern Coast of Bahia (Brazil). Brazilian Journal of Development, v. 8, n. 1, p. 6378-6401, 2022.

HYPOLLITO, R.; FERRER, L. M.; NASCIMENTO, S. C. **Comportamento de espécies de mercúrio no sistema sedimento-água do mangue no município de Cubatão, São Paulo**. Águas subterrâneas, v. 19, n. 1, 2005.

IBAMA. **Estrutura do PLANO DE GESTÃO AMBIENTAL do Licenciamento Ambiental Federal**. Disponível em: <Estrutura_PGA_Ibama-LAF.pdf> Acesso em 17 de setembro de 2022.

ICMBIO, Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Atlas dos Manguezais do Brasil**. Brasília, Brasil. 2018.
INSTITUTO HIDROGRÁFICO. **Tabela de Marés 2023**. Volume I-Portugal. 2023.

JENSEN, J. R. **Introductory Digital Image Processing - A Remote Sensing Perspective**. Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 1986. 379 p.

KATHIRESAN, K.; BINGHAM, B. L. **Biology of mangroves and mangrove ecosystems**. 2001.

KRIZEK, J. P. O.; SANTOS, L. C. M. **Protocolo metodológico para obtenção dos valores de reflectância e de NDVI de imagens Landsat 8/OLI utilizando LEGAL**. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 14, n. 02, p. 869-880, 2021.

KRUSKAL, W. H.; WALLIS, W. A. **Use of ranks in one-criterion variance analysis**. Journal of the American Statistical Association, 47, 583–621, 1952.

LAURELLI, A. R.; RAMIRES, M.; BARRELLA, W. **Relato sobre a pesca do robalo no Canal de Bertioga durante a Pandemia COVID-19**. Research, Society and Development, v. 10, n. 6, 2021.

LU, D. et al. Change detection techniques. **International journal of remote sensing**, v. 25, n. 12, p. 2365-2401, 2004.

MARTINS, S. E. et al. **Caracterização florística de comunidades vegetais de restinga em Bertioga, SP, Brasil**. Acta Botanica Brasilica, v. 22, p. 249-274, 2008.

MELO, C. A. A. de. **Modelo para estimativa de biomassa de vegetação em áreas de manguezais por técnicas de sensoriamento remoto**. 2017. 56p. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco. Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Recife – PE. 2017

MENDES, R. M. da L. et al. **Caracterização hidrodinâmica e sedimentar do estuário furo do Muriá, Curuçá-PA**. 2017. 56 p. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Rural da Amazônia. Programa de Pós-graduação em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais. Belém, Pará. 2017.

MILAZZO, A. D. D. **Biodisponibilidade e bioconcentração de metais em ecossistema manguezal do estuário do rio São Paulo, Baía de Todos os Santos, Bahia, Brasil**. 2011. 87 p. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Bahia. Instituto de Geociências. Salvador – Bahia. 2011.

MIOLA, B. **Caracterização geoquímica e mineralógica dos sedimentos do manguezal do estuário do Rio Coreaú**. 2013. 101 p. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Ceará. Instituto de Ciências do Mar. Fortaleza – CE. 2013.

MONTEIRO, S. M.; EL-ROBRINI, M.; ALVES, I. C. C. **Dinâmica sazonal de nutrientes em estuário amazônico**. Mercator (Fortaleza), v. 14, p. 151-162, 2015.

MOSCHETTO F A, RIBEIRO R B & DE FREITAS D M. **Urban expansion regeneration and socioenvironmental vulnerability in a mangrove ecosystem at the southeast coastal of São Paulo Brazil**. Ocean & Coastal Management. 2020.

- MUEHE, D. C. E. H. et al. **Erosão e progradação do litoral brasileiro**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, v. 1, p. 475, 2006.
- NASCIMENTO, R. C. M. et al. **Qualidade da água de três estuários tropicais expostos a diferentes níveis de urbanização**. Journal of Integrated Coastal Zone Management, v. 20, n. 3, 2020.
- OLIVEIRA, T. H. et al. **Spatial evolution of land use and land cover for the Tatu-Bola Wildlife Refuge-Pernambuco, using orbital images**. Journal of Hyperspectral Remote Sensing, v. 12, p. 038-059, 2022.
- PASCUAL, J. M. F. et al. **Comportamiento de elementos traza de origen minero durante la mezcla con agua de mar en el estuario de la Ría de Huelva**. 2020. 70 p. Dissertação de Mestrado. Universidad Internacional de Andalucía. Andalucía – Espanha. 2020.
- PASSOS, A. O. **Índices de reflectância, NDVI e EVI como indicadores de níveis de degradação das pastagens tropicais**. 2021. 53p. Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista – Campus Jaboticabal. Jaboticabal – SP. 2021.
- PDBS, Ports Developed by Shiphandlers. **Estudo De Impacto Ambiental – EIA Terminal Portuário De Turismo BC Port, Município De Balneário Camboriú, Santa Catarina**. Balneário Camboriú – Santa Catarina. 2016. Disponível em: < <https://ima.sc.gov.br/index.php/licenciamento/consultas/consulta-eia-rima> >. Acesso em 17 de setembro de 2022.
- PEREIRA, F. V.; FOLETTO, F.; MOREIRA, T. M.; GOMES, J. M. L.; BERNINI, E. **Estrutura Da Vegetação Em Duas Áreas Com Diferentes Históricos De Antropização No Manguezal De Anchieta, ES**. Boletim do Laboratório de Hidrobiologia, São Luís, v. 22, n. 1, 2014
- PINHEIRO, M. A. A. et al. **Accumulation of six metals in the mangrove crab *Ucides cordatus* (Crustacea: Ucididae) and its food source, the red mangrove *Rhizophora mangle* (Angiosperma: Rhizophoraceae)**. Ecotoxicology and Environmental Safety, v. 81, p. 114-121, 2012.
- PIVELI, R. P.; KATO, M. T.; **Qualidade das águas e poluição: Aspectos Físico-Químicos**, 1ª ed., ABES-Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, São Paulo, 2006, cap. 6 e 7.P
- PRADA-GAMERO, R. M.; VIDAL-TORRADO, P.; FERREIRA, T. O. **Mineralogia e físico-química dos solos de mangue do rio Iriri no canal de Bertioga (Santos, SP)**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 28, p. 233-243, 2004.
- PRATES, A. P. L., GONÇALVES, M. A., ROSA, M. R. **Panorama da conservação dos ecossistemas costeiros e marinhos no Brasil**. Brasília: MMA/SBF/GBARS, 2010. 148 p.

PRISTA, G. **Águas marinhas e estuarinas: métodos de amostragem e armazenamento para nutrientes**. Grupo de Investigação em Recursos Marinhos (GIRM). Peniche (Portugal), v.4, p. 69-75, 2012.

QGIS Development Team, 2022. **QGIS Geographic Information System**. Open Source Geospatial Foundation Project. Disponível em: <https://qgis.org/pt_BR/site/index.html>. Acesso: outubro de 2022.

RHOADES, J. D. **Salinity: Electrical conductivity and total dissolved solids. Methods of soil analysis**: Part 3 Chemical methods, v. 5, p. 417-435, 1996.

RIZZINI, C. M.; GARAY, I. **A esclerofilia foliar como indicador funcional do status da biodiversidade em Floresta Atlântica de Tabuleiros**. A Floresta Atlântica de Tabuleiros: diversidade funcional da cobertura arbórea. 2ª ed. Vozes, Petrópolis, p. 35-50, 2004.

ROCHA, L. R.; AMORIM, K. R. K. G.; MOCHEL, F. R. **Análise De Herbivoria Foliar Em Dois Manguezais Localizados Ao Noroeste Da Ilha De São Luís (Maranhão – Brasil)**. Terra – Mudanças Climáticas e Biodiversidade. Barlavento. Ituiutaba – MG. 2019. 2056 p.

ROCHA, V. C. **Análise espaço-temporal da cobertura vegetal no Parque Estadual Restinga de Bertioga por Índices de Vegetação**. Dissertação (mestrado). Universidade Santa Cecília. Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade de Ecossistemas Marinhos e Costeiros. Santos - SP. 2019. 73 p.

RODRIGUES, F. O.; DE MOURA, D. O.; LAMPARELLI, C. C. **Efeitos do óleo nas folhas de mangue**. Revista Ambiente, v. 3, n. 1, p. 36-45, 1989.

RODRIGUES, S. O. et al. **THE MANGROVES OF BAIXADA SANTISTA: A PROPOSAL FOR CLASSIFICATION**. Oecologia Australis, v. 1, n. 1, p. 421-437, 1996.

ROMAÑACH, Stephanie S. et al. **Conservation and restoration of mangroves: Global status, perspectives, and prognosis**. Ocean & Coastal Management, v. 154, p. 72-82, 2018.

ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W.; HARLAN, J. C. **Monitoring the vernal advancement and retrogradation (green wave effect) of natural vegetation**. NASA/GSFC Type III Final Report, Greenbelt, Md, 371, 1974.

ROVERSI, F.; ROSMAN, P. C. C.; HARARI, J. **Análise das trajetórias das águas continentais afluentes ao sistema estuarino de Santos**. RBRH, v. 21, p. 242-250, 2016.

ROYSTON, P. **Shapiro-wilk and shapiro-francia tests**. Stata Technical Bulletin, v. 1, n. 3, 1992.

RUTHES, A. M.; DA SILVA, M. M.; DE MELO JÚNIOR, J. C. F.. **Leaf changes in *Avicennia schaueriana* following a massive herbivory event by *Hyblaea puera* (Lepidoptera) in South Brazil**. Brazilian Journal of Development, v. 7, n. 5, p. 47275-47286, 2021.

SABESP. Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. **Estudo de Impacto Ambiental – Obras de Aproveitamento da Bacia do Rio Itapanhaú**. São Paulo – SP. 2015. Disponível em <<https://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaold=613>>. Acesso em 17 de setembro de 2022.

SAKAZAKI, N. C. **Estudo da variabilidade sazonal das concentrações de elementos traço (As, Cd, Co, Cr, Pb e Zn) nos sedimentos considerando as condições biogeoquímicas adjacente em dois canais estuarinos do Estado de São Paulo sob diferentes graus de influência antrópica**. 2020. 131 p. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Instituto Oceanográfico. São Paulo – SP. 2020.

SANTOS JÚNIOR, W. S. de. **Estudos geoquímicos em sedimentos de manguezal, como indicadores de impactos ambientais na região petrolífera de São Francisco do Conde – BA**. 2005. Universidade federal da Bahia. Instituto de Geociências. Salvador – BA.

SANTOS, L. C. M.; CUNHA-LIGNON, M.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y. **Áreas de manguezal em um trecho do Canal da Bertioga (Baixada Santista, Brasil): alterações espaço-temporais pela introdução de estruturas náuticas**. In: Anais do XII Congresso Latinoamericano de Ciências do Mar. 2007.

SÃO PAULO.(Estado). **Decreto Estadual nº 10.755, de 22 de novembro de 1977**. Dispõe sobre o enquadramento dos corpos de água receptores na classificação prevista no Decreto nº 8.468, de 8 de setembro de 1976 e dá providências correlatas. São Paulo, 1977. Disponível em <<https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/1977/decreto-10755-22.11.1977.html>> Acesso em: 13 de outubro de 2023.

SÃO PAULO (Estado). **Decreto Estadual nº. 56.500, de 09 de dezembro de 2010**. Cria o Parque Estadual Restinga de Bertioga e dá providências correlatas. Diário Oficial do Estado de São Paulo. São Paulo, 2010. Disponível em: <<http://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/2010/decreto-56500-09.12.2010.html>>. Acesso em: 12 de maio de 2021.

SÃO PAULO, Estado (2008a) **Decreto Estadual nº 53.526, de 08 de outubro de 2008**. Cria a Área de Proteção Ambiental Marinha do Litoral Centro, e dá providências correlatas. Disponível em: <<https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/2008/decreto-53526-08.10.2008.html>>. Acesso em: abril de 2021

SÃO PAULO (Estado). **Decreto Estadual nº. 58.996, de 25 de março de 2013**. Dispõe sobre o Zoneamento Ecológico-Econômico do Setor da Baixada

Santista e dá providências correlatas. Diário Oficial do Estado de São Paulo. São Paulo, 2013. Disponível em: <
<https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/2013/decreto-58996-25.03.2013.html>>. Acesso em: 13 de outubro de 2023.

SANTOS, P. C. **Avaliação anátomo-morfológica das folhas de *avicennia schaueriana* stapf & leechman, como bioindicadora de impacto ambiental no manguezal de subaúma, entre Rios-BA**. SEMOC-Semana de Mobilização Científica-Reforma Universitária Que Universidade o Brasil Quer?, 2004.

SARI, N. et al. **The structure of mangrove communities in response to water quality in Jakarta Bay, Indonesia**. Biodiversitas Journal of Biological Diversity, v. 20, n. 7, 2019.

SARI, A. et al. **Water quality study and pollution index based on Physics-chemical parameters in the Youtefa Bay tourism area, Jayapura**. In: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, 2020. p. 012030.

SATHEESHKUMAR, P.; KHAN, A. B. **Identification of mangrove water quality by multivariate statistical analysis methods in Pondicherry coast, India**. Environmental monitoring and assessment, v. 184, n. 6, p. 3761-3774, 2012.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; CINTRON, G. **Status of mangrove research in Latin America and the Caribbean**. Boletim do Instituto Oceanográfico, v. 38, p. 93-97, 1990.

SCHAEFFER-NOVELLI, Yara. **Manguezal ecossistema entre a terra e o mar**. São Paulo: Caribbean Ecological Research. 1995.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. et al. **Brazilian mangroves**. Aquatic Ecosystem Health & Management, v. 3, n. 4, p. 561-570, 2000.

SCHAFFELKE, B.; MELLORS, J.; DUKE, N. C. **Water quality in the Great Barrier Reef region: responses of mangrove, seagrass and macroalgal communities**. Marine pollution bulletin, v. 51, n. 1-4, p. 279-296, 2005.

SCHMIEGELOW, J. M. M. **Manguezais do Sistema Estuarino de Santos (SP): estrutura e produção de serapilheira**. 2009. 161 fl. Tese (Doutorado em Ciências na área de oceanografia biológica) - Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo. São Paulo. 161p. 2009.

