

RETRATO AMBIENTAL DO COMPLEXO ESTUARINO LAGUNAR CANANEIA-IGUAPE: A INFLUÊNCIA DO CANAL VALO GRANDE

LILIANE MOREIRA NERY¹, JAQUELINE DE LIMA PERUCELLO², MARÍLIA CUNHA-LIGNON^{2,3}, LEVI POMPERMAYER MACHADO⁴, DARLLAN COLLINS DA CUNHA E SILVA¹

1- Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba, Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais - PPGCA, Avenida Três de Março, 511 - Alto da Boa Vista - Sorocaba/SP - CEP 18087-180. E-mail: liliane.nery@unesp.br;

darllan.collins@unesp.br

2- Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Faculdade de Ciências Agrárias do Vale do Ribeira, Departamento de Recursos Pesqueiros e Aquicultura – DERPA, Av. Nelson Brihi Badur, 430 - Bairro Vila Tupy - Registro/SP - CEP 11.900-000. E-mail: jaqueline.perucello@unesp.br; cunha.lignon@unesp.br

3 - Mangrove Specialist Group (MSG)s Species Survival Commission (SSC), International Union for the Conservation of Nature (IUCN), 1196 Gland, Suíça. E-mail: cunha.lignon@unesp.br

4 - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Faculdade de Ciências Agrárias do Vale do Ribeira, Instituto de Estudos Avançados do Mar – IEAMar, Rua Quirino de Andrade, 215 - Centro - São Paulo/SP - CEP 01049-010. E-mail: levi.p.machado@unesp.br

Resumo - Por se tratar de um recurso essencial e de múltipla utilização, a prevenção da qualidade dos corpos hídricos é substancial para à manutenção dos inúmeros seres vivos existentes neles. Neste sentido, o trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar parâmetros físico-químicos da água e de sedimentos do Complexo Estuarino Lagunar Cananéia-Iguape (CELCI), litoral sul de São Paulo, com enfoque nos impactos do canal artificial Valo Grande. Para isso, parâmetros físico-químicos foram analisados na água e no sedimento, sendo possível verificar aumento da condutividade, diminuição do oxigênio dissolvido e do pH em regiões mais próximas do canal. Além disso, as concentrações de alcalinidade, sulfato e dureza, modificam-se substancialmente em relação à medida que se distanciam do Valo Grande. Quanto aos sedimentos, a ausência de salinidade e a maior capacidade de retenção de água em regiões de mangue, reforçam que o Valo Grande interfere na dinâmica ambiental do CELCI, sendo recomendável a proposição de estudos que abordem a implantação de um plano aplicado de monitoramento ambiental, tanto considerando os aspectos físico-químicos quanto biológicos, dado a importância socioambiental e econômica do CELCI.

Palavras-Chave: Água; Sedimento; Análise espacial; Vale do Ribeira.Água; Sedimento; Análise espacial; Vale do Ribeira.

Abstract - Due to its essential and multiple uses, the prevention of water body quality is crucial for the maintenance of the numerous living organisms presents in them. In this regard, the study was conducted with the aim of evaluating the physicochemical parameters of water and sediments in the Cananéia-Iguape Estuarine-Lagoon System (CIELS), located on the southern coast of São Paulo, with a focus on the impacts of the artificial Valo Grande channel. To achieve this, physicochemical parameters were analyzed in both water and sediment samples, revealing increased conductivity and decreased dissolved oxygen and pH in regions closer to the channel. The alkalinity, sulfate, and hardness concentrations showed substantial variations as the distance from Valo Grande increased. Regarding the sediments, the absence of salinity and the higher water retention capacity in mangrove areas reinforce that Valo Grande interferes with the environmental dynamics of CIELS. Therefore, it is recommended to propose studies addressing the implementation of an applied environmental monitoring plan, considering both the physicochemical and biological aspects, given the socio-environmental and economic importance of CIELS.

Keywords: Water; Sediment; Spatial analysis; Ribeira Valley.

1. INTRODUÇÃO

O litoral sul do Estado de São Paulo é a região litorânea mais preservada do Estado, o que de certo modo contribuiu para o estado de conservação do Complexo Estuarino-Lagunar de Cananéia-Iguape (CELCI), considerado Patrimônio Natural da Humanidade pela UNESCO, sendo protegido por diversas Unidades de Conservação (UC) Souza & Oliveira, 2016).

O CELCI é composto por diversos canais ao longo dos municípios de Cananéia, Ilha Comprida e Iguape com uma extensão de 100 km (Saito et al. 2006; Teixeira & Mazzilli 2019). Contudo, uma alteração realizada nesse sistema impactou e modificou significativamente esse complexo. Entre os anos de 1827 e 1852 um canal artificial, denominado Valo Grande, foi construído a fim de conectar o Porto de Iguape, localizado no CELCI, ao Porto da Ribeira, localizado nas margens do rio Ribeira, para escoar a produção agrícola proveniente da região do Vale do Ribeira (Souza & Oliveira 2016; Teixeira & Mazzilli 2019).

Souza e Oliveira (2016) destacam que entre as principais modificações locais em virtude da construção do Valo Grande estão: maior contribuição de água doce no complexo, em virtude das contribuições do rio Ribeira de Iguape, intensificação dos processos erosivos, deposição de sedimentos no CELCI e assoreamento do Porto de Iguape, além de alterações na foz original do rio Ribeira de Iguape (Barra do Icapara), que também sofreu assoreamento.

Ao longo do tempo, medidas para o barramento e fechamento do Valo Grande foram

executadas sem sucesso, pois os impactos ocasionados pela abertura do canal foram intensificados (Cornaggia et al. 2018). Desse modo, o canal permanece aberto e representa o maior sistema de drenagem do sudeste brasileiro à beira-mar (Cornaggia et al. 2018). Estudos procuraram compreender e evidenciar os impactos do Valo Grande no CELCI, avaliando: taxas de sedimentação (Saito et al. 2006); a composição dos sedimentos (Cornaggia et al. 2018); a presença de metais e radionucleotídeos em sedimentos (Saito et al. 2006; Teixeira & Mazzilli 2019); ocorrências de assoreamento e as mudanças na biota nativa (Mahiques et al. 2014), a história ambiental, a ecologia e perspectivas futuras para o complexo (Prado et al. 2019).

Dentro desse contexto, o presente estudo procurou retratar as condições ambientais em que se encontra o CELCI, através da avaliação de parâmetros físico-químicos da água e de sedimentos, a fim de se identificar a influência do canal artificial Valo Grande sobre o complexo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de Estudo

O CELCI (Figura 1), formado pelos municípios de Cananeia, Iguape e Ilha Comprida, está inserido no Vale do Ribeira em uma região composta por remanescentes de Mata Atlântica, constituindo uma grande reserva do patrimônio natural paulista e considerado como um dos maiores locais de proteção desse bioma, sendo declarada Patrimônio Natural da Humanidade pela UNESCO (Narezi 2018).

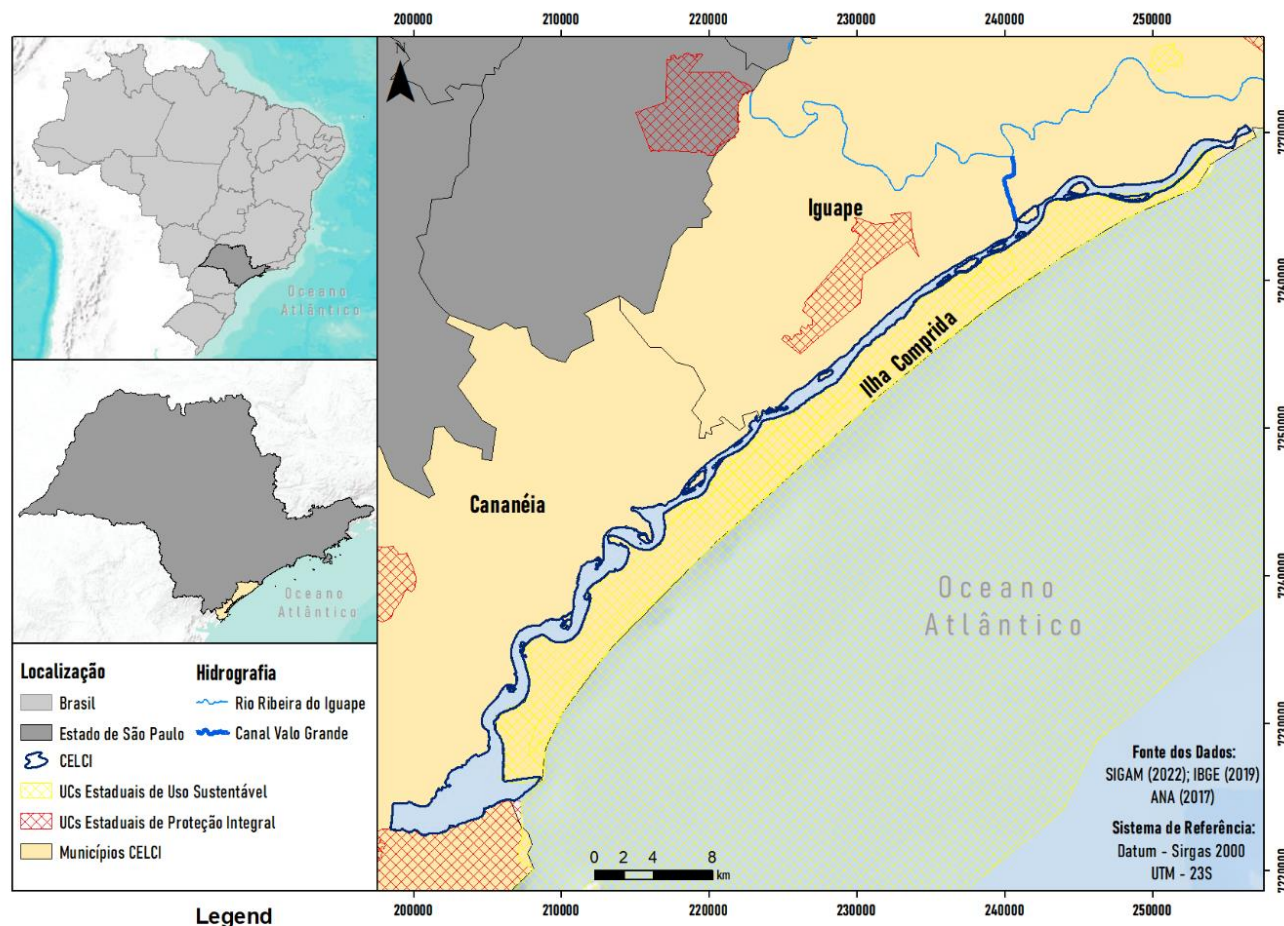


Figura 1 - Localização do Complexo Estuarino Lagunar Cananeia-Iguape (CELCI) no litoral sul do Estado de São Paulo. Fonte: Autoria própria.

Legenda: CELCI: Complexo Estuarino Lagunar Cananeia-Iguape; UCs: Unidades de Conservação.

O complexo lagunar recebe água do oceano ao norte, região denominada Barra do Icapara, e ao sul, pela Barra de Cananeia. A água doce é proveniente do rio Ribeira de Iguape, encontrando o estuário através do Valo Grande e da Barra do Ribeira. Segundo Kottek et al., (2006), essa região estuarina possui a classificação climática de Koppen Cfa, caracterizado por um clima tropical úmido com verões mais quentes e altas precipitações. Batista et al. (2019) estimaram a pluviosidade anual do Vale do Ribeira entre 1.325,6 mm a 2.430,9 mm. É interessante contextualizar a hidrografia e dinâmica da água superficial na área de estudo, e principalmente apresentar dados sobre o Rio Ribeira de Iguape, uma vez que isso influencia diretamente nos resultados. Apesar das diferentes atividades econômicas desenvolvidas na região, o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) de Cananeia, Iguape e Ilha Comprida encontram-se abaixo da média do Estado de São Paulo (PNUD 2013).

2.2 Amostragem e análise da água

A fim de interpolar dados de oxigênio dissolvido (OD); temperatura; pH; e condutividade, uma sonda multiparâmetro da marca AKSO AK 88 (AKSO – Brasil), foi utilizada para amostrar 142 pontos, divididos a cada 500 metros, ao longo do CELCI (Documento Suplementar). Em virtude dos recursos disponíveis, dos 142 amostrados através da sonda multiparâmetro AKSO AK 88 (AKSO – Brasil), apenas sete foram escolhidas para outras análises, sendo elas: salinidade, alcalinidade, dureza, nitrato (NO₃-), amônia (NH₃), sulfato (SO₄-2). Posteriormente, a produtividade primária (PP) e o Índice do Estado Trófico (IET), que foi obtido a partir da análise para Fósforo total – PT (calculado a partir da concentração de fosfato (PO₄-3) multiplicado por 3,06) e da concentração da Clorofila a (C_{la}).

Os resultados das análises obtidas nos sete pontos amostrados manualmente (quatro pontos em Iguape: IGP1; IGP2; IGP3; IGP4; e três pontos em Cananéia: CAN1; CAN2; CAN3) não foram interpolados, em virtude de sua baixa representatividade espacial, e foram amostrados com uma distância aproximada de

14 km entre eles. A localização dos referidos pontos ao longo do CELCI pode ser observada na Figura 2. Tanto a amostragem via sonda multiparâmetro como as amostragens manuais, foram realizadas no dia 14 de janeiro de 2020 na cidade de Iguape e no dia 28 de janeiro de 2020 na cidade de Cananéia.



Figura 2 - Localização dos sete pontos escolhidos para as demais análises que não foram obtidas por meio da sonda multiparâmetro.

Fonte: Autoria própria.

Legenda: CELCI: Complexo Estuarino Lagunar Cananéia-Iguape.

Para analisar alcalinidade, dureza, PT, NO₃⁻, NH₃ e SO₄⁻² das sete amostras obtidas manualmente, utilizou-se método colorimétrico através do fotômetro portátil multiparâmetro. A análise de salinidade foi realizada por meio de refratômetro digital portátil.

Quanto à determinação da Cla (das mesmas amostras), inicialmente as amostras de água (150 ml) foram filtradas em filtro de fibra de vidro de 0,8 micrometros, sendo o filtro posteriormente congelado. A extração do pigmento foi realizada por meio da maceração em nitrogênio líquido e acetona 90%.

Em seguida, o conteúdo foi centrifugado a 12000 RPM à 4 °C, durante 15 minutos. O sobrenadante foi transferido para tubos Eppendorf e mantido no escuro até a análise. A Cla foi determinada por meio de

espectrofotômetro e quantificada de acordo com as absorbâncias e as equações determinadas pelo método de Jeffrey e Humphrey (1975 (Equação 1):

$$Cla = 12,25 \times A664 - 2,7 \times A647 \quad (1)$$

Onde:

A664 = Absorbância no comprimento de onda de 664 nm;

A647 = Absorbância no comprimento de onda de 647 nm.

2.2.1 Cálculo índice do estado trófico (IET):

O IET foi calculado para os sete pontos amostrados manualmente, conforme recomendações da CETESB (2021^a), utilizando a metodologia proposta e modificada por

Lamparelli (2004), obtendo o valor do IET médio (Equação 2) com base nos índices relativos ao fósforo total (IET (PT)) (Equação 3) e a clorofila-a (IET (Cla)) (Equação 4).

$$\text{IET} = \text{IET PT} + \text{IET Cl-a} \quad (2)$$

$$\text{IET Cla} = 10 \times 6^{-0,92 - 0,34 \times \ln \text{Cla}} \quad (3)$$

$$\text{IET PT} = 10 \times 6^{-1,77 - 0,42 \times \ln \text{PT}} \quad (4)$$

Onde:

PT: concentração de PT medida à superfície da água, em $\mu\text{g.l}^{-1}$

Cl-a: concentração de Cla medida à superfície da água, em $\mu\text{g.l}^{-1}$.

Ln: logaritmo natural.

A partir do cálculo efetuado, foi possível determinar IET de cada um dos pontos amostrados, sendo que o índice varia em uma escala de 0 a 100, representado na Tabela 1.

Estado Trófico	Ponderação
Ultraoligotrófico	$\text{IET} \leq 47$
Oligotrófico	$47 < \text{IET} \leq 52$
Mesotrófico	$52 < \text{IET} \leq 59$
Eutrófico	$59 < \text{IET} \leq 63$
Supereutrófico	$63 < \text{IET} \leq 67$
Hipereutrófico	$\text{IET} > 67$

Tabela 1 – Classificação do índice do estado trófico (IET).

Fonte: CETESB (2021^a).

2.2.2 Produtividade primária

As amostras coletadas manualmente foram incubadas por 12h com irradiância de $50 \mu\text{mol}$ de fótons $\text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, mantidas na temperatura da água verificada em campo durante a coleta. Após esse período de incubação, foi realizada novamente a medição da concentração de OD (Esteves 2011), para determinar a respiração da comunidade (RC) (Equação 5), a produtividade primária bruta (PPB) (Equação 6) e a produtividade líquida de comunidade (PLC) (Equação 7).

$$\text{RC} = \text{C1} - \text{C2} \quad (5)$$

$$\text{PPB} = \text{C3} - \text{C2} \quad (6)$$

$$\text{PLC} = (\text{C3} - \text{C2}) - (\text{C1} - \text{C2}) \quad (7)$$

Onde:

C1 = Concentração inicial de OD em mg.l^{-1} .

C2 = Concentração OD no frasco escuro após a incubação em mg.l^{-1} .

C3 = Concentração de OD no frasco claro após a incubação em mg.l^{-1} .

2.2.3 Análise espacial dos parâmetros físico-químicas da água ao longo do CELCI

Referente aos 142 pontos amostrados por meio da sonda multiparâmetro AKSO AK 88 (AKSO – Brasil), os dados obtidos em campo foram planilhados e identificados com as coordenadas coletadas em campo com o auxílio do GPS Garmin Etrex 30 (coordenadas dos pontos fornecidas por meio de Documento Suplementar). Em seguida, os dados geocodificados com os pontos e valores amostrados em campo.

Os arquivos com o limite da região em estudo, que foi delimitado com o auxílio de imagens de satélite corrigidas geometricamente, foram utilizados no processo de interpolação pelo método IDW (Inverse Distance Weighting), conforme Equação (8). Segundo Gardiman Júnior et al. (2012) e Silva et al. (2021), esse interpolador é amplamente utilizado com o expoente igual a dois para espacializar dados pontuais apresentando bons resultados, razão pela qual esse valor foi utilizado neste estudo.

$$Z = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{D_i^p}} \cdot Z_i = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{D_i^p}} \cdot Z_i \quad (8)$$

Sendo:

Z - Variável a ser interpolada

Z_i - Valor da variável da i-ésima localidade vizinha

D_i - Distância euclidiana entre o i-ésimo ponto de vizinhança e o ponto amostrado

P - Expoente espacializador

Após esse processo, foram gerados mapas temáticos de cada parâmetro da água avaliado para verificar a influência ou não das águas que

adentram o CELCI pelo Valo Grande. Os valores amostrados em campo foram analisados estatisticamente, verificando o valor médio, desvio padrão e o coeficiente de correlação de cada um dos parâmetros estudados. Além disso, foi realizado um teste regressão linear múltipla (Equação 9) para verificar se as variáveis se correlacionam entre si.

$$Y=a+b_1x_1+b_2x_2+b_3x_3$$

(9)

Sendo: Y é a variável dependente dos eventos relacionados com o OD, enquanto, a temperatura, condutividade elétrica e o pH (x1, x2, x3) são as variáveis independentes, onde a é o intercepto e (b1, b2, b3) são os coeficientes individuais de explicação das variáveis independentes, que definem o aumento (ou diminuição) da influência na variável Y. Para avaliar a significância do teste foi utilizada a distribuição de probabilidade de F para um nível de decisão $\alpha=0,05$, utilizando o software Bioestat 5.3 (Sales et al. 2019).

2.3 Amostragem e análise do sedimento

A coleta das amostras para a análise dos sedimentos foi realizada em horários de baixa maré e nos mesmos locais das amostragens manuais de água (IGP1; IGP2; IGP3; IGP4; CAN1; CAN2. CAN3 – Figura 2), no dia 14 de janeiro de 2020 na cidade de Iguape e no dia 28 de janeiro de 2020 na cidade de Cananéia. O sedimento foi coletado por meio de um amostrador de sedimentos, com a retirada das amostras em triplicata de 60 cm. Essas amostras foram subdivididas a cada 10 cm.