SERENESKI-DE LIMA, C. et al. **Sclerophylly in mangrove tree species from South Brazil**. Revista mexicana de biodiversidad, v. 84, n. 4, p. 1159-1166, 2013.

SETZER, J. **Atlas Climático e Ecológico do Estado de São Paulo**. Comissão Interestadual da Bacia Paraná-Uruguai, 1966. 61p.

SILVA, R. J. R.; MAIA, R. C. **Herbivoria foliar em um bosque de mangue no Ceará, Brasil**. *Ciência Florestal*, v. 32, n. 1, p. 122-140, 2022.

SILVESTRINI, T. A. M. et al. **Dinâmica dos parâmetros oceanográficos em um estuário impactado por atividades de mineração de carvão**. *Pesquisas em Geociências*, v. 47, n. 3, 2020.

SIMÕES, C. M. O. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. UFRGS; Florianópolis: UFSC, 2010.

SOLANO-ALVAREZ, N. et al. **Comparative Analysis of the NDVI and NGBVI as Indicators of the Protective Effect of Beneficial Bacteria in Conditions of Biotic Stress**. *Plants*, v. 11, n. 7, p. 932, 2022.

SOUSA, J. A., CUNHA, K. N., & PIMENTEL NUNES, Z. M. **Influence of Seasonal Factors on the Quality of the Water of a Tidal Creek on the Amazon Coast of Brazil**. *Journal of Coastal Research*, 65, 129–134. 2013. doi:10.2112/si65-023.1

SOUZA, Y. G. de. **O manguezal como indicador natural de mudanças de paisagens entre terra-mar: um estudo no complexo estuarino do Rio Piranhas-Açu (RN/Brasil)**. 2022. 138 p. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes. Natal – RN. 2022.

SUN, H. et al. **Spatial variation of soil properties impacted by aquaculture effluent in a small-scale mangrove**. *Marine Pollution Bulletin*, v. 160, p. 111511, 2020.

SUTTI, B. O. et al. **Caracterização da qualidade das águas superficiais do rio Crumaú, principal área de drenagem da ilha de Santo Amaro para o canal de Bertioga, litoral central de São Paulo**. *Unisantia BioScience*, v. 1, n. 2, p. 65-70, 2012.

SUTTI, B. O. et al. **Nitrogênio e matéria orgânica em dois rios com diferentes graus de impactos no sistema estuarino de Santos (São Paulo, Brasil)**. *Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology*, v. 20, n. 1, p. 93-104, 2016.

SUTTI, B. O. et al. **Avaliação de Escherichia coli como sinalizadora de esgoto sanitário em sistemas estuarinos: estudo de caso em dois rios tributários do canal de Bertioga**. *BioScience*, 2015.

SUTTI, B. O. **Estudo biogeoquímico dos nutrientes principais (N, P e Si) e sua relação com o carbono em dois estuários do Estado de São Paulo com distintos níveis de intervenção antrópica**. 2022. 300 p. Tese (Doutorado em Oceanografia Química) – Universidade de São Paulo. Instituto Oceanográfico. São Paulo – SP. 2022. doi:10.11606/T.21.2022.tde-30012023-145302. Acesso em: 2023-05-10.

TAM N.F. Y. e Wong, Y. S. **Retention of Wastewater-Borne Nitrogen and Phosphorus in Mangrove Soils**, Environmental Technology, v. 17, n. 8, p. 851-859, 1996.

TISCHER, J. C. **Ciclagem de nitrogênio no solo de manguezal em diferentes estágios de regeneração em Fortaleza (CE)**. 2018. 50p. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. Centro de Energia Nuclear na Agricultura. Piracicaba – SP. 2018.

TOGNI, G. L. **Atividades Pesqueiras no Complexo Estuarino de Santos e São Vicente, São Paulo–Brasil**. 2013. 72 p. Dissertação de Mestrado. Instituto De Pesca. Programa De Pós-Graduação em Aquicultura e Pesca. São Paulo – SP. 2013.

TRIQUES, M. C.; CUNHA-SANTINO, M. B. **Análise do efeito de surfactantes e quelantes sobre a produção de oxigênio por Egeria densa**. ANAIS DA IV JORNADA DE GESTÃO E ANÁLISE AMBIENTAL, p. 77. 2016.

TURRA, A.; DENADAI, M. R.. **Protocolos para o monitoramento de habitats bentônicos costeiros**. 2015.

UNFCCC, United Nations Framework Convention on Climate Change. **The Paris Agreement**. UNFCCC, New York. 2015.

VALADARES, R. G. **Dinâmica Da Produção, Estoque E Decomposição Da Serapilheira em um Bosque de Mangue em São Sebastião - SP**. 2015. 83 p. Dissertação (mestrado). Universidade Santa Cecília. Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade de Ecossistemas Marinhos e Costeiros. Santos - SP. 2015.

VALDERRAMA-LANDEROS, L. et al. **An assessment of commonly employed satellite-based remote sensors for mapping mangrove species in Mexico using an NDVI-based classification scheme**. Environmental monitoring and assessment, v. 190, n. 1, p. 1-13, 2018.

VIRGENS, I. O. **Análise morfológica e biométrica de folhas de laguncularia racemosa (L.) gaertn (combretaceae) como bioindicadores da qualidade ambiental de manguezais**. SEMOC-Semana de Mobilização Científica-Reforma Universitária Que Universidade o Brasil Quer?, 2004.

ZAR, J. H. **Biostatistical analysis**. Pearson Education India, 1999.

ZHANG M.; ZOU J.; MAO Y. **Contribution of culturing scallop to carbon cycle in Sanggou Bay**. Fishery Modernization, v.38, n.4, p.13–16, 2011.

APÊNDICE A – RESULTADOS MÉDIOS E RESPECTIVOS DEVIOS PADRÕES OBTIDOS PARA A ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DE ÁGUA NOS TRÊS MOMENTOS DE AMOSTRAGEM (BAIXAMAR, ENCHENTE E PREAMAR) EM CADA UMA DAS TRÊS TRANSECÇÕES EM PERÍODOS SECO (AGOSTO/2022) E CHUVOSO (FEVEREIRO/2022) NO RIO ITAPANHAÚ.

Transecção	Maré	Campanha	Temperatura (°C)	pH	Condutividade (mS/cm)	Salinidade (ppt)	Sólidos Totais Dissolvidos (g/L)	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	Potencial de Oxirredução (mV)	Turbidez (NTU)
T05	Baixamar	Chuvoso	26,18±0,08	7,25±0,09	34,13±0,61	21,4±0,42	20,80±0,36	5,08±0,20	133,00±4,36	6,80±1,64
T02			25,61±0,04	6,78±0,16	26,83±0,91	16,43±0,62	16,63±0,55	5,07±0,45	108,00±9,54	5,43±0,50
T01			25,13±0,04	6,42±0,25	20,63±0,31	12,31±0,17	12,77±0,15	6,98±1,18	129,33±7,51	1,37±1,36
T05	27,42±0,09		7,56±0,14	40,70±0,50	26,03±0,36	24,80±0,30	5,52±0,06	112,00±1,73	65,10±15,35	
T02	25,90±0,01		7,08±0,01	28,77±0,29	17,74±0,19	17,80±0,17	5,80±0,26	118,67±14,15	5,27±0,58	
T01	25,73±0,20		7,15±0,16	22,07±0,21	13,25±0,12	13,67±0,12	5,73±0,22	99,67±0,58	1,10±0,10	
T05	Preamar		28,00±0,01	7,85±0,08	45,17±0,67	29,24±0,47	27,57±0,40	5,99±0,04	106,33±1,53	8,13±1,07
T02			26,24±0,05	7,31±0,02	32,50±0,44	20,28±0,29	19,80±0,26	5,29±0,39	123,67±4,73	5,70±0,36
T01			26,06±0,04	7,45±0,18	27,13±0,06	16,63±0,04	16,8±0,00	5,20±0,22	100,67±4,93	2,90±0,53
Controle			23,36*	7,72*	1,82*	0,92	1,16*	8,16*	156,00*	2,40*
T05	Baixamar	Seco	21,46±0,03	7,12±0,06	30,93±0,15	19,17±0,11	18,87±0,12	5,61±0,29	201,67±4,04	8,83±1,38
T02			20,84±0,02	6,96±0,04	19,70±0,00	11,68±0,01	12,2±0,00	5,20±0,29	197,00±6,56	4,77±0,55
T01			20,38±0,01	6,71±0,02	15,13±0,06	8,80±0,02	9,39±0,03	5,23±0,03	164,33±6,81	6,47±2,49
T05	22,06±0,01		7,18±0,06	31,67±0,06	19,69±0,02	19,3±0,00	5,72±0,14	190,67±3,06	4,33±0,15	
T02	21,46±0,03		7,08±0,06	20,40±0,10	12,17±0,07	12,67±0,06	5,60±0,26	209,33±19,22	5,10±0,40	
T01	20,80±0,06		6,95±0,06	16,80±0,10	9,85±0,07	10,4±0,10	5,61±0,24	162,33±12,5	5,23±0,21	
T05	Preamar		22,01±0,03	8,02±0,09	47,80±0,52	31,07±0,34	29,13±0,29	7,34±0,20	266,33±9,45	14,97±0,93
T02			22,36±0,01	7,66±0,03	36,37±0,06	22,95±0,03	22,20±0,00	5,78±0,22	284,67±7,09	15,87±2,21
T01			21,92±0,01	7,35±0,04	29,77±0,06	18,39±0,05	18,47±0,06	5,57±0,36	263,33±7,02	6,90±1,71
Controle			20,98±0,01	7,01±0,07	16,4±0,00	9,59±0,02	10,17±0,06	5,24±0,22	211,00±3,00	4,63±0,23

Transecção	Maré	Campanha	Nitrato (mg/L)	Nitrito (mg/L)	Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	Fosfato (mg/L)	Surfactantes (mg/L)
T05	Baixamar	Chuvoso	0,15±0,11	0,02±0,01	0,06±0,02	0,10±0,04	2,19±0,34
T02			0,29±0,11	0,02±0,01	0,04±0,02	0,43±0,40	2,27±0,91
T01			0,49±0,05	0,02±0,00	0,06±0,02	0,40±0,09	1,89±0,07
T05	0,46±0,58		0,01±0,00	0,08±0,04	0,16±0,08	2,71±0,47	
T02	0,16±0,05		0,02±0,01	0,40±0,51	0,27±0,15	1,87±0,32	
T01	0,12±0,01		0,02±0,00	0,09±0,00	0,81±0,35	2,02±0,32	
T05	Preamar		0,10±0,06	0,02±0,01	0,03±0,01	0,30±0,19	2,62±0,29
T02			0,06±0,11	0,03±0,01	0,03±0,03	0,18±0,06	3,09±1,17
T01			0,21±0,09	0,02±0,00	0,04±0,03	0,30±0,13	2,25±0,49
Controle			0,16±0,02	0,01±0,00	0,01±0,00	0,50±0,14	0,95±0,34
T05	Baixamar	Seco	0,07±0,04	0,02±0,01	0,02±0,01	0,09±0,03	3,11±0,14
T02			0,23±0,05	0,02±0,00	0,01±0,00	0,40±0,24	1,37±1,20
T01			0,13±0,04	0,02±0,00	0,03±0,01	0,16±0,03	1,65±0,15
T05	0,03±0,03		0,02±0,00	0,04±0,02	0,30±0,08	2,85±0,09	
T02	0,18±0,04		0,02±0,00	0,16±0,07	0,21±0,13	3,72±2,02	
T01	0,18±0,11		0,01±0,01	0,09±0,04	0,19±0,05	4,80±0,88	
T05	Preamar		0,01±0,00	0,01±0,00	0,03±0,01	0,42±0,25	3,76±0,20
T02			0,12±0,01	0,02±0,00	0,06±0,04	0,55±0,33	3,36±0,42
T01			0,10±0,03	0,02±0,01	0,09±0,01	0,41±0,26	5,42±3,51
Controle			0,29±0,09	0,02±0,00	0,06±0,01	0,12±0,08	4,58±4,15

APÊNDICE B – RESULTADOS MÉDIOS E DEVIOS PADRÕES DAS VARIÁVEIS BIOMÉTRICAS (ÁREA FOLIAR, TEOR DE UMIDADE, ESCLEROFILIA) E OCORRÊNCIA DAS VARIÁVEIS MORFOLÓGICAS (CLOROSE, HERBIVORIA, ANOMALIAS E NECROSE) OBTIDOS PARA *R. MANGLE*, *L. RACEMOSA* E *A. SCHAUERIANA* EM CADA UMA DAS CINCO TRANSECÇÕES EM PERÍODOS SECO (AGOSTO/2022) E CHUVOSO (FEVEREIRO/2022) NA MARGEM ESQUERDA DO RIO ITAPANHAÚ.