2.3.1 Determinação do teor de água no sedimento

A determinação do teor de água no sedimento foi realizada em triplicata, utilizando 2 g da amostra, retirando porções dos primeiros 10 cm da amostra e dos últimos 60 cm. O material foi colocado em estufa à 104°C por 24h, em cadinhos de porcelana previamente pesados. Após 24h, os cadinhos foram novamente pesados para determinação do teor de água (TA), conforme Equação 10.

$$TA=PS-PE$$

(10)

Sendo:

PS é o peso dos cadinhos com as amostras antes de ser colocado na estufa;

PE é o peso dos cadinhos com as amostras após 24h na estufa à 104°C.

2.3.2 Determinação do teor de matéria orgânica do sedimento

Após retirar os cadinhos da estufa, estes foram submetidos à calcinação em forno tipo mufla à 500 °C por 3h. Depois, foram pesados novamente para determinação do teor de matéria orgânica (TMO), através da Equação 11 (Carmo e Silva 2012).

$$TMO=PE-PM$$

(11)

Sendo:

PE é o peso dos cadinhos com as amostras o após 24h na estufa à 104°C;

PM é o peso dos cadinhos com as amostras após 3h na mufla à 500°C.

2.3.3 Determinação da salinidade do sedimento

Em laboratório, 2 g de cada amostra foi solubilizado em 10 ml de água destilada utilizado o agitador de sedimento. Após a homogeneização, esperou-se a decantação do sedimento. Posteriormente, a análise do teor de salinidade foi realizada utilizando refratômetro (Pestana et al. 2017).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Análise da água

A Tabela 2 está organizada com os valores médios, desvio padrão e coeficiente de variação dos 142 pontos amostrados com a sonda multiparâmetro AKSO AK 88 (AKSO – Brasil). O OD, que se refere a quantidade de oxigênio não composto dissolvido em um volume de água, apresentou uma média de 4,2 mg/l e homogeneidade no conjunto de dados coletados. Porém, conforme proposto pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) na Resolução 357/2005, a concentração de OD em águas salobras classe 1, não deve ser inferior a 5 mg/L.

	OD	T (°C)	pH	Condutividade
Média	4,2	28,8	7,9	29,3
DP	0,8	0,9	0,3	12,6
CV	0,20	0,03	0,04	0,43

Tabela 2 - Estatística descritiva dos resultados obtidos nos 142 pontos amostrais utilizando a sonda multiparâmetro AKSO AK 88 (AKSO – Brasil).

Fonte: Autoria própria.

Legenda: DP: Desvio padrão; CV: Coeficiente de variação; OD: Oxigênio dissolvido.

A temperatura apresentou uma média de 28,8°C e homogeneidade no conjunto de dados, por possuir uma variabilidade mínima em relação à média. Embora a temperatura varie ao longo do dia e da estação, ela pode ainda ser influenciada por fatores externos, como o clima local, incidência de chuva e ventos. Visto isso, para se obter valores mais precisos, é recomendável observar esse parâmetro em cada ponto amostrado no mesmo horário.

Já o pH, teve um valor médio igual a 7,9, também foi considerado um dado homogêneo por apresentar um coeficiente de variação próximo a 0. Portanto, foi possível identificar que o pH se encontra dentro dos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005, que por sua vez determina a faixa aceitável do pH para águas salobras com o valor de 6,5 a 8,5 (CONAMA 2005).

O pH é uma medida relacionada às concentrações de íons OH⁻ ou de íons H⁺ presente na solução. Quanto maior for a concentração de H⁺ menor será o pH e quanto maior for a concentração de OH⁻ maior será o pH, sendo 7 o valor neutro. Valores abaixo de 7 indicam maior presença de H⁺ com relação a OH⁻ e indicam uma água ácida ou de alta acidez, valores acima de 7 indicam solução básica ou de alta alcalinidade. Na natureza, o pH é influenciado pelo solo sobre o qual está o corpo de água, ou por ação humana, pois pode ser alterado devido ao despejo de esgoto

doméstico e dejetos industriais (Coradi et al. 2009; Santos et al. 2021; Rizzo et al. 2022).

A condutividade elétrica se refere a facilidade com a qual a água permite a passagem de corrente elétrica, sendo medida em µS/cm (microsiemens por centímetro), onde apresentou uma média de 29,3 µS/cm, com um desvio padrão 12,6 e um coeficiente de variação de 0,43. Desta forma, foi possível identificar uma maior variabilidade em relação à média, já que o coeficiente de variação foi maior do que 25%, mostrando que o conjunto das amostras não possui homogeneidade.

As alterações na condutividade elétrica podem estar relacionadas com a presença de materiais inorgânicos como, por exemplo, cloretos, sulfetos, carbonatos e fosfatos que são diluídos em água. O fato dessas substâncias estarem possivelmente presentes, aumentam a condutividade da água por serem eletrólitos, que ao se dissolverem na água, contribuem para a condução de eletricidade e o acúmulo de matéria orgânica.

A Figura 3 apresenta o mapa da variação espacial da temperatura (°C) da água para o CELCI, obtida por meio da interpolação dos resultados obtidos na amostragem pela sonda multiparâmetro. As temperaturas mais elevadas foram identificadas na região de Subaúma e Pedrinhas, que estão localizadas mais ao centro do CELCI (30,4 °C). Já ao norte de Iguape e na região central de Cananéia foi verificado temperaturas mais baixas, em torno de 27,7 °C.

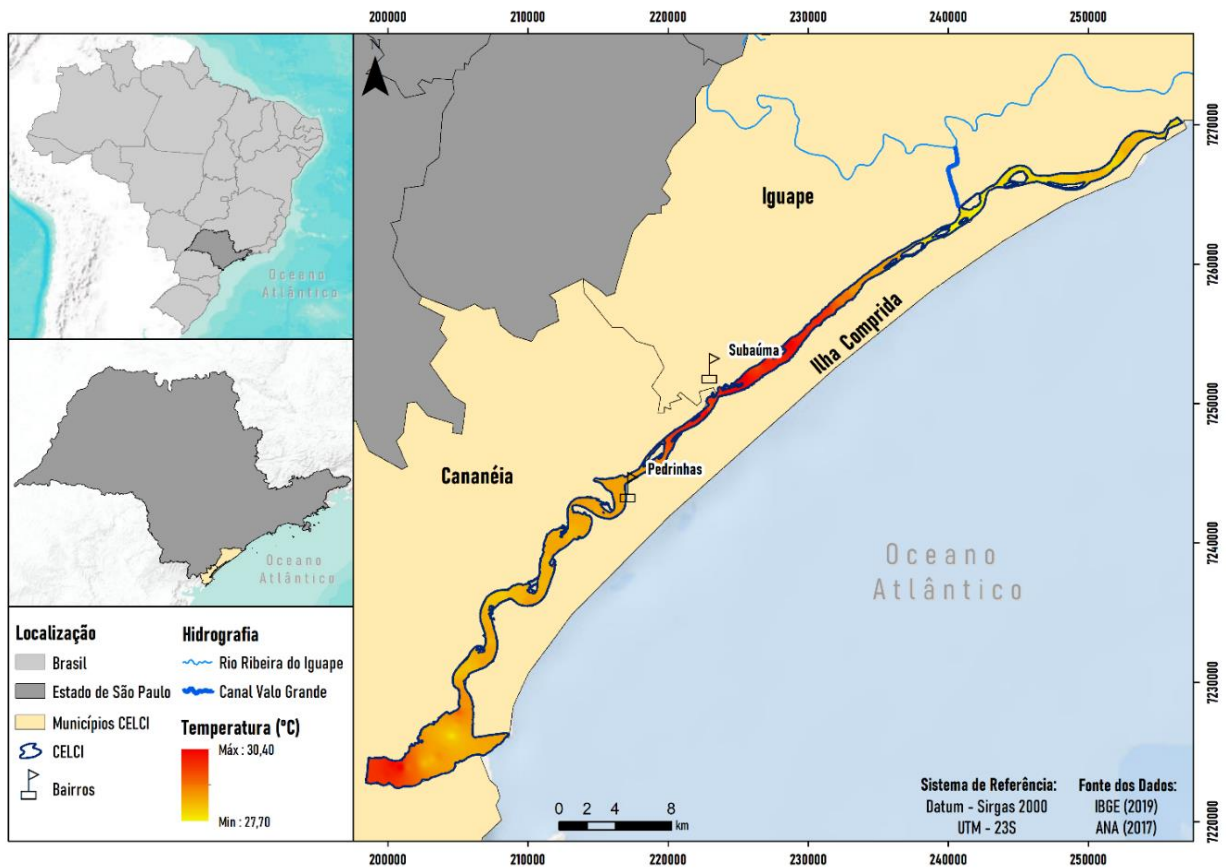


Figura 3 - Variação espacial da temperatura da água no Complexo Estuarino Lagunar Cananea-Iguape (CELCI) obtida por meio da interpolação *Inverse Distance Weighting* (IDW).
Fonte: Autoria própria.

O aumento gradativo da temperatura pode ser interpretado como efeito do horário de coleta, pois observou-se que conforme aumentava a temperatura do clima externo e a incidência de luz solar, também aumentava a temperatura da água amostrada. Portanto, a variação da temperatura se deu devido ao tipo de sonda utilizada (Sonda Multiparâmetro AKSO AK

88) condicionada pela variação de temperatura durante o dia.

A Figura 4 representa o mapa com a distribuição espacial da condutividade elétrica. Foi observado que os maiores valores de condutividade elétrica estavam presentes próximo a região de Subaúma e na região norte de Iguape, com valor de 1.065,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

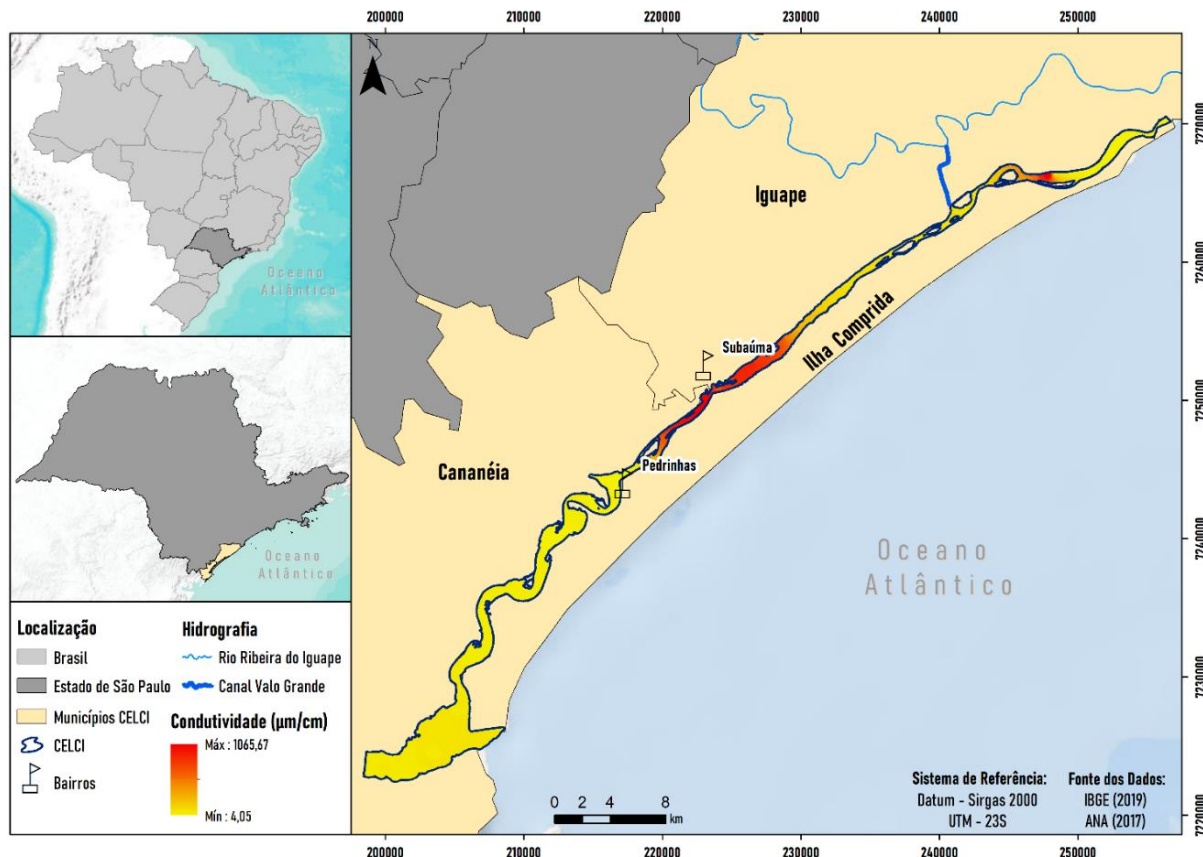


Figura 4 - Variação espacial da condutividade elétrica da água no Complexo Estuarino Lagunar Cananeia-Iguape (CELCI) obtida por meio da interpolação Inverse Distance Weighting (IDW).

Fonte: Autoria própria.

O assoreamento na região tem ocorrido de forma tão rápida e intensa que se observa obstrução crescente na foz original do rio Ribeira de Iguape (ao norte em Iguape) e em Cananeia, em consequência, os canais da região apresentam profundidade inferior a 15 m, e o canal do Valo Grande, que inicialmente possuía 4 m de largura e 7 m de profundidade, atualmente possui 250 m de largura e 15 m de profundidade (Saito et al. 2006). Segundo Mahiques et. al. (2011), a taxa média de erosão no Valo Grande é de mais de quatro metros por ano.

A intensificação dos processos erosivos e os processos de assoreamento são destacadas como os principais impactos do Valo Grande (Souza & Oliveira 2016; Cornaggia et al. 2018), de modo que as variações significativas na composição mineralógica retificam que a entrada sedimentar no CELCI mudou durante os últimos 165 anos em resposta às aberturas e fechamentos do canal de Valo Grande (Cornaggia et al. 2018). Portanto, um aumento

no acúmulo de aporte de nutrientes no complexo está relacionado com a presença do canal do Valo Grande e sua contribuição para o aporte de sedimentos, hipótese reforçada pela análise da Figura 2, pois é possível verificar a mudança de coloração da água ao longo dos pontos amostrados manualmente (IGP1; IGP2; IGP3; IGP4, CAN1; CAN2; CAN3).

Conforme é apresentado na Figura 5, a região próxima a Subaúma até o sul do CELCI, próximo de Cananeia, obteve altos valores de OD na água, com valores próximos a 5,5 mg/L. O OD apresentou um valor máximo de 5,5 mg/L e um valor mínimo de 2,3 mg/L. Os resultados do monitoramento ao sul do CELCI, em Cananeia, realizado pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) em 2021, apresentou valor médio de OD igual a 6,4 mg/L, em concordância com os resultados observados neste estudo. No Rio Ribeira de Iguape, esse valor variou de 4,9 mg/L (a noroeste do Rio Ribeira de Iguape) e 6,8 mg/L no Valo Grande (CETESB 2021b).

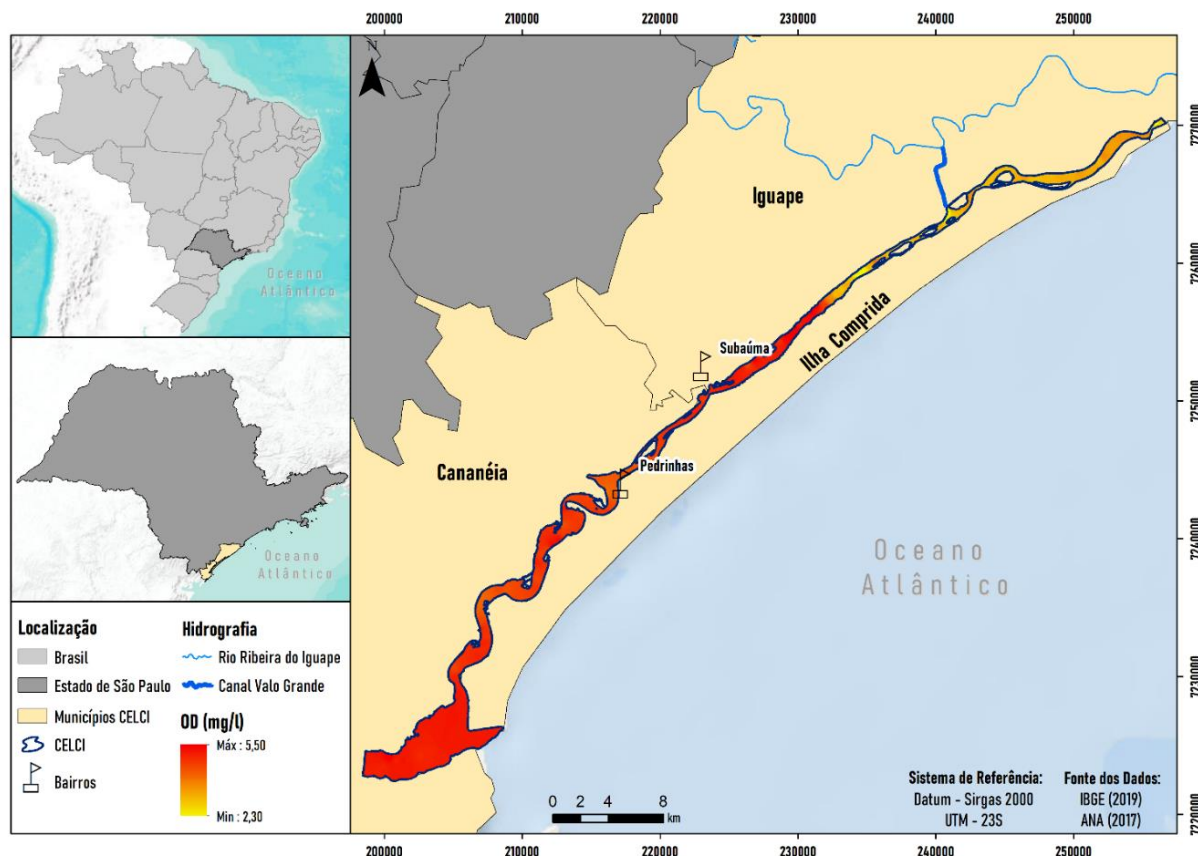


Figura 5 - Variação espacial do oxigênio dissolvido da água no Complexo Estuarino Lagunar Cananeia-Iguape (CELCI) obtida por meio da interpolação *Inverse Distance Weighting* (IDW).
Fonte: Autoria própria.

Através do desvio das águas pelo Valo Grande, o rio Ribeira de Iguape passou a contribuir com o maior aporte de água doce para o sistema estuarino-lagunar, cerca de 70% de seu volume total (CBH-RB, 2008), que tem contribuído para o aglomeramento de macrófitas aquáticas nas regiões de mangue do CELCI (Prado et al. 2019), fato que foi possível observar durante a coleta, devido a presença de uma grande quantidade de plantas aquáticas de água doce como, por exemplo, aguapé (*Eichhornia crassipes*).

Assim, com base nos valores obtidos, compreende-se que a presença de macrófitas possivelmente ajuda na produção de oxigênio através da fotossíntese durante o dia. Porém, seriam necessários mais estudos através de coletas noturnas para verificar se as plantas são as responsáveis por esses valores encontrados, ou se durante a noite os valores de OD são mais baixos devido a abundância dessas plantas e seu consumo de oxigênio na fase noturna.

Além disso, o maior aporte de sedimentos provenientes do rio Ribeira de Iguape (Prado et al., 2019), é capaz de contribuir para redução da fotossíntese nas regiões mais próximas do

canal, uma vez que as partículas em suspensão reduzem a profundidade de penetração da luz no ambiente aquático. De acordo com os resultados do monitoramento da CETESB, entre 2016 a 2020, a turbidez do Rio Ribeira de Iguape, no Valo Grande, possui uma média de 33 UNT e CE de 101 $\mu\text{S}/\text{cm}$. À noroeste do Valo Grande, esses valores são menores, turbidez média igual a 27 UNT e CE média igual a 84 $\mu\text{S}/\text{cm}$, sugerindo que há carreamento de sedimentos ao longo do trecho do Rio Ribeira de Iguape até a sua chegada no canal.