Rhizophora mangle								
Transecção	Período	Área Foliar (cm²)	Teor de Umidade (%)	Esclerofilia Foliar	Clorose (%)	Herbivoria (%)	Anomalias (%)	Necrose (%)
T01	Chuvoso	31,52±13,57	58,78±19,96	0,77±0,07	70	30	0	40
T02		42,19±13,02	60,81±15,21	0,70±0,09	25	15	10	30
T03		34,41±7,60	64,70±2,42	0,77±0,08	45	45	25	55
T04		40,47±9,88	68,31±2,14	0,60±0,04	35	35	0	20
T05		38,52±8,42	65,81±1,95	0,83±0,09	40	25	15	5
T01	Seco	46,33±11,57	66,71±1,30	0,54±0,07	90	70	50	90
T02		35,29±14,83	67,07±7,08	0,95±0,80	80	55	70	95
T03		39,77±15,36	69,67±2,14	0,59±0,06	65	10	45	70
T04		49,32±10,77	69,85±4,81	0,61±0,05	25	25	40	60
T05		37,79±14,50	68,19±1,65	0,65±0,07	50	25	45	70
Laguncularia recemosa								
Transecção	Período	Área Foliar (cm²)	Teor de Umidade (%)	Esclerofilia Foliar	Clorose (%)	Herbivoria (%)	Anomalias (%)	Necrose (%)
T01	Chuvoso	19,65±7,67	72,77±7,49	1,01±0,36	80	15	5	50
T02		29,39±3,78	66,74±14,61	0,77±0,09	10	40	0	65
T03		27,40±6,13	65,77±11,91	0,77±0,19	0	25	10	50

continua

continuação

Laguncularia recemosa								
Transecção	Período	Área Foliar (cm²)	Teor de Umidade (%)	Esclerofilia Foliar	Clorose (%)	Herbivoria (%)	Anomalias (%)	Necrose (%)
T04	Seco	26,58±9,71	68,4±10,12	0,70±0,10	5	35	0	55
T05		25,19±11,15	69,52±2,60	0,78±0,08	10	35	10	85
T01		20,11±9,52	70,04±3,84	0,80±0,14	90	45	100	100
T02		27,13±8,58	70,49±8,94	0,96±0,36	15	70	60	90
T03		18,72±4,63	64,28±16,08	0,89±0,24	30	60	40	95
T04		25,14±6,98	71,12±2,82	0,74±0,11	0	55	35	100
T05		35,09±12,27	73,54±2,03	0,73±0,08	30	50	20	95
Avicennia schaueriana								
Transecção	Período	Área Foliar (cm²)	Teor de Umidade (%)	Esclerofilia Foliar	Clorose (%)	Herbivoria (%)	Anomalias (%)	Necrose (%)
T01	Chuvoso	22,00±5,17	73,07±12,81	0,78±0,13	35	20	20	15
T02		19,69±6,60	69,91±8,09	0,81±0,06	25	10	0	10
T03		35,36±11,18	72,80±4,02	0,56±0,18	5	25	30	50
T04		26,62±6,38	69,86±3,83	0,54±0,05	55	25	0	25
T05		20,74±4,71	68,72±3,22	0,87±0,16	30	35	35	10
T01	Seco	22,96±6,27	70,08±3,51	0,64±0,11	65	50	70	95
T02		24,46±7,08	72,74±4,28	0,56±0,12	30	35	35	60
T03		23,71±12,21	75,25±7,09	0,41±0,12	5	20	50	35
T04		17,98±4,81	74,19±3,47	0,50±0,12	0	10	65	55
T05		29,16±11,34	71,73±2,63	0,61±0,08	5	15	50	65

APENDICE C – MATRIZ DAS CORRELAÇÕES DE SPEARMAN REALIZADA ENTRE AS VARIÁVEIS DE FOLHAS DE CADA UMA DAS TRÊS ESPÉCIES E AS DEMAIS VARIÁVEIS AMBIENTAIS.

Figura 82: Matriz da Correlação de Spearman entre as variáveis foliares de *R. mangle* e as demais variáveis ambientais. Legenda: em vermelho estão destacadas as correlações estatisticamente significativas ($p \leq 0,05$). Na diagonal inferior estão os valores de R das correlações, onde em vermelho são as correlações negativas fortes ($r > -0,5$), em azul as positivas fortes ($r > 0,5$) e em negrito as correlações fortes significativas. **Legenda:** ÁREA – Área Foliar, UMI – Teor de Umidade das Folhas; CLO – Ocorrência de Cloroses; HERB – Ocorrência de Herbivoria; ANOM – Ocorrência de Anomalias; NEC – Ocorrência de Necroses; ESCLE – Índice de Esclerofilia; TEMP – Temperatura da água; pH – pH da água; COND – Condutividade da água; SAL – Salinidade da água; TDS – Total de Sólidos Dissolvidos; OD – Oxigênio Dissolvido; ORP – Potencial de Oxirredução; TURB – Turbidez; NO₃ – Nitrato; NO₂ – Nitrito; NH₃ – Nitrogênio Amônia; PO₄ – Fosfato; LAS – Agentes Surfactantes; FINOS – Porção de Finos (Silte e Argila) do Sedimento; A.FINA – Areia Fina; A.Média – Areia Média; MO – Teor de Matéria Orgânica do Sedimento; NDVI – Índice de Vegetação por Diferença Normalizada.

	ÁREA	UMI	CLO	HERB	ANOM	NEC	ESCLE	TEMP	pH	COND	SAL	TDS	OD	ORP	TURB	NO3	NO2	NH3	PO4	LAS	FINOS	A.FINA	A.MÉDIA	MO	NDVI
ÁREA		0.50	-0.41	-0.20	0.12	0.01	-0.68	-0.24	0.02	0.20	0.20	0.20	-0.38	0.18	0.22	-0.56	0.35	-0.07	-0.56	0.54	0.31	0.47	-0.47	-0.61	-0.67
UMI	0.14		-0.15	-0.19	0.40	0.33	-0.65	-0.54	0.54	0.39	0.39	0.39	0.26	0.76	0.68	-0.68	-0.10	-0.48	-0.27	0.75	0.67	0.75	-0.75	-0.08	-0.64
CLO	0.24	0.68		0.54	0.56	0.68	-0.12	-0.55	-0.34	-0.61	-0.61	-0.61	0.12	0.25	-0.26	0.07	-0.01	-0.08	0.22	0.24	0.21	0.16	-0.16	0.41	-0.10
HERB	0.58	0.60	0.11		0.25	0.33	-0.01	-0.46	-0.47	-0.73	-0.73	-0.73	-0.31	0.14	-0.36	0.31	0.30	0.33	0.07	0.19	0.03	0.24	-0.24	-0.12	0.12
ANOM	0.75	0.25	0.09	0.48		0.91	-0.38	-0.81	0.17	-0.09	-0.09	-0.09	0.07	0.81	0.32	-0.59	0.17	-0.27	-0.08	0.74	0.79	0.77	-0.77	0.18	-0.57
NEC	0.99	0.35	0.03	0.35	0.00		-0.45	-0.89	-0.10	-0.36	-0.36	-0.36	0.15	0.76	0.01	-0.57	0.16	-0.18	0.21	0.69	0.66	0.75	-0.75	0.12	-0.65
ESCLE	0.04	0.05	0.75	0.99	0.28	0.19		0.65	0.18	0.14	0.14	0.14	0.22	-0.45	-0.03	0.70	-0.28	0.05	0.28	-0.76	-0.41	-0.61	0.61	0.31	0.80
TEMP	0.51	0.11	0.10	0.18	0.00	0.00	0.05		0.07	0.32	0.32	0.32	-0.08	-0.83	-0.08	0.64	-0.15	0.24	0.07	-0.87	-0.76	-0.88	0.88	0.14	0.73
pH	0.97	0.11	0.34	0.17	0.64	0.78	0.63	0.87		0.89	0.89	0.89	0.54	0.44	0.93	-0.30	-0.50	-0.67	-0.37	0.19	0.53	0.20	-0.20	0.27	0.01
COND	0.58	0.26	0.06	0.02	0.82	0.31	0.71	0.37	0.00		1.00	1.00	0.39	0.15	0.78	-0.33	-0.47	-0.56	-0.48	0.04	0.31	-0.02	0.02	0.13	0.01
SAL	0.58	0.26	0.06	0.02	0.82	0.31	0.71	0.37	0.00	0.00		1.00	0.39	0.15	0.78	-0.33	-0.47	-0.56	-0.48	0.04	0.31	-0.02	0.02	0.13	0.01
TDS	0.58	0.26	0.06	0.02	0.82	0.31	0.71	0.37	0.00	0.00	0.00		0.39	0.15	0.78	-0.33	-0.47	-0.56	-0.48	0.04	0.31	-0.02	0.02	0.13	0.01
OD	0.28	0.47	0.74	0.38	0.84	0.69	0.54	0.84	0.11	0.26	0.26	0.26		0.27	0.41	-0.19	-0.89	-0.83	0.14	0.10	0.30	0.07	-0.07	0.47	-0.09
ORP	0.63	0.02	0.49	0.70	0.00	0.01	0.19	0.01	0.20	0.68	0.68	0.68	0.45		0.52	-0.71	0.02	-0.41	-0.09	0.79	0.92	0.90	-0.90	-0.02	-0.61
TURB	0.54	0.04	0.48	0.30	0.37	0.97	0.95	0.84	0.00	0.01	0.01	0.01	0.25	0.13		-0.35	-0.37	-0.66	-0.44	0.39	0.58	0.37	-0.37	0.28	-0.15
NO3	0.10	0.04	0.84	0.38	0.08	0.09	0.03	0.05	0.41	0.35	0.35	0.35	0.61	0.03	0.33		0.02	0.43	0.30	-0.79	-0.76	-0.75	0.75	0.22	0.88
NO2	0.33	0.79	0.39	0.40	0.64	0.65	0.43	0.68	0.14	0.18	0.18	0.18	0.00	0.97	0.30	0.97		0.81	0.14	0.01	-0.08	0.20	-0.20	-0.50	-0.12
NH3	0.87	0.17	0.83	0.36	0.44	0.61	0.89	0.51	0.04	0.10	0.10	0.10	0.01	0.25	0.04	0.22	0.01		0.37	-0.44	-0.58	-0.28	0.28	-0.31	0.34
PO4	0.10	0.45	0.54	0.85	0.83	0.56	0.43	0.87	0.30	0.17	0.17	0.17	0.71	0.81	0.20	0.41	0.71	0.30		-0.41	-0.37	-0.13	0.13	0.21	0.15
LAS	0.11	0.02	0.50	0.60	0.01	0.03	0.02	0.00	0.61	0.92	0.92	0.92	0.79	0.01	0.26	0.01	1.00	0.20	0.25		0.79	0.89	-0.89	-0.10	-0.82
FINOS	0.39	0.04	0.57	0.93	0.01	0.04	0.25	0.02	0.12	0.39	0.39	0.39	0.41	0.00	0.09	0.02	0.84	0.09	0.30	0.01		0.83	-0.83	-0.12	-0.64
A.FINA	0.18	0.02	0.66	0.51	0.01	0.01	0.07	0.00	0.58	0.97	0.97	0.97	0.87	0.00	0.30	0.02	0.58	0.43	0.73	0.00	0.01		-1.00	-0.26	-0.80
A.MÉDIA	0.18	0.02	0.66	0.51	0.01	0.01	0.07	0.00	0.58	0.97	0.97	0.97	0.87	0.00	0.30	0.02	0.58	0.43	0.73	0.00	0.01	0.00		0.26	0.80
MO	0.07	0.84	0.24	0.75	0.61	0.75	0.39	0.71	0.45	0.73	0.73	0.73	0.18	0.97	0.43	0.54	0.14	0.39	0.56	0.79	0.76	0.47	0.47		0.32
NDVI	0.03	0.05	0.78	0.74	0.08	0.04	0.01	0.02	0.97	0.97	0.97	0.97	0.80	0.06	0.68	0.00	0.74	0.34	0.69	0.00	0.05	0.01	0.01	0.36	

Figura 83: Matriz da Correlação de Spearman entre as variáveis foliares de *L. racemosa* e as demais variáveis ambientais. Legenda: em vermelho estão destacadas as correlações estatisticamente significativas ($p \leq 0,05$). Na diagonal inferior estão os valores de R das correlações, onde em vermelho são as correlações negativas fortes ($r > -0,5$), em azul as positivas fortes ($r > 0,5$) e em negrito as correlações fortes significativas. **Legenda:** ÁREA – Área Foliar, UMI – Teor de Umidade das Folhas; CLO – Ocorrência de Cloroses; HERB – Ocorrência de Herbivoria; ANOM – Ocorrência de Anomalias; NEC – Ocorrência de Necroses; ESCLE – Índice de Esclerofilia; TEMP – Temperatura da água; pH – pH da água; COND – Condutividade da água; SAL – Salinidade da água; TDS – Total de Sólidos Dissolvidos; OD – Oxigênio Dissolvido; ORP – Potencial de Oxirredução; TURB – Turbidez; NO₃ – Nitrato; NO₂ – Nitrito; NH₃ – Nitrogênio Amoniacal; PO₄ – Fosfato; LAS – Agentes Surfactantes; FINOS – Porção de Finos (Silte e Argila) do Sedimento; A.FINA – Areia Fina; A.Média – Areia Média; MO – Teor de Matéria Orgânica do Sedimento; NDVI – Índice de Vegetação por Diferença Normalizada.