O pH apresentou um valor máximo de 8,2 e um valor mínimo de 6,8 (Figura 6). O valor máximo foi observado na região sul de Cananéia, próximo ao encontro com a água do mar, e foi diminuindo gradativamente conforme proximidade com o Valo Grande. O valor mínimo foi observado em Iguape, que aumentou gradativamente até a região onde há o encontro da água doce com a água do mar. A CETESB em 2021 verificou valores médios de pH variando de 6,83 a 7,21 ao longo do Rio Ribeira do Iguape, de modo que o menor valor médio foi observado no Valo Grande (CETESB 2021c), assim como observado neste estudo.

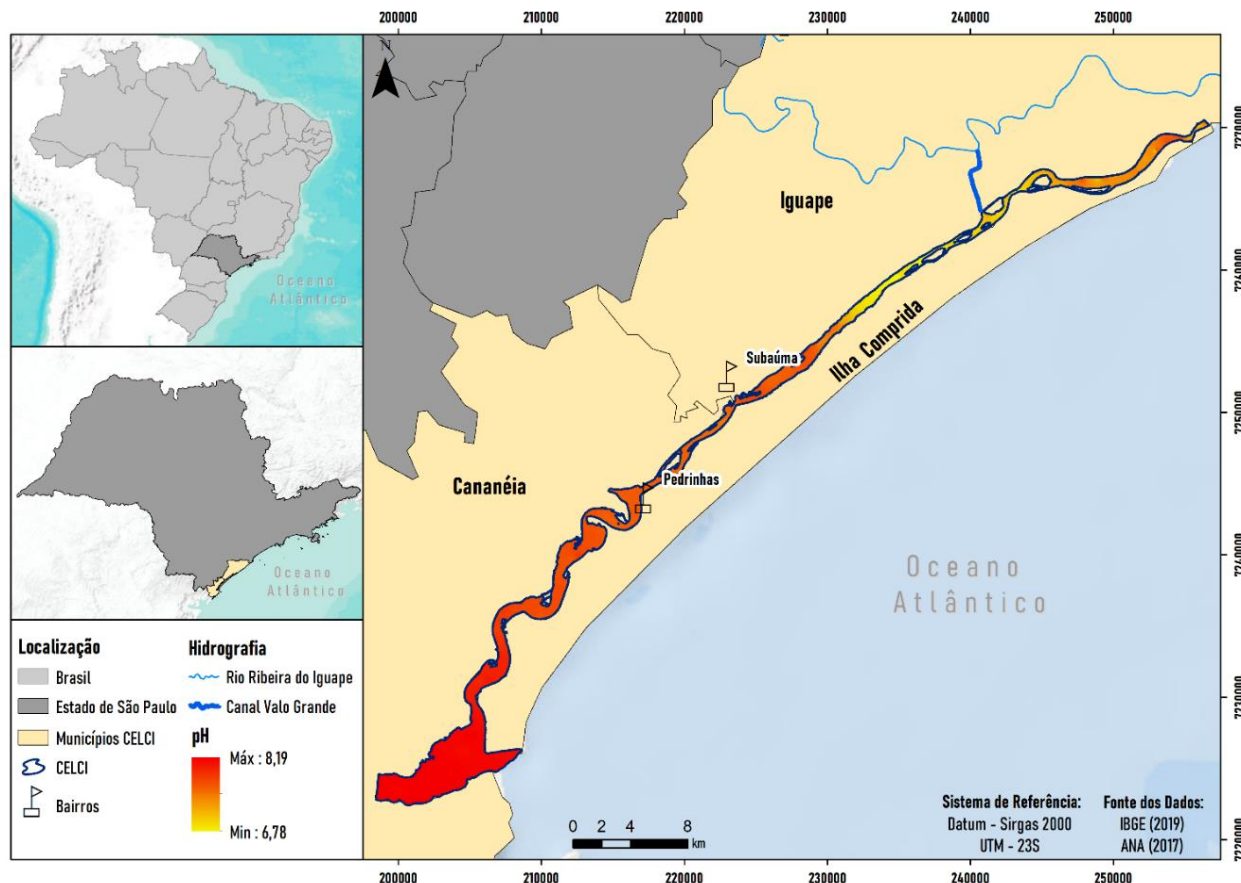


Figura 6 - Variação espacial do pH da água no Complexo Estuarino Lagunar Cananeia-Iguape (CELCI) obtida por meio da interpolação Inverse Distance Weighting (IDW).

Fonte: Autoria própria.

Apesar do pH não apresentar variabilidade estatística significativa, a visualização espacial da distribuição dos valores desse parâmetro sugere que as regiões próximas ao Valo Grande sofrem a influência da entrada da água por meio desse canal. Principalmente pelo fato de que o pH é influenciado pela concentração de ácidos orgânicos dissolvidos na água (Koch et al. 2017).

Esses ácidos podem ter origem natural, como a decomposição da vegetação ciliar (Costa et al. 2021; Silva et al. 2021), ou origem antrópica, como assoreamento, desmatamento, descarte irregular de resíduos e plantio agrícola (Silva et al. 2017; Braga et al. 2022), sendo importante mencionar que o transporte de água para o CELCI através do Valo Grande, também contribui para os aportes de poluentes provenientes de toda extensão do rio Ribeira de Iguape (Prado et al. 2019).

Apesar da alta representatividade da formação florestal na área em estudo, conforme observado na Figura 2 e relatado por outros autores em estudos sobre o Vale do Ribeira (Batista et al. 2021; Coliado et al. 2022), Damasio Neto et al. (2019), relataram a

diminuição da área de manguezal na porção sul do CELCI (em Cananeia – Figura 1) em 14,5% entre 2010 e 2015. Considerando esse cenário e que o uso agropecuário representa a segunda maior classe de uso e cobertura da terra no Vale do Ribeira (Batista et al. 2021; Coliado et al. 2022), destaca-se a relevância de se considerar tais usos como responsáveis pela degradação do solo e da água, principalmente em virtude das condições insustentáveis em que essas atividades muitas vezes são desenvolvidas (Nery et al. 2022).

Ao avaliar a correlação entre os parâmetros estudados, verificou-se uma correlação de 74,7% e que o OD é uma variável dependente das variáveis de temperatura e pH. Entretanto, constatou-se pelo coeficiente de determinação (r^2) que apenas 55,82% da variável dependente é explicada pelas variáveis citadas anteriormente, sugerindo que outros fatores externos, não avaliados no presente estudo, possam atuar como preditores do aumento de OD, uma vez que o valor de F (regressão) foi de 3,138 com valor muito significativo ($p < 0,001$), rejeitando a hipótese de nulidade e validando a análise estatística efetuada.

Ressalta-se que a única variável que não está associada ao OD neste estudo é a condutividade elétrica, pois foi igual 0,2399, o que pode estar associado com a alta variabilidade da condutividade elétrica ao longo do CELCI.

Em relação aos demais parâmetros analisados (salinidade, alcalinidade, dureza, NO₃⁻, NH₃, SO₄²⁻, PP, IET, PT e Cla), estes não foram interpolados em virtude de sua menor representatividade espacial quando comparada aos 142 amostrados pela sonda multiparâmetro, além disso, destaca-se que em

virtude dos recursos disponíveis, mais pontos não foram possíveis de serem amostrados. Porém, a análise dos sete pontos coletados manualmente permitiu verificar que os pontos mais afastados da influência do Valo Grande (CAN 1, CAN2 e CAN3 – Figura 2) apresentam valores de salinidade em contraposição aos outros pontos que estão mais próximos do canal (Tabela 3), sendo possível inferir que o aporte de água doce nessa região modifica as características do CELCI.

			IGP 1	IGP2	IGP3	IGP4	CAN 1	CAN2	CAN 3	MÉDIA	DP	CV
Físico-químico	pH	-	7,4	7,0	7,2	7,6	7,7	7,8	8,1	7,5	0,3	0,1
	Temperatura	°C	27,9	27,9	30,4	30,1	28,6	28,2	29,1	28,9	1,0	0,0
	OD	mg.l ⁻¹	3,0	3,4	5,0	5,0	3,9	4,6	5,2	4,3	0,8	0,2
	Condutividade	uS.cm ⁻¹	17,0	55,1	122,1	760,0	14,1	23,7	42,2	147,7	252,3	1,7
	Salinidade	mg.l ⁻¹	0,0	0,0	0,0	0,0	18,0	11,0	25,0	7,7	9,7	1,3
	Alcalinidade	mg.l ⁻¹	54,0	33,0	26,5	37,0	39,5	45,0	81,5	45,2	16,9	0,4
	Dureza	mg.l ⁻¹	571,0	0,0	0,0	83,5	582,0	1045,0	945,0	460,9	408,8	0,9
	Sulfato	mg.l ⁻¹	410,0	30,0	15,0	46,0	325,0	740,0	650,0	316,6	279,2	0,9
	Fósforo Total	mg.l ⁻¹	0,3	0,5	0,1	0,5	0,2	0,1	0,3	0,3	0,2	0,6
	Nitrato	mg.l ⁻¹	0,0	0,0	0,0	0,0	4,3	1,2	0,7	0,9	1,5	1,7
Amônia	mg.l ⁻¹	0,2	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	1,5	
PP	RC	mg O ₂	275,0	483,3	275,0	275,0	408,3	366,7	191,7	325,0	91,8	0,3
	PPB	.m ⁻³ .h ⁻¹	391,7	458,3	358,3	341,7	537,5	487,5	262,5	405,4	87,7	0,2
	PLC		116,7	-25,0	83,3	66,7	129,2	120,8	70,8	80,4	48,9	0,6
IET	Cla	µg.l ⁻¹	44	44	55	52	49	51	54	50	4	0
	PT	µg.l ⁻¹	40	37	28	32	33	33	37	34	4	0
	IET	-	42	41	42	42	41	42	46	42	4	0

Tabela 3 – Resultados e estatística descritiva obtidos nos sete pontos amostrados manualmente para análise físico-química da água, produtividade primária (PP) e índice do estado trófico (IET).

Os maiores valores de salinidade na região sul de Cananéia indicam maior influência do mar aberto, enquanto a diminuição da salinidade indica maior influência de água doce, ocasionando um gradiente de salinidade ao longo do CELCI (Matta & Flynn 2008). Além

disso, em função da diminuição da salinidade próxima ao canal, os bancos de macrófitas presentes em regiões de mangue também são um indício de eutrofização (Barrera-Alba et al. 2007).

Os pontos IGP2 e IGP3 (Figura 2) apresentaram os menores valores de alcalinidade e dureza, sendo estes os pontos mais próximos do Valo

Grande. Ambos os parâmetros são influenciados pela presença de íons presentes na água. Nesse sentido, considerando que o CELCI apresenta características de águas salobras, é esperado que se obtenha valores de alcalinidade e dureza superiores aos observados nos respectivos pontos citados, valores esses observados nas regiões mais afastados do canal (CAN2 e CAN3 - Figura 2), assim como verificado pela CETESB (2021c), com valor médio de dureza no Sul do CELCI (em Cananéia) igual a 4392,50 mg/L, enquanto os valores médios de dureza no Rio Ribeira de Iguape variaram de 28,73 a 28,93 mg/L.

Águas salinas abrangem maiores quantidades de sulfato, servindo de subsídio para bactérias redutoras presentes no sedimento de manguezal (Schaeffer-Novelli 2015). Sendo assim, verifica-se novamente a influência do Valo Grande no complexo estuarino, pois os pontos amostrados apresentaram homogeneidade entre os pontos mais próximos do canal (com menores valores na concentração de sulfatos) e os mais distantes do canal (com maiores valores na concentração de sulfatos). O menor valor da concentração de sulfatos totais observados pela CETESB em 2021 foi no Rio Ribeira de Iguape (<1 mg/L) e a maior concentração ao sul do CELCI (2040 mg/L). Águas mais ácidas são capazes de diminuir a concentração de sulfatos (Berrêdo et al. 2008), corroborando com os resultados de pH observados nos pontos IGP2 e IGP3 (Figura 2)

Quanto aos nutrientes dissolvidos (NO₃⁻, NH₃ e PT), destaca-se as concentrações de nitrato

nos pontos CAN1 e CAN2 (4,3 mg/l e 1,2 mg/l, respectivamente) e as concentrações de PT nos pontos IGP3 e IGP4 (ambos 0,5 mg/l). A localização dos referidos pontos pode ser observada na Figura 2. De acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005, águas salobras classe 1, devem possuir concentração máxima de nitrato igual a 0,40 mg/l, enquanto a concentração máxima de fósforo total deve ser igual a 0,124 mg/l (CONAMA 2005).

Os valores de IET caracterizam o estado trófico do CELCI como ultraoligotrófico, pois esses se encontram abaixo de 47 (Tabela 3). Contudo, o relatório da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) divulgado em 2021, relata valores de IET correspondentes ao nível mesotrófico em três pontos monitorados ao longo do CELCI (CETESB 2021b).

O IET calculado para o PT é compreendido como uma medida do potencial de eutrofização, pois o fósforo é agente causador desse processo, enquanto o IET para Cl-a indica a resposta do corpo hídrico ao agente causador (CETESB 2021a). Portanto, os valores de IET para Cl-a (Figura 7) são um alerta para a potencial eutrofização do CELCI, uma vez que esse sofre influência da água do rio Ribeira de Iguape, que apresenta características eutrofizantes de acordo com resultados de monitoramento realizados pela CETESB (2021b), os quais apresentam valores de PT variando de 0,05 mg/l (em Cananéia) a 0,21 mg/l (no Valo Grande), e valores de Cl-a variando de 1,2 µg/l (em Iguape) a 10 µg/l (em Cananéia).

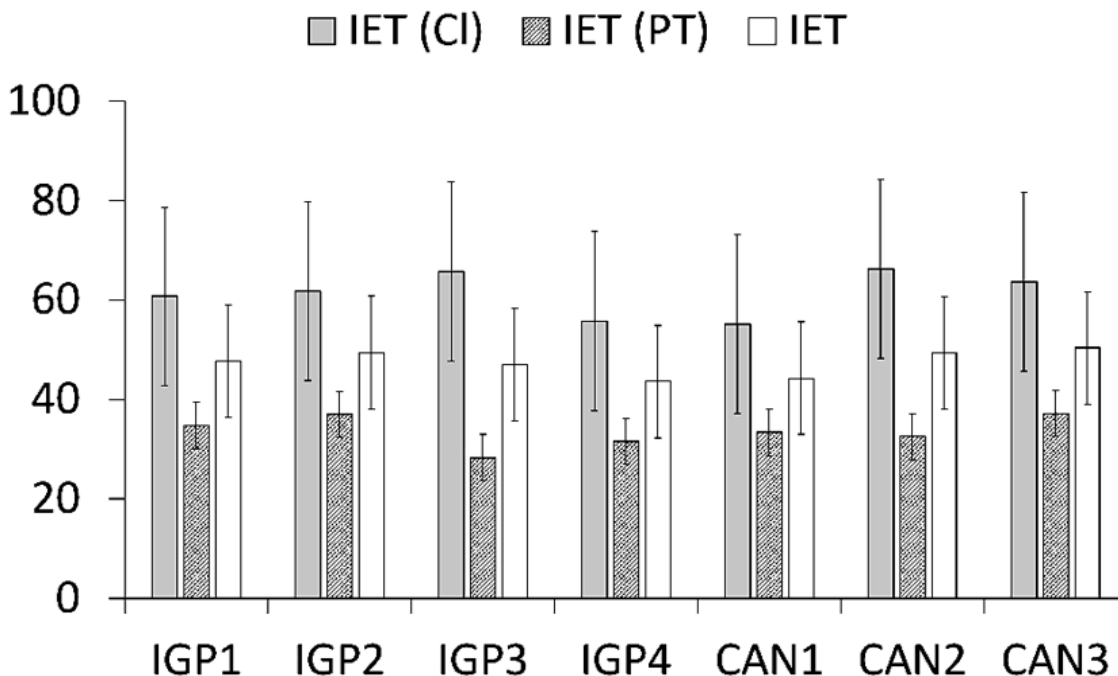


Figura 7 - Índice de Estado Trófico da clorofila (IET CI), Índice de Estado Trófico do fósforo (IET PT) e índice de estado trófico (IET). Barras verticais representam desvio padrão (n = 3).

Quanto à produtividade primária, com a exceção do ponto IGP2 que apresentou saldo negativo para PLC, todos os pontos apresentaram saldo positivo entre a PPB, PLC

e RC (Tabela 3). O ponto IGP2 quando comparado aos outros pontos, é diretamente afetado pelo Valo Grande, pois a redução da PPB com 16% e o aumento da RC com 62%, levaram ao saldo negativo da PLC em -26% (Figura 7).

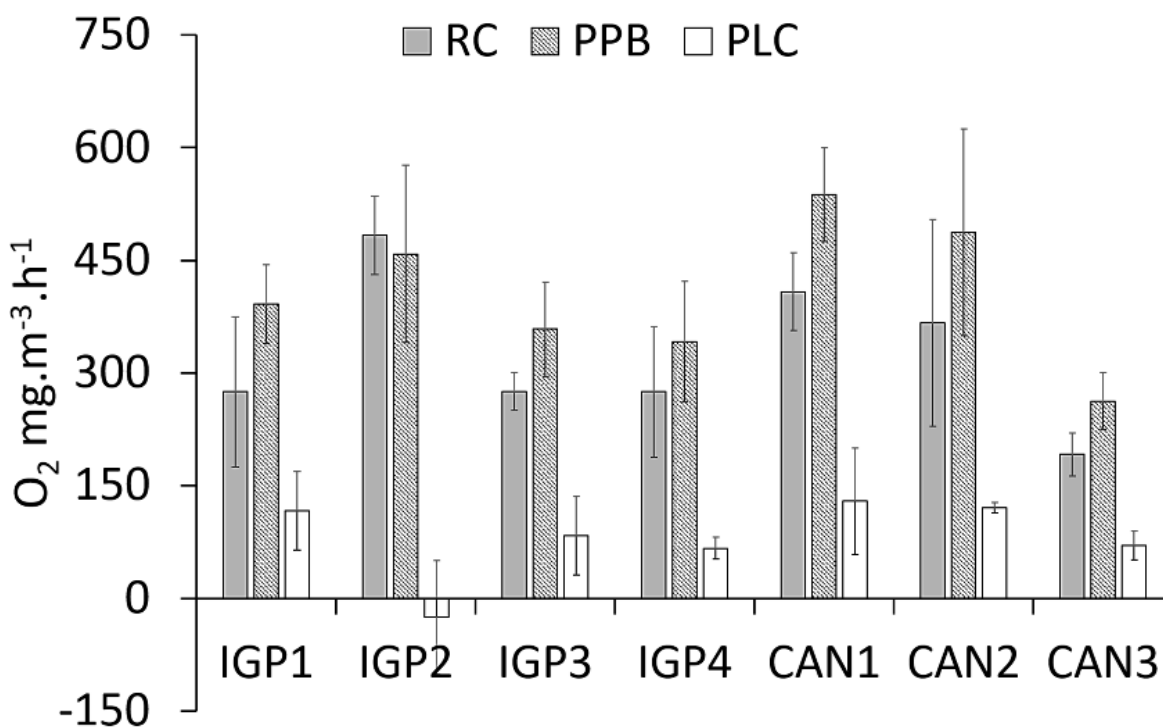


Figura 8 - Respiração da comunidade (RC); Produtividade Primária Bruta (PPB) e Produtividade Líquida da Comunidade (PLC). Dados em mg de oxigênio dissolvido por m³ por hora. Amostras incubadas por 8 h, 30 ± 1°C e irradiância de 50 ± 5 μmol fótons m⁻².

Esses resultados são indicadores importantes de desequilíbrio ecológico, pois se o consumo de

oxigênio na respiração é maior do que é produzido na fotossíntese, a fauna presente no CELCI será afetada pela falta de oxigênio necessário para suprir a demanda. Compreendendo a relevância ambiental e econômica dos estuários, essa redução detectada na PLC prejudica o funcionamento da dinâmica do ambiente.

Portanto, conforme recomendado por Prado et al. (2019), o aporte de matéria orgânica no rio Ribeira de Iguape requer atenção em virtude dos despejos de esgotos urbano, fertilizantes agrícolas e agrotóxicos, que por sua vez favorecem a eutrofização, pois, apesar dos valores de nitrato observados nas campanhas da CETESB em 2021 no Rio Ribeira de Iguape estarem em conformidade com a Resolução CONAMA 357/05, valores de PT acima do recomendado foram encontrados, com valor máximo de 0,32 mg/L do PT no Valo Grande (CETESB 2021c).