	ÁREA	UMI	CLO	HERB	ANOM	NEC	ESCLE	TEMP	pH	COND	SAL	TDS	OD	ORP	TURB	NO3	NO2	NH3	PO4	LAS	FINOS	A.FINA	A.MÉDIA	MO	NDVI
ÁREA		0,09	-0,38	-0,02	-0,32	-0,21	-0,50	0,05	0,18	0,25	0,25	0,25	-0,19	0,14	-0,07	-0,14	0,18	0,26	-0,12	-0,13	0,16	0,02	-0,02	-0,32	0,22
UMI	0,81		0,32	0,07	0,16	0,25	-0,02	-0,35	0,14	-0,01	-0,01	-0,01	0,60	0,27	0,01	-0,16	-0,50	-0,58	-0,07	0,20	0,43	0,25	-0,25	-0,21	-0,20
CLO	0,28	0,37		0,13	0,40	0,25	0,53	-0,35	-0,33	-0,39	-0,39	-0,39	0,18	0,02	-0,32	-0,09	-0,13	-0,23	-0,01	0,15	0,17	-0,04	0,04	0,18	-0,24
HERB	0,95	0,84	0,73		0,71	0,77	0,16	-0,67	0,38	0,19	0,19	0,19	0,12	0,86	0,49	-0,75	0,22	-0,32	-0,04	0,67	0,84	0,81	-0,81	-0,09	-0,73
ANOM	0,36	0,65	0,26	0,02		0,77	0,47	-0,80	0,10	-0,17	-0,17	-0,17	0,15	0,71	0,33	-0,49	0,05	-0,38	-0,09	0,77	0,70	0,74	-0,74	0,26	-0,61
NEC	0,55	0,49	0,48	0,01	0,01		-0,03	-0,69	0,31	0,23	0,23	0,23	0,15	0,69	0,50	-0,81	-0,02	-0,57	-0,48	0,88	0,83	0,79	-0,79	-0,15	-0,86
ESCLE	0,14	0,97	0,11	0,66	0,17	0,93		-0,10	-0,27	-0,49	-0,49	-0,49	0,07	-0,03	-0,18	0,35	0,13	0,07	0,52	-0,16	-0,08	-0,08	0,08	0,47	0,09
TEMP	0,89	0,33	0,32	0,03	0,01	0,03	0,79		0,07	0,32	0,32	0,32	-0,08	-0,83	-0,08	0,64	-0,15	0,24	0,07	-0,87	-0,76	-0,88	0,88	0,14	0,73
pH	0,63	0,71	0,35	0,28	0,78	0,39	0,45	0,87		0,89	0,89	0,89	0,54	0,44	0,93	-0,30	-0,50	-0,67	-0,37	0,19	0,53	0,20	-0,20	0,27	0,01
COND	0,49	1,00	0,27	0,59	0,64	0,52	0,15	0,37	<0,01		1,00	1,00	0,39	0,15	0,78	-0,33	-0,47	-0,56	-0,48	0,04	0,31	-0,02	0,02	0,13	0,01
SAL	0,49	1,00	0,27	0,59	0,64	0,52	0,15	0,37	<0,01	<0,01		1,00	0,39	0,15	0,78	-0,33	-0,47	-0,56	-0,48	0,04	0,31	-0,02	0,02	0,13	0,01
TDS	0,49	1,00	0,27	0,59	0,64	0,52	0,15	0,37	<0,01	<0,01	<0,01		0,39	0,15	0,78	-0,33	-0,47	-0,56	-0,48	0,04	0,31	-0,02	0,02	0,13	0,01
OD	0,61	0,07	0,62	0,74	0,67	0,67	0,87	0,84	0,11	0,26	0,26	0,26		0,27	0,41	-0,19	-0,89	-0,83	0,14	0,10	0,30	0,07	-0,07	0,47	-0,09
ORP	0,71	0,45	0,95	<0,01	0,02	0,03	0,95	0,01	0,20	0,68	0,68	0,68	0,45		0,52	-0,71	0,02	-0,41	-0,09	0,79	0,92	0,90	-0,90	-0,02	-0,61
TURB	0,87	1,00	0,36	0,15	0,35	0,15	0,63	0,84	<0,01	0,01	0,01	0,01	0,25	0,13		-0,35	-0,37	-0,66	-0,44	0,39	0,58	0,37	-0,37	0,28	-0,15
NO3	0,71	0,66	0,80	0,01	0,15	0,00	0,33	0,05	0,41	0,35	0,35	0,35	0,61	0,03	0,33		0,02	0,43	0,30	-0,79	-0,76	-0,75	0,75	0,22	0,88
NO2	0,63	0,14	0,71	0,53	0,88	0,96	0,73	0,68	0,14	0,18	0,18	0,18	0,00	0,97	0,30	0,97		0,81	0,14	0,01	-0,08	0,20	-0,20	-0,50	-0,12
NH3	0,47	0,09	0,52	0,37	0,27	0,08	0,87	0,51	0,04	0,10	0,10	0,10	0,01	0,25	0,04	0,22	0,01		0,37	-0,44	-0,58	-0,28	0,28	-0,31	0,34
PO4	0,76	0,87	0,99	0,92	0,82	0,16	0,13	0,87	0,30	0,17	0,17	0,17	0,71	0,81	0,20	0,41	0,71	0,30		-0,41	-0,37	-0,13	0,13	0,21	0,15
LAS	0,73	0,58	0,69	0,03	0,01	<0,01	0,66	<0,01	0,61	0,92	0,92	0,92	0,79	0,01	0,26	0,01	1,00	0,20	0,25		0,79	0,89	-0,89	-0,10	-0,82
FINOS	0,66	0,22	0,65	<0,01	0,02	<0,01	0,84	0,02	0,12	0,39	0,39	0,39	0,41	<0,01	0,09	0,02	0,84	0,09	0,30	0,01		0,83	-0,83	-0,12	-0,64
A.FINA	0,97	0,49	0,91	<0,01	0,01	0,01	0,84	<0,01	0,58	0,97	0,97	0,97	0,87	<0,01	0,30	0,02	0,58	0,43	0,73	<0,01	0,01		-1,00	-0,26	-0,80
A.MÉDIA	0,97	0,49	0,91	<0,01	0,01	0,01	0,84	<0,01	0,58	0,97	0,97	0,97	0,87	<0,01	0,30	0,02	0,58	0,43	0,73	<0,01	0,01	<0,01		0,26	0,80
MO	0,37	0,56	0,61	0,80	0,46	0,69	0,18	0,71	0,45	0,73	0,73	0,73	0,18	0,97	0,43	0,54	0,14	0,39	0,56	0,79	0,76	0,47	0,47		0,32
NDVI	0,53	0,58	0,51	0,02	0,06	<0,01	0,80	0,02	0,97	0,97	0,97	0,97	0,80	0,06	0,68	<0,01	0,74	0,34	0,69	<0,01	0,05	0,01	0,01	0,36	

Figura 84: Matriz da Correlação de Spearman entre as variáveis foliares de *A. schaueriana* e as demais variáveis ambientais. Legenda: em vermelho estão destacadas as correlações estatisticamente significativas ($p \leq 0,05$). Na diagonal inferior estão os valores de R das correlações, onde em vermelho são as correlações negativas fortes ($r > -0,5$), em azul as positivas fortes ($r > 0,5$) e em negrito as correlações fortes significativas. **Legenda:** ÁREA – Área Foliar, UMI – Teor de Umidade das Folhas; CLO – Ocorrência de Cloroses; HERB – Ocorrência de Herbivoria; ANOM – Ocorrência de Anomalias; NEC – Ocorrência de Necroses; ESCLE – Índice de Esclerofilia; TEMP – Temperatura da água; pH – pH da água; COND – Condutividade da água; SAL – Salinidade da água; TDS – Total de Sólidos Dissolvidos; OD – Oxigênio Dissolvido; ORP – Potencial de Oxirredução; TURB – Turbidez; NO₃ – Nitrato; NO₂ – Nitrito; NH₃ – Nitrogênio Amoniacal; PO₄ – Fosfato; LAS – Agentes Surfactantes; FINOS – Porção de Finos (Silte e Argila) do Sedimento; A.FINA – Areia Fina; A.Média – Areia Média; MO – Teor de Matéria Orgânica do Sedimento; NDVI – Índice de Vegetação por Diferença Normalizada.

	ÁREA	UMI	CLO	HERB	ANOM	NEC	ESCLE	TEMP	pH	COND	SAL	TDS	OD	ORP	TURB	NO3	NO2	NH3	PO4	LAS	FINOS	A.FINA	A.MÉDIA	MO	NDVI
ÁREA	1,00	0,01	0,03	0,32	-0,11	0,40	-0,28	-0,30	-0,01	-0,19	-0,19	-0,19	0,03	0,31	-0,09	0,02	-0,04	0,18	0,14	0,12	0,08	0,07	-0,07	0,36	0,24
UMI	0,33	1,00	-0,55	-0,37	0,35	0,29	-0,61	-0,28	-0,03	-0,14	-0,14	-0,14	0,52	0,28	0,04	-0,28	-0,25	-0,26	0,64	0,24	0,07	0,31	-0,31	0,42	-0,43
CLO	0,37	0,10	1,00	0,67	-0,25	-0,08	0,40	-0,03	-0,55	-0,60	-0,60	-0,60	-0,44	-0,33	-0,49	0,50	0,30	0,35	-0,15	-0,18	-0,25	-0,27	0,27	-0,26	0,27
HERB	0,76	0,29	0,67	1,00	0,15	0,23	0,17	-0,23	-0,17	-0,43	-0,43	-0,43	-0,34	0,06	0,00	0,42	0,24	0,18	-0,21	0,11	0,04	0,02	-0,02	0,25	0,30
ANOM	0,25	0,31	0,49	0,68	1,00	0,72	-0,28	-0,69	0,26	0,12	0,12	0,12	0,32	0,62	0,47	-0,64	-0,24	-0,66	-0,37	0,86	0,71	0,69	-0,69	0,21	-0,70
NEC	0,25	0,42	0,83	0,52	0,02	0,25	-0,40	-0,95	-0,04	-0,27	-0,27	-0,27	0,15	0,78	0,08	-0,60	0,01	-0,28	-0,11	0,85	0,71	0,81	-0,81	-0,01	-0,63
ESCLE	0,43	0,07	0,25	0,65	0,43	0,25	1,00	0,50	-0,20	-0,02	-0,02	-0,02	-0,19	-0,64	-0,35	0,47	-0,05	0,13	-0,26	-0,54	-0,35	-0,64	0,64	-0,08	0,51
TEMP	0,41	0,43	0,33	0,52	0,03	<0,01	0,14	1,00	0,07	0,32	0,32	0,32	-0,08	-0,83	-0,08	0,64	-0,15	0,24	0,07	-0,87	-0,76	-0,88	0,88	0,14	0,73
pH	1,00	0,95	0,10	0,64	0,46	0,32	0,58	0,87	1,00	0,89	0,89	0,89	0,54	0,44	0,93	-0,30	-0,50	-0,67	-0,37	0,19	0,53	0,20	-0,20	0,27	0,01
COND	0,61	0,71	0,06	0,22	0,75	0,44	0,97	0,37	<0,01	1,00	1,00	1,00	0,39	0,15	0,78	-0,33	-0,47	-0,56	-0,48	0,04	0,31	-0,02	0,02	0,13	0,01
SAL	0,61	0,71	0,06	0,22	0,75	0,44	0,97	0,37	<0,01	<0,01	1,00	1,00	0,39	0,15	0,78	-0,33	-0,47	-0,56	-0,48	0,04	0,31	-0,02	0,02	0,13	0,01
TDS	0,61	0,71	0,06	0,22	0,75	0,44	0,97	0,37	<0,01	<0,01	<0,01	1,00	0,39	0,15	0,78	-0,33	-0,47	-0,56	-0,48	0,04	0,31	-0,02	0,02	0,13	0,01
OD	0,95	0,13	0,20	0,33	0,36	0,69	0,61	0,84	0,11	0,26	0,26	0,26	1,00	0,27	0,41	-0,19	-0,89	-0,83	0,14	0,10	0,30	0,07	-0,07	0,47	-0,09
ORP	0,39	0,43	0,35	0,88	0,06	0,01	0,05	0,01	0,20	0,68	0,68	0,68	0,45	1,00	0,52	-0,71	0,02	-0,41	-0,09	0,79	0,92	0,90	-0,90	-0,02	-0,61
TURB	0,81	0,32	0,15	1,00	0,17	0,83	0,33	0,84	<0,01	0,01	0,01	0,01	0,25	0,13	1,00	-0,35	-0,37	-0,66	-0,44	0,39	0,58	0,37	-0,37	0,28	-0,15
NO3	0,97	0,43	0,14	0,22	0,05	0,07	0,18	0,05	0,41	0,35	0,35	0,35	0,61	0,03	0,33	1,00	0,02	0,43	0,30	-0,79	-0,76	-0,75	0,75	0,22	0,88
NO2	0,92	0,49	0,40	0,51	0,50	0,97	0,89	0,88	0,14	0,18	0,18	0,18	<0,01	0,97	0,30	0,97	1,00	0,81	0,14	0,01	-0,08	0,20	-0,20	-0,50	-0,12
NH3	0,63	0,47	0,32	0,62	0,04	0,43	0,73	0,51	0,04	0,10	0,10	0,10	0,01	0,25	0,04	0,22	0,01	1,00	0,37	-0,44	-0,58	-0,28	0,28	-0,31	0,34
PO4	0,71	0,05	0,67	0,55	0,29	0,76	0,47	0,87	0,30	0,17	0,17	0,17	0,71	0,81	0,20	0,41	0,71	0,30	1,00	-0,41	-0,37	-0,13	0,13	0,21	0,15
LAS	0,76	0,51	0,61	0,76	<0,01	<0,01	0,11	<0,01	0,61	0,92	0,92	0,92	0,79	0,01	0,26	0,01	1,00	0,20	0,25	1,00	0,79	0,89	-0,89	-0,10	-0,82
FINOS	0,84	0,87	0,48	0,91	0,02	0,02	0,33	0,02	0,12	0,39	0,39	0,39	0,41	<0,01	0,09	0,02	0,84	0,09	0,30	0,01	1,00	0,83	-0,83	-0,12	-0,64
A.FINA	0,87	0,39	0,45	0,96	0,03	<0,01	0,05	<0,01	0,58	0,97	0,97	0,97	0,87	<0,01	0,30	0,02	0,58	0,43	0,73	<0,01	0,01	1,00	-1,00	-0,26	-0,80
A.MÉDIA	0,87	0,39	0,45	0,96	0,03	<0,01	0,05	<0,01	0,58	0,97	0,97	0,97	0,87	<0,01	0,30	0,02	0,58	0,43	0,73	<0,01	0,01	<0,01	1,00	0,26	0,80
MO	0,31	0,23	0,47	0,49	0,55	0,97	0,84	0,71	0,45	0,73	0,73	0,73	0,18	0,97	0,43	0,54	0,14	0,39	0,56	0,79	0,76	0,47	0,47	1,00	0,32
NDVI	0,50	0,22	0,45	0,40	0,02	0,05	0,13	0,02	0,97	0,97	0,97	0,97	0,80	0,06	0,68	<0,01	0,74	0,34	0,69	<0,01	0,05	0,01	0,01	0,36	0,32

APENDICE D – PROPOSTA INICIAL DE MÉTODO PARA MONITORAMENTO AMBIENTAL DE MANGUEZAIS NA REGIÃO SUDESTE DO BRASIL.

Introdução

Estudos sobre manguezais, principalmente referentes aos impactos das atividades antrópicas sobre esses ecossistemas constituem importante frente de pesquisa, considerando não só sua importância ecológica e econômica (CHECON *et al.*, 2017), como também os altos índices de ocupação das zonas costeiras, especialmente no sudeste do Brasil, onde essa atividade compõe a maior fonte de impactos sobre esses ambientes (FERREIRA E LACERDA, 2016).

Ainda que sejam encontradas diversas metodologias de monitoramento bem estabelecidas para manguezais, são escassos estudos que relacionem as características bióticas e abióticas destes com o objetivo de qualificar e descreve-los, como medidas de monitoramento e conservação.

Objetivo

Orientar e determinar as atividades a serem realizadas para o estudo, levantamento e monitoramento de bosques de manguezal para fins de licenciamento e estudo ambiental.