3.2 Análise do sedimento

Em relação às análises do sedimento, os resultados indicam maior capacidade de retenção de água no sedimento do manguezal nos pontos de Cananea (CAN1, CAN2 e CAN3) do que nos pontos de Iguape (IGP1, IGP2 e IGP3) (Figura 9 e Tabela 4). Essa característica pode ser relacionada com a mudança no padrão da sedimentação por ação do Valo Grande, caracterizada pela passagem do sedimento lamoso, composto por partículas pequenas e com elevada capacidade de retenção de água, para um sedimento com característica arenosa, afetando diretamente a capacidade de retenção de matéria orgânica. A localização dos referidos pontos pode ser observada na Figura 2.

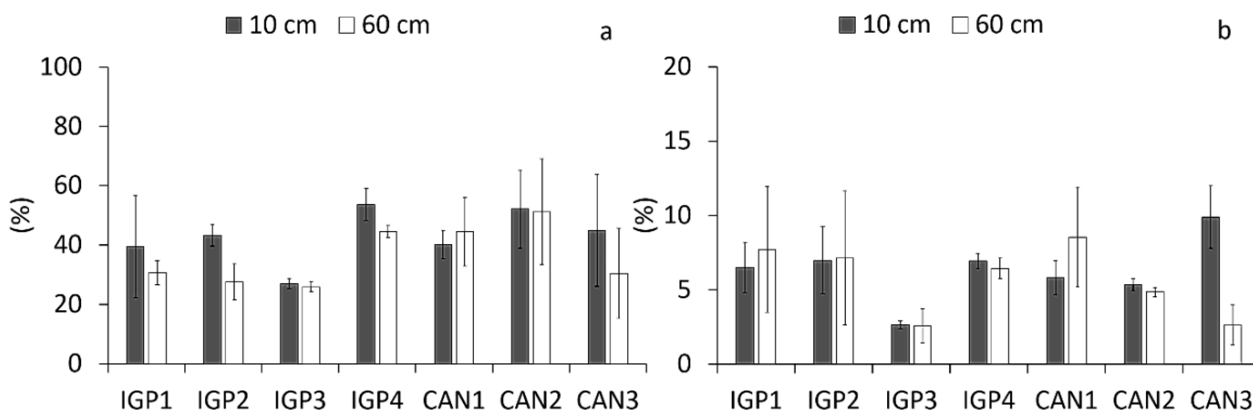


Figura 9 - (A) Teor de água do sedimento em % após 24 h na estufa à 105 °C; (B) Teor de matéria orgânica em % após 3 h na mufla à 500 °C. Barras verticais representam desvio padrão (n = 3).

Fonte: Autoria própria.

	IGP1	IGP2	IGP3	IGP4	CAN1	CAN2	CAN3	Média	DP	CV
TA	0,70	0,71	0,53	0,98	0,85	1,03	1,52	0,90	0,3	0,33
TMO	0,05	0,05	0,07	0,07	0,06	0,05	0,02	0,05	0,02	0,30
Salinidade	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabela 4 – Resultados e estatística descritiva obtidos nos sete pontos amostrados manualmente para análise físico-química da água, produtividade primária (PP) e índice do estado trófico (IET).

Fonte: Autoria própria. Legenda: DP: Desvio padrão; CV: Coeficiente de variação; TA: Teor de água; TMO: Teor de matéria orgânica.

Saito et al. (2006), verificaram predominância de lama em amostras de sedimento obtidos no

Valo Grande, enquanto sedimentos localizados mais ao sul do CELCI (regiões de Ilha Comprida e Cananéia) possuem a prevalência de areia fina, refletindo a dinâmica de circulação dos canais presentes nesse complexo estuarino-lagunar. Os autores retificam que as regiões próximas do Valo Grande recebem maior carga de sedimentos finos em virtude do rio Ribeira de Iguape, e que apesar das demais regiões não serem afetadas pelas descargas desse rio, elas recebem cargas de sedimentos de pequenos cursos d'água locais.

A variabilidade de matéria orgânica corrobora com os resultados de Saito et al. (2006), de modo que os autores sugerem que maiores teores de matéria orgânica refletem a intensa atividade biológica nas regiões próximas à manguezais. Contudo, as alterações na granulometria e na textura do sedimento afetam não apenas o teor de água, mas também o teor de matéria orgânica (Prasad & Ramanathan 2008).

Esses sedimentos que são transportados em suspensão ao longo de toda a bacia hidrográfica do rio Ribeira de Iguape são depositados predominantemente no CELCI, porém, durante a maré baixa são transportados e depositados à sudeste do complexo, contribuindo para a expansão dos manguezais dessa região (Saito et al. 2006).

O rio Ribeira do Iguape e sua extensa bacia hídrica contribuem significativamente com a descarga de sedimentos finos ricos em matéria orgânica no CELCI (Saito et al. 2006), o que pode afetar a capacidade de troca iônica do sedimento, afetando a capacidade de sobrevivência da biota local (Prasad & Ramanathan 2008).

De acordo com Albergaria-Barbosa et al. (2023), o teor da matéria orgânica no CELCI está associado à deposição de sedimentos finos, em virtude da mata ciliar presente nos rios que contribuem para o sistema. Contudo, os pesquisadores verificaram que há uma diferença na composição da matéria orgânica presente nos sedimentos da região, pois a região norte é influenciada pelo rio Ribeira de Iguape em virtude de sua mata ciliar, enquanto a região centro-sul há uma influência relativamente maior da vegetação de mangue.

Além disso, considerando o ambiente salobro do CELCI, era esperado concentrações de salinidade nos pontos amostrados, porém situação inversa foi observada, sugerindo que a entrada de água doce através do canal também alterou essa característica local.

A diminuição da salinidade no estuário em consequência do fluxo constante de água doce proveniente do rio Ribeira de Iguape, impacta negativamente no desenvolvimento da fauna aquática local, que tem como habitat um ambiente salino e, conseqüentemente, geram prejuízos à economia local que tem a pesca como fonte de renda (Contente 2013). Além disso, ao diminuir a salinidade do estuário, há um comprometimento da manutenção dos manguezais na região (Cunha-Lignon & Kampel 2011; Cunha-Lignon et al. 2011).

As avaliações da água e do sedimento realizadas ao longo do CELCI são relevantes para a compreensão das condições ambientais estuarinas em relação à interferência do Valo Grande, sendo possível observar sua influência. Desta forma os resultados indicam não apenas um retrato atual das condições do CELCI, mas também um potencial risco para manutenção da resiliência do ecossistema, sugerindo a implementação de um plano de monitoramento ambiental ao longo do complexo estuarino, dada a sua relevância e importância no contexto socioeconômico e ambiental.

4. CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos por meio da análise espacial dos 142 pontos amostrados, verificou-se heterogeneidade na distribuição dos valores de condutividade ao longo do CELCI, com valores superiores a 1.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ nas regiões mais próximas ao Valo Grande, sugerindo que o aumento no acúmulo de aporte de nutrientes no complexo está relacionado com a presença do canal, pois essa característica pode ser relacionada com os resultados obtidos para análise de nutrientes dissolvidos nos pontos IGP3, IGP4 e CAN1.

A visualização espacial OD também indica a influência do canal. Apesar de estar distribuído de forma mais homogênea ao longo do CELCI,

os valores de OD nas regiões próximas ao Valo Grande demonstram a influência da entrada da água por meio do canal, pois verifica-se menores valores logo após o encontro do rio Ribeira de Iguape com o complexo-estuarino. Além disso, o ponto IGP2 possui um saldo negativo da PLC em -26%, corroborando com o fato desse ponto apresentar a menor concentração de OD.

O parâmetro pH também se comportou espacialmente de forma homogênea, mas sua distribuição ocorre de forma semelhante ao OD, com valores menores nas regiões próximas ao Valo Grande. Nesse sentido, considerando os pontos amostrados do CELCI, os maiores valores de pH ao sul do complexo corroboram com as maiores concentrações de alcalinidade observadas em CAN 2 e CAN3.

Além disso, pelas características salobras da região, era esperado que ao longo do complexo os valores de dureza fossem superiores aos observados em Iguape (IGP2, IGP3 e IGP4). Os maiores valores na concentração de sulfatos também foram verificados nos pontos amostrados mais distantes do canal, substanciando o fato de que o Valo Grande influencia e modifica as características originais do CELCI. Quanto aos nutrientes dissolvidos, destaca-se condições favoráveis para eutrofização em função das concentrações de nitrato nos pontos CAN1 e CAN2 e PT nos pontos IGP3 e IGP4.

Em relação aos sedimentos, a ausência de salinidade em todos os pontos amostrados e a maior capacidade de retenção de água no sedimento do manguezal nos pontos de Cananeia podem estar relacionados com o fluxo constante de água doce no complexo e a passagem de sedimentos provenientes do rio Ribeira de Iguape.

Estudo complementares são sugeridos como ferramenta para ampliar as discussões acerca dos impactos ocasionado pelo canal artificial Valo Grande, sendo de grande valia a implementação de um plano de monitoramento ambiental que considere outros parâmetros físico-químicos e biológicos, assim como a inclusão de índices que orientem a qualidade da água e sedimento a fim de dinamizar o gerenciamento ambiental do Complexo Estuarino Lagunar Cananéia-Iguape, região de maior produção pesqueira do estado de São

Paulo, hotspot de biodiversidade e de importância cultural tradicional.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBERGARIA-BARBOSA A.C.R., SCHEFU E., TANIGUCHI S., SANTOS P.S., CUNHA-LIGNON M., TASSONI-FILHO M., FIGUEIRA R.C.L., MAHIQUES M.M., BÍCEGO M.C. 2023. Characterization of the organic matter produced by Atlantic Rainforest plants and its influence in the surface sediments deposited in a protected subtropical Estuarine–Lagoon system. *Regional Studies in Marine Science* 57:102728.

<https://doi.org/10.1016/j.rsma.2022.102728>

BARRERA-ALBA J.J., GIANESELLA S.M.F., SALDANHA-CORRÊA F.M.P., MOZER G.A.O. 2007. Influence of an artificial channel in a well-preserved subtropical estuary. *Journal of Coastal Research* 1137–1141.