Determinação do Esforço Amostral

É recomendado que o esforço amostral seja determinado considerando-se, além dos objetivos particulares do estudo, também:

1. Características do empreendimento (caso houver): extensão da área, determinação da área de influência (influência direta, indireta, ou indiretamente afeta), tipo de atividade, fundição da obra, entre outras.
2. Naturais do bosque: bosque de franja, ribeirão, com apicuns, estuário mais abrigado, tipo de vegetação associada além das angiospermas lenhosas, entre outras.
3. Ambiente associado: descarte de efluentes, tráfego de embarcações, uso e ocupação do solo na região.

É importante que o esforço amostral estabelecido seja capaz de abordar todas as características do bosque, com parcelas que abranjam, pelo menos, os extremos e uma região intermediária da área de estudo. Desta forma possibilita-se o acompanhamento mais detalhado das possíveis mudanças, assim como das variações naturais do local.

Periodicidade

A determinação da periodicidade do monitoramento deve ser determinada de acordo com os objetivos deste. Contudo é conveniente que sejam consideradas, pelo menos, uma campanha amostral em cada estação do ano (seco e chuvoso) e que seja realizado por, pelo menos, um ano.

É importante ressaltar que, quanto menor o intervalo entre as campanhas amostrais e mais longo o período de monitoramento mais efetivos e preciso serão os resultados obtidos com o estudo.

Levantamento de Linha de Base

Para que seja possível uma comparação e acompanhamento das variações ambientais no bosque estudado é importante que, previamente ao início do monitoramento (sempre que possível), seja realizado um levantamento de linha base. Esse levantamento será aplicado como a referência para o monitoramento, podendo ser positiva ou negativa, a depender do objetivo do estudo.

A linha de base também precisa compreender as metodologias determinadas para o posterior monitoramento, assim como sazonalidade de pelo menos 2 campanhas (seco/chuvoso).

É importante também que sejam determinadas áreas controle, similares ao bosque de estudo que estejam fora de qualquer influência de possível empreendimento e que sejam acompanhadas desde a linha de base até o final do monitoramento. Assim possibilitando uma comparação de variações ambientais “naturais x externas”.

Variáveis de Estudo

1. Bióticas

a. Fitossociologia

Para o estudo fitossociológico recomenda-se seguir o estabelecido por Citrón e Schaefer-Novelli (1986), parcelas de 100 m² (10x10 m) ou com, pelo menos 20 indivíduos adultos com DAP ≥ 2,5 cm ou PAP ≥ 7,8 cm.

Esses indivíduos devem ser identificados ao nível de espécie e terem perímetro a altura do peito (PAP) – convencionalmente estabelecido à uma altura de 1,30m a partir do solo-, as áreas basais (AB), e alturas aferidas. Os indivíduos mortos serão apenas contados em cada parcela, e não serão identificados.

Abaixo lista-se as equações para determinação dos parâmetros aplicados para os indivíduos vivos:

- Diâmetro a altura do peito:

$$DAP = \frac{PAP}{\pi}$$

- Área Basal:

$$AB = \frac{\pi \times DAP^2}{4000}$$

A partir da utilização dos dados biométricos obtidos são calculados os índices de desenvolvimento e ecológicos dos bosques:

Índices de Desenvolvimento:

Índice de Valor de Importância (IVI) (Curtis, 1959); que indica a importância de cada espécie em relação a sua densidade, área basal e frequência. Esse índice é obtido a partir da soma dos valores de densidade relativa (DR_i), dominância relativa (DoR) e Frequência Relativa (FR), sendo:

- *Densidade Relativa:*

$$DR_i = (n_i \times N) \times 100$$

n_i = número de indivíduos da espécie i

N = total de indivíduos amostrados

- *Dominância Relativa (DoRi)*:

$$DoRi = (AB_i \times \sum AB) \times 100$$

- *Frequência Relativa (FR)*:

$$FRi = (FA_i \times \sum FA) \times 100$$

- *Índice de Valor de Importância*:

$$IVI = FRi + DRI + DoRi$$

Índice de Complexidade (IC) (Holdridge, 1965); que quantifica a complexidade do bosque, a partir do produto da riqueza de espécies (S), densidade (DRI), área basal e altura média (Am), como segue:

$$IC = \left(\frac{S \times D \times AB \times Am}{1000} \right)$$

Índices Ecológicos:

Diversidade de Shannon-Wiener (H') (Magurran, 1988), a fim de identificar a heterogeneidade de cada transecção:

$$H' = - \sum \frac{n_i}{N} \times \left(\ln \frac{n_i}{N} \right)$$

b. Morfologia Foliar

Para o estudo das características foliares, recomenda-se a obtenção de, pelo menos, dados morfológicos: clorose, presença de herbivoria, galhas de inseto, necroses e demais anomalias; além de dados biométricos: comprimento e largura para determinação de área foliar.

Para uma avaliação efetiva, delimita-se o uso de pelo menos 20 folhas obtidas de indivíduos distintos de cada espécie em cada área amostral.

As amostras devem ser analisadas ainda frescas. Os dados morfológicos obtidos são analisados quantitativamente quanto à porcentagem de ocorrência em relação às folhas coletadas.

c. Bioquímica Foliar

Recomenda-se ainda que essas folhas utilizadas para a análise morfológica e biométrica sejam destinadas para análise bioquímica, pelo menos de compostos fenólicos e taninos, preferencialmente por cromatografia ou outro método compatível.

Para tal essas mesmas folhas devem ser lavadas com água destilada e secas em estufa por sete dias a 40°C e então podem ser direcionadas para o processamento das análises.

2. Abióticas

a. Qualidade da Água

Para o estudo de qualidade da água a primeira recomendação é que, independentemente da quantidade de campanhas amostrais e pontos de amostragem, as coletas sejam sempre realizadas em um mesmo período de maré (enchente ou vazante; sizígia ou quadratura), para que essa variação natural interfira o mínimo possível no monitoramento ambiental.

Recomenda-se a análise dos seguintes parâmetros *in situ*: salinidade, pH, temperatura, oxigênio dissolvido e potencial de oxirredução. Além de coleta de amostras de água para quantificação das concentrações de nitratos, nitritos e fosfatos. É importante que amostras sejam obtidas, pelo menos em triplicata, tanto para os dados *in situ* quanto os laboratoriais.

b. Água intersticial

Também é proposta a análise do pH e da salinidade da água intersticial das parcelas determinadas para o estudo da fitossociologia.

Para tal propõe-se a coleta de, pelo menos, três amostras aleatórias de aproximadamente 100 ml de sedimento para a obtenção de dados representativos da qualidade da água. A amostragem deve ocorrer a uma profundidade de 15 – 50 cm, utilizando um tubo de PVC de 5 cm de diâmetro

devidamente higienizado, seguindo o descrito por Snedaker & Snedaker (1984) e Bernini & Rezende (2004). Para um resultado mais preciso, é conveniente que essas amostras sejam centrifugadas previamente á leitura

c. Sedimentos

Para verificação da qualidade do sedimento são propostas análises da granulometria, do teor de matéria orgânica e da concentração de nutrientes biodisponíveis.

Recomenda-se a coleta de, pelo menos, três amostras de sedimento de aproximadamente 500 g entre 0 e 20 cm de profundidade, na região central das parcelas. A granulometria pode ser determinada a partir da norma ABNT NBR 7181:2016. O teor de matéria orgânica pode ser determinado a partir do método de incineração em mufla. E por fim, a biodisponibilidade de nutrientes segundo o Manual de Análise Química de Solos, Plantas e Fertilizantes da Embrapa (2009).

d. Índice de Vegetação por Diferença Normalizada

Para a determinação do NDVI é sugerido o uso de imagens do satélite SENTINEL 2, priorizando sempre o uso de imagens obtidas em datas próximas as datas de coleta de com cobertura de nuvem não superior a 10%.

Para a realização dos cálculos sugere-se o uso do *software* QGIS ou similar, com a aplicação da equação proposta por (Rouse *et al.*, 1974):

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red}$$

Os valores resultantes variarão entre -1 e 1. Sendo que quanto maior, ou mais próximo de 1, o valor maior a taxa fotossintética no determinado pixel, maior a cobertura vegetal.

Referências

ABNT. Associação Brasileira De Normas Técnicas. ABNT NBR 7181: 2016
SOLO: Análise Granulométrica. ABNT, 20196

BERNINI, E.; REZENDE, C. E.. **Estrutura da vegetação em florestas de mangue do estuário do rio Paraíba do Sul, Estado do Rio de Janeiro, Brasil**. Acta Botanica Brasilica, v. 18, n. 3, p. 491-502, 2004.

CHECON, H. H.; CORTE, G.; SILVA, C.; SHAFFER-NOVELLI, Y . **Mangrove vegetation decreases density but does not affect species richness and trophic structure of intertidal polychaete assemblages**. Hydrobiologia, v. 795, n. 1, p. 169-179, 2017.

CINTRÓN, G.; SHAFFER-NOVELLI, Y. **Guia para estudo de áreas de manguezal-estrutura, função e flora**. São Paulo: Caribbean Ecological Research, 1986.

DA SILVA, F. C. et al. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009., 2009.

FERREIRA, A. C.; LACERDA, L. D. **Degradation and conservation of Brazilian mangroves, status and perspectives**. Ocean & Coastal Management, v. 125, p. 38-46, 2016.

MAGURRAN, A. E. **Ecological Diversity and its Measurement**. Nova Jersey: Princeton University Press, 1988. 192 p

ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W.; HARLAN, J. C. (1974). **Monitoring the vernal advancement and retrogradation (green wave effect) of natural vegetation**. NASA/GSFC Type III Final Report, Greenbelt, Md, 371.

SNEDAKER, S. C.; SNEDAKER, J. G. . **The mangrove ecosystem: research methods**. Monogr. Oceanogr. Methodol., 8. UNESCO, Paris and New York. 251 p., 1984.

ANEXO A - Carta de Autorização para Coleta Dentro de Unidade de Conservação



GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DE INFRAESTRUTURA E MEIO AMBIENTE
INSTITUTO DE PESQUISAS AMBIENTAIS



CARTA DE APROVAÇÃO

PROJETO

DOCUMENTO: 0000073145/2022
PROCESSO: 000000010256/2022
INTERESSADO: Deborah Ribolli Ferraz
PROJETO: Proposta de Metodologia de Monitoramento Ambiental para Manguezais
EQUIPE: Roberto Pereira Borges, João Alberto Paschoa dos Santos, Thiago Loureiro Modesto, Camila Cristina Macedo da Silva, Gabriel Jamaica da Cruz, Vinícius Estrella Silva Carvalho
VIGÊNCIA: 25/07/2021 à 30/06/2023

Aprovação

São Paulo, 10 de agosto de 2022

Prezado(a) pesquisador(a), Deborah Ribolli Ferraz.

Informamos que o Projeto de Pesquisa "Proposta de Metodologia de Monitoramento Ambiental para Manguezais", constante do processo em referência, de autoria de Deborah Ribolli Ferraz, Roberto Pereira Borges, João Alberto Paschoa dos Santos, Thiago Loureiro Modesto, Camila Cristina Macedo da Silva, Gabriel Jamaica da Cruz, Vinícius Estrella Silva Carvalho, foi aprovado pelo Conselho Científico do Instituto de Pesquisas Ambientais, em reunião realizada em 05/08/2022, conforme Deliberação CC/IPA nº CC-IPA 17/2022, para ser executado, a partir de 10/08/2022 à 30/06/2023.

Recomendações da Administração das Unidades

UNIDADE: Área de Proteção Ambiental Marinha Litoral Centro

RESPONSÁVEL: Maria de Carvalho Tereza Lanza

ENDEREÇO DA UNIDADE DE CONSERVAÇÃO: Av. Henrique Costabile, 114

Com relação à realização do projeto, Área de Proteção Ambiental Marinha Litoral Centro, manifestamo-nos: Favorável

Com relação aos resultados do projeto, as informações geradas serão de: Alta prioridade

Com relação ao planejamento e manejo da unidade, Área de Proteção Ambiental Marinha Litoral Centro, possui: Plano de Manejo

Com relação às atividades previstas pelo projeto, existem restrições quanto: Não existem restrições

As seguintes recomendações devem ser observadas pelos autores, por ocasião da visita a esta unidade:

• Solicitamos que a gestão da Unidade seja informada sobre a realização de saídas de campo preferencialmente com 15 dias de antecedência para ciência quanto à presença de equipe de pesquisa na Unidade de Conservação e acompanhamento, quando possível, pela equipe da Unidade;

• A APA Marinha do Litoral Centro não se responsabiliza pelo transporte dos pesquisadores até a Unidade de Conservação;

• Durante as expedições a campo, a equipe de pesquisa deverá portar as licenças de coleta, para fins de comprovação em casos eventuais de fiscalização ambiental;

• Solicitamos que cópias das publicações resultantes do projeto, bem como relatórios parciais e finais sejam encaminhadas à administração da APA Marinha do Litoral Centro por meio eletrônico (apamarlitoralcentro@gmail.com) para serem anexados ao acervo das pesquisas realizadas na Unidade;

• Relatórios parciais e final encaminhados ao Núcleo de Acompanhamento de Projetos Externos -NAPE do Instituto de Pesquisas Ambientais devem também ser remetidos à administração da Área de Proteção Ambiental Marinha do Litoral Sul, para serem juntados ao acervo da Unidade.

• Solicitamos que ao final dos trabalhos, haja:

17/10/2022



GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DE INFRAESTRUTURA E MEIO AMBIENTE
INSTITUTO DE PESQUISAS AMBIENTAIS



CARTA DE APROVAÇÃO

PROJETO

DOCUMENTO: 0000073145/2022
PROCESSO: 000000010256/2022
INTERESSADO: Deborah Ribolli Ferraz
PROJETO: Proposta de Metodologia de Monitoramento Ambiental para Manguezais
EQUIPE: Roberto Pereira Borges, João Alberto Paschoa dos Santos, Thiago Loureiro Modesto, Camila Cristina Macedo da Silva, Gabriel Jamaica da Cruz, Vinícius Estrella Silva Carvalho
VIGÊNCIA: 25/07/2021 à 30/06/2023

- a) Disponibilizar, os resultados em formato georreferenciado em extensão compatível de uso com a plataforma do datageo;
b) Entrega de vídeo de no máximo 2 minutos expondo de forma clara e direta a contextualização do ambiente, o método utilizado, resultados, conclusão e boas práticas pela população na solução, caso se constate, do problema diagnosticado.
c) Apresentação do projeto em reunião do Conselho Gestor e posteriormente, de seus resultados finais;
d) Gravação de um vídeo aula para professores do fundamental I sobre a pesquisa com duração de 15 min. Melhores detalhes deverão ser acordados com a coordenação do projeto "Um Mangue no meu Quintal";
e) Transposição pedagógica da pesquisa, em 2 laudas, para Caderno Educador, material de apoio do projeto Um Mangue no meu Quintal.

e) Apresentação de um artigo científico para revisores mirins do fundamental I. Melhores detalhes deverão ser acordados com a coordenação do projeto "Um Mangue no meu Quintal";

UNIDADE: Parque Estadual Restinga de Bertiooga

RESPONSÁVEL: Eduardo Ferreira dos Santos Souza

ENDEREÇO DA UNIDADE DE CONSERVAÇÃO: Avenida Henrique Costabile, 114

Com relação à realização do projeto, Parque Estadual Restinga de Bertiooga, manifestamos: Favorável

Com relação aos resultados do projeto, as informações geradas serão de: Alta prioridade

Com relação ao planejamento e manejo da unidade, Parque Estadual Restinga de Bertiooga, possui: Plano de Manejo

Com relação às atividades previstas pelo projeto, existem restrições quanto: Ao Plano de Manejo

As seguintes recomendações devem ser observadas pelos autores, por ocasião da visita a esta unidade:

A administração do Parque Estadual Restinga de Bertiooga não se responsabiliza pelo transporte das equipes durante o desenvolvimento do projeto, devendo ser previstos recursos para as atividades;

- O pesquisador deverá concordar e responsabilizar-se em repassar para os demais envolvidos no projeto, as normas da Unidade de Conservação;

- Visitas de pesquisadores, representantes de outras instituições, convidados, amigos, fotógrafos, imprensa, etc., não relacionados no projeto original como membro da equipe executora, devem ser previamente notificadas e autorizadas pela administração da Unidade;

- As atividades não previstas no projeto original estão vetadas, devendo ser previamente notificadas e submetidas à análise e aprovação do Instituto Florestal;

- Sempre nas visitas a campo o pesquisador deverá obrigatoriamente ir acompanhado de um monitor ambiental autorizado pelo PERB;

- Mandar por e-mail a lista com os nomes da equipe fixa dos colaboradores de campo, pesquisadores e estagiários;

- Relatórios parciais e finais encaminhados à COTEC devem também ser remetidos à administração do PERB para serem juntados ao acervo da Unidade;

- Enviar à gestão do PERB, relatórios periódicos impressos e digital com fotos;

- É desejável que se realize breve apresentação sobre o projeto de pesquisa para os funcionários e/ou Conselho da Unidade, a combinar com a administração;

- Os pesquisadores deverão disponibilizar as publicações (dissertações, teses e outros documentos) ao Núcleo, com o intuito de valorizar a pesquisa científica e promover a integração da academia com a Gestão da Unidade de Conservação;

- Os autores do projeto, ao final da realização do trabalho, deverão utilizar os dados da pesquisa para elaborar



GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DE INFRAESTRUTURA E MEIO AMBIENTE
INSTITUTO DE PESQUISAS AMBIENTAIS



CARTA DE APROVAÇÃO

PROJETO

DOCUMENTO: 0000073145/2022
PROCESSO: 000000010256/2022
INTERESSADO: Deborah Ribolli Ferraz
PROJETO: Proposta de Metodologia de Monitoramento Ambiental para Manguezais
EQUIPE: Roberto Pereira Borges, João Alberto Paschoa dos Santos, Thiago Loureiro Modesto, Camila Cristina Macedo da Silva, Gabriel Jamaica da Cruz, Vinícius Estrella Silva Carvalho
VIGÊNCIA: 25/07/2021 à 30/06/2023

atividades de ensino, sejam na forma de mini-cursos, palestras, apostilas, folhetos ou painéis explicativos para os diferentes grupos que atuam no Parque e a sociedade civil.

- A quantidade de espécimes a serem coletadas deve ser apresentada antes do início da pesquisa a esta Unidade de Conservação, justificando-se esta quantidade;
- Deve haver um agendamento prévio via e-mail (pe.restingabertioga@fflorestal.sp.gov.br) quanto às datas dos trabalhos de campo e as coletas a serem realizadas, para os pesquisadores serem devidamente acompanhados por funcionário da Unidade;

Análise do Parecerista

É proposto o desenvolvimento de método de monitoramento ambiental de manguezais, por meio da análise combinada de fatores bióticos (parâmetros fitossociológicos e morfometria das folhas) e abióticos (características físico-químicas da água, sedimento e água intersticial). Trata-se de pesquisa relevante para a conservação desses ecossistemas e cuja coleta de dados não causará dano significativo ao local.

Não houve prejuízo à análise, mas alerta aos autores que não consta no projeto o tamanho das parcelas amostrais para coleta de dados fitossociológicos (duas parcelas por transeção) e que a fórmula de cálculo da área basal está inconsistente (o usual é utilizar a área do círculo, mas há um valor de 4000 no denominador que não se aplica).

Orientações e recomendações adicionais

Durante a execução/vigência do Projeto, solicitamos especial atenção às seguintes orientações e recomendações:

1. Agendar os trabalhos de campo junto à administração da Área do Sistema Estadual de Florestas (SIEFLOR), com antecedência mínima de 15 dias, fornecendo o nome de todos os membros da equipe visitante.
2. Visitas de pesquisadores, representantes de outras instituições, convidados, pesquisadores estrangeiros, alunos, amigos, fotógrafos, imprensa, etc., não relacionados no projeto original como membro da equipe executora, devem ser previamente notificadas e autorizadas pela administração da Unidade.
3. Havendo necessidade de acompanhamento por mateiros, guarda-parques, consultar a Unidade sobre possível disponibilidade, com antecedência mínima de 15 dias e, permitir acompanhamento por pessoal da UC, quando o responsável pela Unidade assim estabelecer;
4. Havendo necessidade de deslocamento de equipamentos, realizar por conta própria ou consultar a Unidade sobre possível disponibilidade de auxiliares, com antecedência mínima de 15 dias.
5. Estar sempre de posse da licença do SISBIO/IBAMA quando em atividade na UC, destacando que, somente os autores



GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DE INFRAESTRUTURA E MEIO AMBIENTE
INSTITUTO DE PESQUISAS AMBIENTAIS



CARTA DE APROVAÇÃO

PROJETO

DOCUMENTO: 0000073145/2022
PROCESSO: 000000010256/2022
INTERESSADO: Deborah Ribolli Ferraz
PROJETO: Proposta de Metodologia de Monitoramento Ambiental para Manguezais
EQUIPE: Roberto Pereira Borges, João Alberto Paschoa dos Santos, Thiago Loureiro Modesto, Camila Cristina Macedo da Silva, Gabriel Jamaica da Cruz, Vinícius Estrella Silva Carvalho
VIGÊNCIA: 25/07/2021 à 30/06/2023

nomeados na referida licença poderão efetuar coletas.

6. Quando houver necessidade de renovação da licença do SISBIO/IBAMA, anexar no sistema, cópia da licença válida.

7. Estar de posse do parecer de aprovação do projeto emitida pelo Conselho de Ética da Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP) quando realizar atividades envolvendo questionários, formulários, entrevistas orais e outras formas de abordagem de pessoal local e do público visitante e submeter o roteiro previamente à ciência do responsável pela administração da Unidade.

8. Exsicatas em duplicata do material botânico coletado no projeto devem ser encaminhadas ao Núcleo de Coleções Biológicas, Geológicas e Paleontológicas do Centro de Apoio Técnico Científico do Instituto de Pesquisas Ambientais, realizando prévio contato por meio do correio eletrônico: ncbgp_ipa@sp.gov.br

9. As intervenções a serem executadas na Unidade, como colocação de placas, pregos, faixas, distribuição de folhetos, etc. devem ser previamente e formalmente autorizadas pelo responsável pela administração da Unidade.

10. Não deixar no campo vestígios da passagem no local como resíduos, buracos, embalagens, armadilhas, tambores, etc. Trincheiras e escavações devem ser seguidas de processos de recuperação, minimizando o dano local.

11. Quaisquer atividades não previstas no projeto original, em especial a captura e manipulação da fauna e a coleta de material biológico, estão vetadas, devendo ser previamente submetidas ao Núcleo de Acompanhamento de Projetos Externos - NAPE, para os trâmites quanto à análise e aprovação do adendo.

12. Cumprir com todas as obrigações estabelecidas nas Normas para apresentação de Projetos de Pesquisas junto ao Instituto de Pesquisas Ambientais e no Termo de Compromisso firmado em 06/06/2022, notadamente quanto à apresentação de relatórios parciais anualmente (ao completar 12 meses da data de aprovação do projeto de pesquisa) e do relatório final (ao término do período de execução, no prazo de até 30 dias). Os relatórios devem ser anexados ao processo e deve ser assinalada a área de estudo com as coordenadas geográficas.

13. Cópia da dissertação, tese, artigos, resumos em eventos científicos e outras formas de publicações podem ser apresentados como relatório parcial e final. Não havendo possibilidade de cópias, solicita-se o encaminhamento da(s) referência(s) bibliográfica(s), que possibilite(m) o acesso a todas as informações geradas no projeto.

14. O uso de imagens da(s) Unidade(s) de Conservação obtidas a título deste projeto (fotografias, vídeos e outras mídias), para outros fins que não seja a pesquisa científica, devem ser objetos de termo específico, a ser firmado junto ao Órgão responsável pela Administração da Unidade.

Esta aprovação não implica em suporte financeiro de qualquer natureza por parte da Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente e suas entidades vinculadas.

Sendo o que tínhamos para o momento, nos colocamos à disposição para quaisquer eventualidades e informações adicionais que se fizerem necessárias e, aproveito o ensejo para renovar protestos de estima e consideração.

17/10/2022



GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DE INFRAESTRUTURA E MEIO AMBIENTE
INSTITUTO DE PESQUISAS AMBIENTAIS



CARTA DE APROVAÇÃO

PROJETO

DOCUMENTO: 0000073145/2022
PROCESSO: 000000010256/2022
INTERESSADO Deborah Ribolli Ferraz
PROJETO: Proposta de Metodologia de Monitoramento Ambiental para Manguezais
EQUIPE: Roberto Pereira Borges, João Alberto Paschoa dos Santos, Thiago Loureiro Modesto, Camila
Cristina Macedo da Silva, Gabriel Jamaica da Cruz, Vinícius Estrella Silva Carvalho
VIGÊNCIA: 25/07/2021 à 30/06/2023

Atenciosamente,

Silvana Cristina Pereira Muniz de Souza
Representante do Conselho Científico
Instituto de Pesquisas Ambientais

ANEXO B – Laudos de Análise e Ficha De Informações De Segurança De Produtos Químicos dos Espectrokits e Padrões de Referência (MR)



Alfakit Eireli EPP

CNPJ: 02.297.602/0001-88

Rua João Sampaio da Silva, 128 - Capoeiras

88.090-820 - Florianópolis - SC

ALFA316/2021

**Kit para análise de Nitrato presente na água,
composto por 3 reagentes para 100 determinações.**

Identificação dos Itens

Nitrato NTD 1: Reagente em pó, levemente acinzentado, sem odor a base de Biftalato de Potássio e veículo.

Lote: **343/0921**

Validade: **09/2023**

Nitrato NTD 2: Reagente em pó, bege, sem odor a base de N-(1-Naftil) Etilenodiamino Bicloridrato e veículo.

Lote: **343/0921**

Validade: **09/2023**

Nitrato NTD 3: Reagente líquido, incolor, com odor irritante e corrosivo a base de Ácido Clorídrico.

Lote: **343/0921**

Validade: **09/2023**

Metodologia e Instrumentação Utilizada

O nitrato é o produto final do ciclo do nitrogênio, sendo a única forma estável dos compostos nitrogenados.

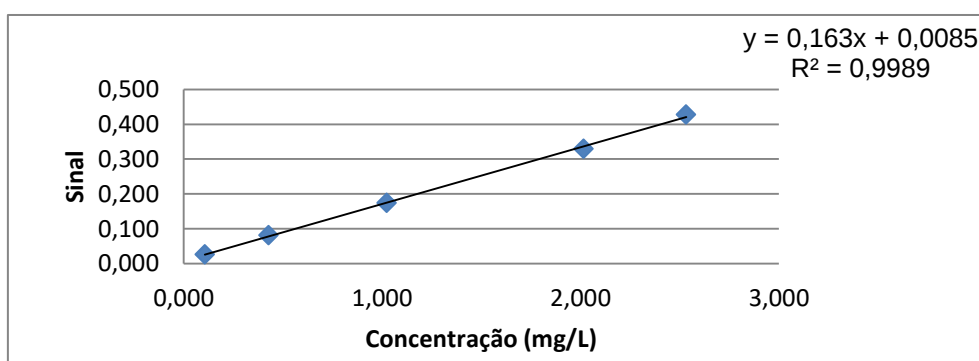
Pode ser determinado através da formação de compostos púrpura avermelhados em meio ácido, pela diazotação da sulfanilamida com o N-(1-Naftil) Etilenodiamino Bicloridrato.

Este método tem como referência o método citado no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 21ª ed. 2005. 4500 B 4 – 118.

A rastreabilidade metrológica é assegurada com o uso de materiais de referência e equipamentos calibrados a Rede Brasileira de Calibração.

O teste final utiliza preparação gravimetria com padrão Nitrato lote: F20L0172F, em Espectrofotômetro UV – FEMTO 600 PLUS, com certificado nº LV01710-00536-20, cubeta de 10 mm e comprimento de onda de 535 nm.

Curva de Calibração



Finalidade de Uso

Os reagentes foram testados e aprovados para uso em determinação de Nitrato em amostras de água doce, mineral, de mesa ou de abastecimento, além de efluentes domésticos e industriais.

Armazenagem e Manipulação

Os reagentes devem ser armazenados à temperatura de $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$. A ALFAKIT garante a integridade destes reagentes até a abertura de sua embalagem.

Considerações

É realizado o acompanhamento do produto durante o prazo de validade. Este certificado é válido apenas para os lotes descritos, durante o prazo de validade, se estiver nas corretas condições de armazenagem. Este certificado **não** pode ser reproduzido na íntegra ou parcialmente.



Alfakit Eireli EPP

CNPJ: 02.297.602/0001-88

Rua João Sampaio da Silva, 128 - Capoeiras

88.090-820 - Florianópolis - SC

Aprovação

Aprovação do Certificado: **16/09/2021**

A stylized, handwritten signature in black ink, consisting of a series of loops and a long horizontal stroke.

Leo de Oliveira
Químico Responsável
CRQ: 13200022

Número do Certificado: 1122.21 rev.01

IDENTIFICAÇÃO DO ITEM

Material de Referência Certificado (MRC): Nitrato 1000 mg/L

Código: MRC_32

Lote: 1122/21

Data de Emissão e Certificação: 13/09/2021

O MRC e seu certificado atendem aos requisitos do guia ABNT ISO Guia 31 [1] e das normas ABNT NBR ISO 17034 [2] e ABNT NBR ISO/IEC 17025 [3]. Este certificado é válido apenas para o item acima, não sendo extensivo a quaisquer outros e somente pode ser reproduzido de forma integral.

PREPARAÇÃO DO MRC

O MRC consiste de uma solução preparada gravimetricamente, a partir da dissolução de um sal com pureza altíssima e, água ultra purificada com condutividade eletrolítica menor que 0,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

O MRC foi envasado em frascos plásticos (polietileno de alta densidade) contendo aproximadamente o volume de 125 mL de solução. O material apresenta uma densidade de 1,001 g/mL (20°C). Em cada 1 mL do produto possui 1 mg de N.

METODOLOGIA ANALÍTICA

A caracterização foi realizada usando as técnicas de cromatografia iônica [4] e espectrometria molecular [5]. Os estudos de estabilidade e homogeneidade foram baseados no guia ABNT ISO Guia 35 [6], usando-se a técnica de cromatografia iônica [4].

RASTREABILIDADE METROLÓGICA

O valor de propriedade certificado é rastreável ao Sistema Internacional de Unidades (SI), assegurado por meio de comparação, com o uso de materiais de referência certificados e equipamentos calibrados:

Material de referência certificado utilizado na caracterização:

Marca: Marca Inorganic Ventures, lote: P2-NOX675947.

Balança semi-analítica, modelo Eclipse, Systel, certificado: J80709-20.

Balança analítica, modelo APX200, Denver, certificado: J50914/19.

Cromatógrafo iônico, modelo Eco IC, Metrohm, certificado: AS#16129

Espectrofotômetro, modelo Vis, Macherey-Nagel, certificado: LV01710-28329-20-R0.

Sal de nitrato de sódio, marca Sigma-Aldrich e, lote MKCJ3308

FINALIDADE DE USO

Os exemplos de uso pretendido desse MRC são calibrações de instrumentos ou sistemas de medição e na validação de métodos analíticos.

Número do Certificado: 1122.21 rev.01

ARMAZENAGEM E MANIPULAÇÃO

O MRC antes de aberto deve ser armazenado na temperatura entre 15 °C e 30 °C. Após aberto, este MRC deve ser manipulado apenas durante o tempo necessário para a realização da medição, evitando contato com possíveis contaminantes (vapores ácidos, óxidos e demais gases). Recomenda-se, após o uso, fechar o frasco e armazená-lo entre 15 °C e 30 °C. A alíquota mínima que deve ser utilizada é de 0,5 mL.

VALOR CERTIFICADO

O valor certificado com sua incerteza expandida (U) para um nível de confiança de 95% e fator de abrangência ($k=2$) [7], está discriminado abaixo:

Nitrato 1002 mg/L $\pm$ 6 mg/L

A incerteza expandida foi calculada pela combinação das contribuições das incertezas combinadas referente aos estudos de homogeneidade, estabilidade e caracterização [6,7].

$$U_{MRC} = k * \text{raiz} [(u_{car})^2 + (u_{bb})^2 + (u_{lts})^2 + (u_{sts})^2].$$

PRAZO DE VALIDADE

O **MRC_32** é válido até **outubro de 2022**. Este MRC deve ser manuseado e armazenado de acordo com as instruções contidas neste certificado. O certificado não terá valor caso o MRC seja danificado, contaminado ou alterado. A QMC mantém um programa de monitoramento de todos os MRC. Qualquer alteração no valor certificado observada durante o monitoramento será imediatamente comunicada ao usuário.

REFERÊNCIAS

- [1] ABNT ISO GUIA 31: 2017 Materiais de Referência – Conteúdo de Certificados e Rótulos.
- [2] ABNT NBR ISO 17034:2017, Requisitos Gerais para a Competência de Produtores de Material de Referência.
- [3] ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017, Requisitos Gerais para Competência de Laboratórios de Ensaio e Calibração.
- [4] Standard Methods for the Examination for Water and Wastewater (SMWW)– 23ª Edição Método 4110 B.
- [5] Environmental Protection Agency – EPA 352.1.
- [6] ABNT ISO GUIA 35:2012, Materiais de Referência – Princípios Gerais e Estatísticos para Certificação.
- [7] Inmetro- Avaliação de Dados de Medição – Guia para a Expressão de Incerteza de Medição – GUM 2008. Tradução da 1ª Edição de 2008 da Publicação *Evaluation of Measurement Data – Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement – GUM 2008*, do BIPM Duque de Caxias – RJ, 2012.



Dian Porrua de Freitas
Responsável Técnico – CRQ 13400691



Alfakit Eireli EPP

CNPJ: 02.297.602/0001-88

Rua João Sampaio da Silva, 128 - Capoeiras

88.090-820 - Florianópolis - SC

ALFA241/2021

Kit para análise de Nitrito presente na água,
composto por 3 reagentes para 100 determinações.

Identificação dos Itens

Nitrito NTD 1: Reagente em pó, branco, sem odor a base de Biftalato de Potássio.

Lote: 280/0821

Validade: 08/2023

Nitrito NTD 2: Reagente em pó, bege, sem odor a base de N - (1-Naftil) Etilenodiamino Biclórdrato e Cloreto de Potássio.

Lote: 280/0821

Validade: 08/2023

Nitrito NTD 3: Reagente líquido, incolor, com odor irritante e corrosivo a base de Ácido Clorídrico.

Lote: 280/0821

Validade: 08/2023

Metodologia e Instrumentação Utilizada

O nitrito é a forma intermediária do ciclo, que pode resultar tanto da oxidação da amônia em condições aeróbicas, como da redução do nitrato em condições anaeróbicas.

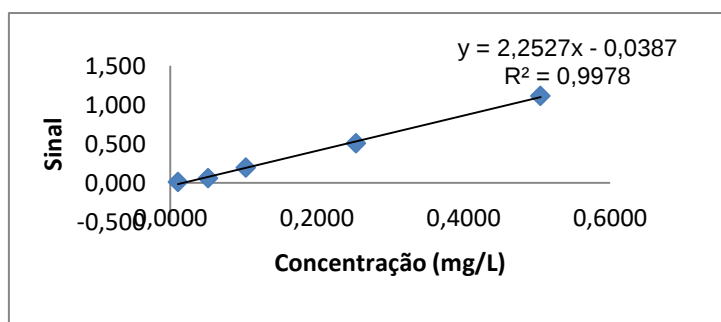
Pode ser determinados através da formação de compostos púrpura avermelhados em meio ácido, pela diazotação da sulfanilamida com o N - (1-Naftil) Etilenodiamino Biclórdrato.

Este método tem como referências os métodos citados no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 22^{ed.} 2012. 4500 B 4 – 118 e NBR – 12619 – Águas – Determinação de nitrito – Método da sulfanilamida e N – (1 – Naftil) – Etilenodiamina.

A rastreabilidade metrológica é assegurada com o uso de materiais de referencia e equipamentos calibrados a Rede Brasileira de Calibração.

O teste final utiliza preparação gravimetria com padrão QMC Nitrito lote: 2990/20, em Espectrofotômetro UV – FEMTO 600 PLUS, com certificado nº LV01710-00536-20, cubeta de 10 mm e comprimento de onda de 535 nm.

Curva de calibração



Finalidade de Uso

Os reagentes foram testados e aprovados para uso em determinação de nitrito, em amostras de água doce, mineral, de mesa ou de abastecimento, além de efluentes domésticos e industriais.

Armazenagem e Manipulação

Os reagentes devem ser armazenados à temperatura de $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$. A ALFAKIT garante a integridade destes reagentes até a abertura de sua embalagem.



Alfakit Eireli EPP

CNPJ: 02.297.602/0001-88

Rua João Sampaio da Silva, 128 - Capoeiras

88.090-820 - Florianópolis - SC

Considerações

É realizado o acompanhamento do produto durante o prazo de validade. Este certificado é válido apenas para os lotes descritos, durante o prazo de validade, se estiver nas corretas condições de armazenagem. Este certificado **não** pode ser reproduzido na íntegra ou parcialmente.

Aprovação

Aprovação do Certificado: **03/08/2021**

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Leo de Oliveira'.

Leo de Oliveira
Químico Responsável
CRQ: 13200022

Número do Relatório: 2990.20 revisão: 08

IDENTIFICAÇÃO DO ITEM

Material de Referência (MR): Nitrito 1000 mg/L

Código: MR_33-125

Lote: 2990/20

Data de Emissão do Relatório: 30/07/2021

O MR e seu relatório atendem aos requisitos do guia ABNT ISO Guia 31 [1] e da Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025 [2]. Este relatório é válido apenas para o item acima, não sendo extensivo a quaisquer outros e somente pode ser reproduzido de forma integral.

PREPARAÇÃO DO MR

O MR consiste de uma solução preparada gravimetricamente a partir de um sal, com pureza altíssima, em água ultra purificada e, com condutividade eletrolítica inicial menor do que 0,1 $\mu\text{S/cm}$. O MR foi envasado em frascos de polietileno de alta densidade contendo aproximadamente o volume de 125 mL. O material apresenta uma densidade de 1,000 g/mL (21°C). Em cada 1 mL do produto possui 1 mg de N.

METODOLOGIA ANALÍTICA

A caracterização foi realizada usando a técnica de cromatografia iônica [3] e espectrometria de absorção molecular [4]. Os estudos de estabilidade e homogeneidade foram baseados no ABNT ISO Guia 35 [5], usando-se a técnica de cromatografia iônica [3].

RASTREABILIDADE METROLÓGICA

O uso do termo “*rastreabilidade ao Nist*” deve ser evitado por um erro conceitual.

A rastreabilidade metrológica ocorre por comparação de resultados até o Sistema Internacional de Unidades (SI).

Os produtos da QMC SANEAMENTO seguem a orientação da ABNT NBR ISO/IEC 17025, item 6.5.2:

“O laboratório deve assegurar que os resultados de medição sejam rastreáveis ao Sistema Internacional de Unidades (SI), item c) realização direta das unidades do SI que seja assegurada por comparação, direta ou indiretamente, com padrões nacionais ou internacionais.”

Número do Relatório: 2990.20 revisão: 08

FINALIDADE DE USO

Os exemplos de uso pretendido desse MR são: calibrações de instrumentos ou sistemas de medição e a validação de métodos analíticos.

ARMAZENAGEM E MANIPULAÇÃO

O MR antes de aberto deve ser armazenado na temperatura de $6\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Após aberto, este MR deve ser manipulado apenas durante o tempo necessário para a realização da medição evitando contato com possíveis contaminantes (vapores ácidos, óxidos e demais gases). Recomenda-se, após o uso, fechar o frasco e armazená-lo $6\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$. A alíquota mínima deve ser utilizada é de 0,50 mL.

VALOR DE REFERÊNCIA

O valor de referência com sua incerteza expandida (U) para um nível de confiança de 95% e fator de abrangência ($k=2$) [6], está discriminado abaixo:

Nitrito 997 mg/L $\pm$ 10 mg/L

A incerteza expandida foi calculada pela combinação das contribuições das incertezas combinadas referente aos estudos de homogeneidade; estabilidade e caracterização [5,6].

$$U_{MRC} = k * \text{raiz} [(u_{car})^2 + (u_{bb})^2 + (u_{lts})^2 + (u_{sts})^2].$$

PRAZO DE VALIDADE

O MR é válido até **agosto de 2022**. Este MR deve ser manuseado e armazenado de acordo com as instruções contidas neste certificado. O certificado não terá valor caso o MR seja danificado, contaminado ou alterado. A QMC mantém um programa de monitoramento de todos os MR. Qualquer alteração no valor certificado observada durante o monitoramento será imediatamente comunicada ao usuário.

REFERÊNCIAS

- [1] ABNT ISO GUIA 31: 2017 Materiais de Referência – Conteúdo de Certificados e Rótulos.
- [2] ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017, Requisitos Gerais para Competência de Laboratórios de Ensaio e Calibração.
- [3] Standard Methods for the Examination for Water and Wastewater (SMWW) – 23ª edição Método 4110 B.
- [4] A Standard Methods for the Examination for Water and Wastewater (SMWW) – 23ª edição Método 4500-NO₂ B.
- [5] ABNT ISO GUIA 35:2012, Materiais de Referência – Princípios Gerais e Estatísticos para Certificação.
- [6] Inmetro - Avaliação de Dados de Medição – Guia para a Expressão de Incerteza de Medição – GUM 2008. Tradução da 1ª Edição de 2008 da Publicação *Evaluation of Measurement Data – Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement – GUM 2008*, do BIPM Duque de Caxias – RJ, 2012.



Djan Porrua de Freitas
Responsável Técnico – CRQ 13400691



Alfakit Eireli EPP

CNPJ: 02.297.602/0001-88

Rua João Sampaio da Silva, 128 - Capoeiras

88.090-820 - Florianópolis - SC

ALFA282/2021

Reagente para análise de Fosfato total
presente na água, para 100 determinações.

Identificação do Item

Fosfato 1: Reagente líquido, incolor, sem odor, a base de Molibdato de Amônio em meio ácido.

Lote: 320/0821

Validade: 08/2023

Fosfato 2 BC: Reagente sólido, sem odor, levemente laranja, a base de ácido 1-amino-2-hidroxinaftilsulfônico.

Lote: 320/0821

Validade: 08/2023

Metodologia e Instrumentação Utilizada

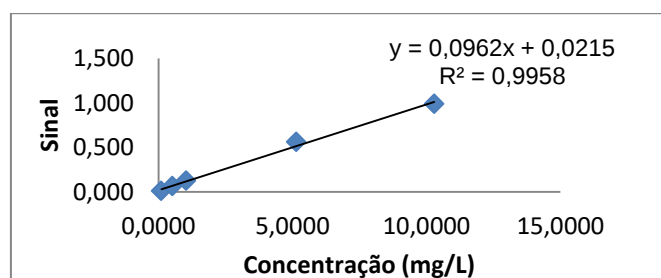
Referência: Filho, Davino, F. dos Santos. Tecnologia de Tratamento de Água. 1976, pg 206. Método Colorimétrico – Azul de Molibdênio.

As massas e a vidraria utilizada foram rastreadas a Rede Brasileira de Calibração. A concentração certificada é baseada na preparação gravimétrica e na pureza do sal utilizado.

A rastreabilidade metrológica é assegurada com o uso de materiais de referencia e equipamentos calibrados a Rede Brasileira de Calibração.

O teste final utiliza preparação gravimetria com padrão QMC Fosfato lote: 2308/20, em Espectrofotômetro UV – FEMTO 600 PLUS, com certificado nº LV01710-00536-20, cubeta de 10 mm e comprimento de onda de 650 nm.

Curva de Calibração



Finalidade de Uso

O reagente foi testado e aprovado para uso em determinação de Fosfato em amostras de água doce, mineral, de mesa ou de abastecimento, além de efluentes domésticos e industriais.

Armazenagem e Manipulação

O reagente deve ser armazenado à temperatura de 20 ± 5 °C. A ALFAKIT garante a integridade deste reagente até a abertura de sua embalagem.

Considerações

É realizado o acompanhamento do produto durante o prazo de validade. Este certificado é válido apenas para o lote descrito, durante o prazo de validade, se estiver nas corretas condições de armazenagem. Este certificado **não** pode ser reproduzido na íntegra ou parcialmente.

Aprovação

Aprovação do Certificado: 24/08/2021

Leo de Oliveira
Químico Responsável
CRQ: 13200022

Número do Relatório: 1622.21 revisão: 00

IDENTIFICAÇÃO DO ITEM

Material de Referência (MR): Fosfato 1000 mg/L

Código: MR_26.5

Lote: 1622/21

Data de Emissão do Relatório: 18/08/2021

O MR e seu relatório atendem aos requisitos do guia ABNT ISO Guia 31 [1] e da Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025 [2]. Este relatório é válido apenas para o item acima, não sendo extensivo a quaisquer outros e somente pode ser reproduzido de forma integral.

PREPARAÇÃO DO MR

O MR consiste de uma solução preparada gravimetricamente a partir de um sal, com pureza altíssima, em água ultra purificada e, com condutividade eletrolítica inicial menor do que 0,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$. O MR foi envasado em frascos de polietileno de alta densidade contendo aproximadamente o volume de 125 mL. O material apresenta uma densidade de 1,000 g/mL (20°C). Em cada 1 mL do produto possui 1 mg de PO₄.

METODOLOGIA ANALÍTICA

A caracterização foi realizada usando a técnica de cromatografia iônica [3] e espectrometria de absorção molecular [4]. Os estudos de estabilidade e homogeneidade foram baseados no ABNT ISO Guia 35 [5], usando-se a técnica de cromatografia iônica [3].

RASTREABILIDADE METROLÓGICA

O uso do termo “*rastreabilidade ao Nist*” deve ser evitado por um erro conceitual.

A rastreabilidade metrológica ocorre por comparação de resultados até o Sistema Internacional de Unidades (SI).

Os produtos da QMC SANEAMENTO seguem a orientação da ABNT NBR ISO/IEC 17025, item 6.5.2:

“O laboratório deve assegurar que os resultados de medição sejam rastreáveis ao Sistema Internacional de Unidades (SI), item c) realização direta das unidades do SI que seja assegurada por comparação, direta ou indiretamente, com padrões nacionais ou internacionais.”

Número do Relatório: 1622.21 revisão: 00

FINALIDADE DE USO

Os exemplos de uso pretendido desse MR são: calibrações de instrumentos ou sistemas de medição e a validação de métodos analíticos.

ARMAZENAGEM E MANIPULAÇÃO

O MR antes de aberto deve ser armazenado na temperatura de 15°C a 30 °C. Após aberto, este MR deve ser manipulado apenas durante o tempo necessário para a realização da medição evitando contato com possíveis contaminantes (vapores ácidos, óxidos e demais gases). Recomenda-se, após o uso, fechar o frasco e armazená-lo 15°C a 30 °C. A alíquota mínima deve ser utilizada é de 0,50 mL.

VALOR DE REFERÊNCIA

O valor de referência com sua incerteza expandida (U) para um nível de confiança de 95% e fator de abrangência ($k=2$) [6], está discriminado abaixo:

Fosfato 999 mg/L $\pm$ 5 mg/L

A incerteza expandida foi calculada pela combinação das contribuições das incertezas combinadas referente aos estudos de homogeneidade; estabilidade e caracterização [5,6].

$$U_{MRC} = k * \text{raiz} [(u_{car})^2 + (u_{bb})^2 + (u_{lts})^2 + (u_{sts})^2].$$

PRAZO DE VALIDADE

O MR é válido até **setembro de 2022**. Este MR deve ser manuseado e armazenado de acordo com as instruções contidas neste certificado. O certificado não terá valor caso o MR seja danificado, contaminado ou alterado. A QMC mantém um programa de monitoramento de todos os MR. Qualquer alteração no valor certificado observada durante o monitoramento será imediatamente comunicada ao usuário.

REFERÊNCIAS

- [1] ABNT ISO GUIA 31: 2017 Materiais de Referência – Conteúdo de Certificados e Rótulos.
- [2] ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017, Requisitos Gerais para Competência de Laboratórios de Ensaio e Calibração.
- [3] Standard Methods for the Examination for Water and Wastewater (SMWW) – 23ª edição. Método 4110 B.
- [4] Standard Methods for the Examination for Water and Wastewater (SMWW) – 23ª edição. Método 4500 P E.
- [5] ABNT ISO GUIA 35:2012, Materiais de Referência – Princípios Gerais e Estatísticos para Certificação.
- [6] Inmetro - Avaliação de Dados de Medição – Guia para a Expressão de Incerteza de Medição – GUM 2008. Tradução da 1ª Edição de 2008 da Publicação *Evaluation of Measurement Data – Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement – GUM 2008*, do BIPM Duque de Caxias – RJ, 2012.



Djan Porrua de Freitas
Responsável Técnico – CRQ 13400691



Alfakit Eireli EPP

CNPJ: 02.297.602/0001-88

Rua João Sampaio da Silva, 128 - Capoeiras

88.090-820 - Florianópolis - SC

ALFA221/2021

**Kit para análise de Detergente/LAS presente na água,
para 100 determinações.**

Identificação dos Itens

LAS 1: Reagente líquido, de coloração azul, sem odor, a base de Cloreto de metileno em meio aquoso.

Lote: **260/0721**

Validade: **07/2023**

LAS 2: Reagente líquido, incolor, sem odor, a base de Fosfato Di Ácido de Sódio Hidratado em meio ácido.

Lote: **260/0721**

Validade: **07/2023**

Metodologia e Instrumentação Utilizada

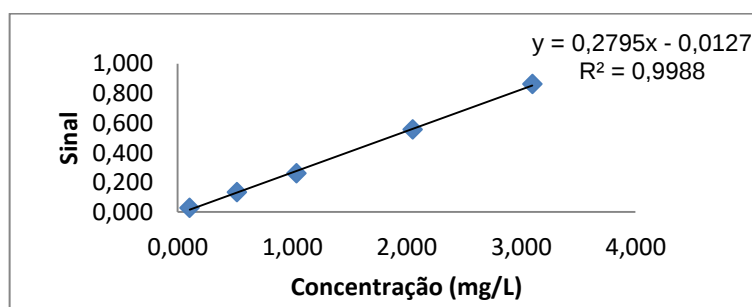
Este método é baseado na reação entre o detergente e o azul de metileno.

Este método tem como referência o método citado no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 21ª ed. 2005. 5540 C 5 – 50.

A rastreabilidade metrológica é assegurada com o uso de materiais de referência e equipamentos calibrados a Rede Brasileira de Calibração.

O teste final utiliza preparação gravimetria com padrão QMC Surfactantes lote: 2668/20, em Espectrofotômetro UV – FEMTO 600 PLUS, com certificado nº LV01710-00536-20, cubeta de 10 mm e comprimento de onda de 650nm.

Curva de Calibração



Finalidade de Uso

Os reagentes foram testados e aprovados para uso em determinação de Detergente/LAS, em amostras de água doce, mineral, de mesa ou de abastecimento, além de efluentes domésticos e industriais.

Armazenagem e Manipulação

Os reagentes devem ser armazenados à temperatura de 20 ± 5 °C. A ALFAKIT garante a integridade destes reagentes até a abertura de sua embalagem.

Considerações

É realizado o acompanhamento do produto durante o prazo de validade. Este certificado é válido apenas para os lotes descritos, durante o prazo de validade, se estiver nas corretas condições de armazenagem. Este certificado **não** pode ser reproduzido na íntegra ou parcialmente.



Alfakit Eireli EPP

CNPJ: 02.297.602/0001-88

Rua João Sampaio da Silva, 128 - Capoeiras

88.090-820 - Florianópolis - SC

Aprovação

Aprovação do Certificado: **22/07/2021**

A stylized, handwritten signature in black ink, consisting of a series of loops and a long horizontal stroke at the end.

Leo de Oliveira
Químico Responsável
CRQ: 1320002

Número do Relatório: 473.21 revisão: 07

IDENTIFICAÇÃO DO ITEM

Material de Referência (MR): Surfactante 1000 mg/L

Código: MR_46.2

Lote: 473/21

Data de Emissão do Relatório: 24/09/2021

O MR e seu relatório atendem aos requisitos do guia ABNT ISO Guia 31 [1] e da Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025 [2]. Este relatório é válido apenas para o item acima, não sendo extensivo a quaisquer outros e somente pode ser reproduzido de forma integral.

PREPARAÇÃO DO MR

O MR consiste de uma solução preparada gravimetricamente a partir de um sal, com pureza altíssima, em água ultra purificada e, com condutividade eletrolítica inicial menor do que 0,1 $\mu\text{S/cm}$. O MR foi envasado em frascos de polietileno de alta densidade contendo aproximadamente o volume de 125 mL. O material apresenta uma densidade de 1,002 g/mL (20°C).

METODOLOGIA ANALÍTICA

A caracterização foi realizada usando a metodologia de espectrometria de absorção molecular [3]. Os estudos de estabilidade e homogeneidade foram baseados no ABNT ISO Guia 35 [4], usando-se a técnica de espectrometria de absorção molecular [3].

RASTREABILIDADE METROLÓGICA

O uso do termo “*rastreabilidade ao Nist*” deve ser evitado por um erro conceitual.

A rastreabilidade metrológica ocorre por comparação de resultados até o Sistema Internacional de Unidades (SI).

Os produtos da QMC SANEAMENTO seguem a orientação da ABNT NBR ISO/IEC 17025, item 6.5.2:

“O laboratório deve assegurar que os resultados de medição sejam rastreáveis ao Sistema Internacional de Unidades (SI), item c) realização direta das unidades do SI que seja assegurada por comparação, direta ou indiretamente, com padrões nacionais ou internacionais.”

Número do Relatório: 473.21 revisão: 07

FINALIDADE DE USO

Os exemplos de uso pretendido desse MR são: calibrações de instrumentos ou sistemas de medição e a validação de métodos analíticos.

ARMAZENAGEM E MANIPULAÇÃO

O MR antes e após aberto deve ser armazenado na temperatura entre 1 °C e 11 °C. Após aberto, este MR deve ser manipulado apenas durante o tempo necessário para a realização da medição evitando contato com possíveis contaminantes (vapores ácidos, óxidos e demais gases). A alíquota mínima deve ser utilizada é de 1,00 mL. Recomenda-se o uso de material e, ambiente descontaminado, devido à tendência de contaminação e, criação de bactérias e/ou fungos dentro da embalagem.

VALOR DE REFERÊNCIA

O valor de referência com sua incerteza expandida (U) para um nível de confiança de 95% e fator de abrangência ($k=2$) [5], está discriminado abaixo:

Surfactante (MBAS) 1002 mg/L $\pm$ 6 mg/L

A incerteza expandida foi calculada pela combinação das contribuições das incertezas combinadas referente aos estudos de homogeneidade; estabilidade e caracterização [4,5].

$$U_{MRC} = k * \text{raiz} [(u_{car})^2 + (u_{bb})^2 + (u_{lts})^2 + (u_{sts})^2].$$

PRAZO DE VALIDADE

O MR é válido até **outubro de 2022**. Este MR deve ser manuseado e armazenado de acordo com as instruções contidas neste certificado. O certificado não terá valor caso o MR seja danificado, contaminado ou alterado. A QMC mantém um programa de monitoramento de todos os MR. Qualquer alteração no valor certificado observada durante o monitoramento será imediatamente comunicada ao usuário.

REFERÊNCIAS

- [1] ABNT ISO GUIA 31: 2017 Materiais de Referência – Conteúdo de Certificados e Rótulos.
- [2] ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017, Requisitos Gerais para Competência de Laboratórios de Ensaio e Calibração.
- [3] Standard Methods for the Examination for Water and Wastewater (SMWW) – 23ª edição Método 5440 C.
- [4] ABNT ISO GUIA 35:2012, Materiais de Referência – Princípios Gerais e Estatísticos para Certificação.
- [5] Inmetro - Avaliação de Dados de Medição – Guia para a Expressão de Incerteza de Medição – GUM 2008. Tradução da 1ª Edição de 2008 da Publicação *Evaluation of Measurement Data – Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement – GUM 2008*, do BIPM Duque de Caxias – RJ, 2012.



Djan Porrua de Freitas
Responsável Técnico – CRQ 13400691