<http://www.jstor.org/stable/26481751>

BATISTA R.A.W., NERY L.M., MATUS G.N., SIMONETTI V.C., SILVA D.C.C. 2021. Estimativa do fator de erosividade do solo na região do Vale do Ribeira Paulista Brasil. *Formação (Online)* 28:441-460.

<https://doi.org/10.33081/formacao.v28i53.8015>

BERRÊDO J.F., COSTA M.L., PROGNE M.D.P.S. 2008. Efeitos das variações sazonais do clima tropical úmido sobre as águas e sedimentos de manguezais do estuário do rio Marapanim costa nordeste do Estado do Pará. *Acta Amazonica* 38:473-482.

<https://doi.org/10.1590/S0044-5967200800030 0012>

BRAGA F.H.R., DUTRA M.L.S., LIMA N.S., SILVA G.M., MIRANDA R.C.M., FIRMO W.C.A., MOURA A.R.L., MONTEIRO A.S., SILVA L.C.N., SILVA D.F., SILVA M.R.C. 2022. Study of the influence of physicochemical parameters on the Water Quality Index (WQI) in the Maranhão Amazon Brazil. *Water* 14:1546.

<https://doi.org/10.3390/w14101546>

CBH-RB - COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRA DE IGUAPE E LITORAL SUL 2008. Plano diretor de recursos hídricos da Unidade de Gerenciamento nº 11: Bacia Hidrográfica do Ribeira de Iguape e Litoral Sul. Disponível em: https://sigrh.sp.gov.br/public/uploads/documentos/7082/plano_bacia_ugrhi-11_2008-2011.pdf. Acessado em 16 de maio de 2023.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO 2021a. Apêndice E – Índices de Qualidade das Águas. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/publicacoes-e-relatorios/>. Acessado em 15 de maio de 2023.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO 2021b. Apêndice L – Resultados do Monitoramento – 2021. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/publicacoes-e-relatorios/>. Acessado em 15 de maio de 2023.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO 2021c. Apêndice N – Dados Brutos das variáveis de Água e Sedimento – 2021. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/publicacoes-e-relatorios/>. Acessado em 10 de outubro de 2023.

COLIADO P. H. S., NERY L. M., SIMONETTI V. C., SILVA D. C. C. 2022. Análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio Carapiranga em Registro (SP), Brasil, por meio de técnicas de geoprocessamento. Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales 15:981-1000. <http://dx.doi.org/10.22201/iingen.0718378xe.2022.15.2.80073>

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE 2005. 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. Disponível em:

https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfcd_a_ltrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf. Acessado em 15 de maio de 2023.

CONTENTE R.F. 2013 Padrões ecológicos locais e multidecadais da ictiofauna do estuário Cananéia-Iguape. Tese de Doutorado. Pós-Graduação em Oceanografia Biológica, Universidade de São Paulo, 183p.

CORADI P.C., FIA R., PEREIRA-RAMIREZ O. 2009. Avaliação da qualidade da água superficial dos cursos de água do município de Pelotas-RS Brasil. Revista Ambiente & Água 4:46-56. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1489>

CORNAGGIA F., JOVANE L., ALESSANDRETTI L., ALVES L.F.P., FIGUEIRA R.C.L., RODELLI D., BERBEL G.B.B., BRAGA E.S. 2018. Diversions of the Ribeira River flow and their influence on sediment supply in the Cananeia-Iguape Estuarine-Lagoonal System (SE Brazil). Frontiers in Earth Science 6:25. <https://doi.org/10.3389/feart.2018.00025>

COSTA J.S., RODRIGUES L.S., SILVA A.G.C., REIS T.C., MELO M.G.G., LIBERATO M.A.R. 2021. Estado de conservação e qualidade da água em uma bacia hidrográfica periurbana na Amazônia Central. Scientia Plena 17:1-19. <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2021.091701>

CUNHA-LIGNON M., KAMPEL M. 2011. Análise multitemporal de imagens Landsat para monitoramento de áreas de manguezal: subsídio à gestão costeira do litoral sul do Estado de São Paulo. XV Simpósio de Sensoriamento Remoto 5032-5038.

CUNHA-LIGNON M., KAMPEL M., MENGHINI R.P., SCHAEFFER-NOVELLI Y. 2011. Mangrove Forests Submitted to Depositional Processes and Salinity Variation Investigated using satellite images and vegetation structure surveys. Journal of Coastal Research 64:344-348.

DAMASIO NETO J. B., CUNHA-LIGNON M., SILVA D. C. C. 2019. Potencial e desafios do uso de imagens Landsat TM5 E OLI8 para mapeamento de áreas de manguezais. XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto 2538-2361. ESTEVES F. A. 2011. Fundamentos de limnologia 3 ed. Interciência, Rio de Janeiro.

GARDIMAN JÚNIOR B.S., MAGALHÃES I.A.L., FREITAS C.A.A., CECÍLIO R.A. 2012. Análise de técnicas de interpolação para espacialização da precipitação pluvial na bacia do rio Itapemirim (ES). *Ambiência* 8:61-7.

JEFFREY S.T., HUMPHREY G.F. 1995. New spectrophotometric equations for determining chlorophylls a b c1 and c2 in higher plants algae and natural phytoplankton. *Biochemie und physiologie der pflanzen* 167:191-194. [https://doi.org/10.1016/S0015-3796\(17\)30778-3](https://doi.org/10.1016/S0015-3796(17)30778-3)

KOCH F.F., KAUFFMANN C., BICA J.B., ADAMI F.S., STEVENS J.F., ECKHARD C.L., MARMITT L.G., OLIVEIRA E.C. 2017. Análise de água superficial para consumo humano em um município do Rio Grande do Sul. *Revista Caderno Pedagógico* 14:36-50. <http://dx.doi.org/10.22410/issn.1983-0882.v14i1a2017.1398>

KOTTEK M., GRIESER J., BECK C., RUDOLF B., RUBEL F. 2006. World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorologische Zeitschrift* 15:259-263. <https://doi.org/10.5194/hess-11-1633-2007>

LAMPARELLI M.C. 2004. Grau de trofia em corpos d'água do Estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento. Tese de Doutorado. Pós-Graduação em Ecologia, Instituto de Biociências Universidade de São Paulo, 238p.

MAHIQUES M.M., FIGUEIRA R.C.L., ALVES D.V.P., ITALIANI D.M., MARTINS C.C., DIAS J.M.A. 2011. Origin and evolution of na intralagoonal anthropogenic delta: The Valo Grande Delta (Southeastern Brazil). In:

Oceanografia e Políticas Públicas Santos, IOUSP.

MATTA M.E.M., FLYNNM N. 2008. Estrutura da comunidade fitoplanctônica no gradiente de salinidade do estuário de Cananéia – SP. *Revista Intertox de Toxicologia Risco Ambiental e Sociedade* 1:59-69.

<https://doi.org/10.22280/revintervol1ed1.6>

NAREZI G. 2018. A agroecologia como estratégia de gestão de Unidades de Conservação de uso sustentável no Vale do Ribeira Estado de São Paulo Brasil. *Redes - Santa Cruz do Sul: Universidade de Santa Cruz do Sul* 23:69-91. <https://doi.org/10.17058/redes.v23i1.9324>

NERY L. M., SILVA D. C. C., SABONARO D. Z. 2023. Agriculture technology transfer: A multicriteria analysis for decision making. *Environment, Development and Sustainability* 25: 1-19. <http://dx.doi.org/10.1007/s10668-023-03261-6>

PNUD - PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO HUMANO NO BRASIL 2010. IDHM Municípios. Disponível em: <https://www.br.undp.org/content/brazil/pt/ho/me/idh0/rankings/idhm-municipios-2010.html>. Acessado em 20 de abril de 2021.

PRADO H.M., SCHLINDWEIN M.N., MURRIETA R.S.S., NASCIMENTO JUNIOR D.R., SOUZA E.P., CUNHA-LIGNON M., MAHIQUES M.M., GIANNINI P.C.F., CONTENTE R.F. 2019. The Valo Grande Channel in the Cananéia-Iguape Estuary- Lagoon Complex (SP Brazil): Environmental history ecology and future perspectives. *Revista Ambiente & Sociedade* 22:2-22. <https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc0182r2vu19L4TD>

PRASAD M.B.K., RAMANATHAN A.L. 2008. Sedimentary nutrient dynamics in a tropical estuarine mangrove ecosystem. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 80:60-66. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2008.07.004>

PESTANA D.F., PULMANN N., NORDHAUS I., DIELE K., ZIMMER M. 2017. The influence of crab burrows on sediment salinity in a Rhizophoradominated mangrove forest in North Brazil during the dry season. *Hydrobiologia* 803:295–305. <https://doi.org/10.1007/s10750-017-3282-4>

RIZZO F.A., NERY L.M., TONELLO P.S., SILVA D.C.C. 2022. Índice de qualidade da água e do estado trófico da bacia hidrográfica do córrego Pequiá –MA. *Geoambiente on-line* 43:120-144.

SAITO R.T., FIGUEIRA R.C.L., TESSLER M.G., CUNHA I.L. 2006. A model of recent sedimentation in the Cananeia–Iguape estuary Brazil. *Radioactivity in the Environment* 8:419-430. [https://doi.org/10.1016/S1569-4860\(05\)08034-4](https://doi.org/10.1016/S1569-4860(05)08034-4)

SALES J.C.A., SILVA D.C.C., LOURENÇO R.W. 2019. Análise espacial da avifauna e sua correlação com indicadores ambientais na bacia hidrográfica do Rio Una (SP). *Boletim de Geografia* 37:202-217. <http://dx.doi.org/10.4025/bolgeogr.v37i2.37839>

SANTOS C.A.A.S., OLIVEIRA L., BARBOSA M.A., HORSTER T.R.Z., NASCIMENTO B.L.M., SERRA M.A.A.O., COSTA I.A., ORLANDA J.F.F. 2021. Analysis of the quality of the recreational water in spas in the city of Açailândia Maranhão Brazil. *Research Society and Development* 10:e264101321080. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i13.21080>

SCHAEFFER-NOVELLI Y., VALE C.C., CINTRÓN G. 2015. Monitoramento do ecossistema manguezal: estrutura e características funcionais. In: TURRA A., DENADAI M.R. (orgs) *Protocolos para o monitoramento de habitats bentônicos costeiros – Rede de Monitoramento de Habitat Bentônicos Costeiros – ReBentos*. Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, São Paulo, 62-80 p.

SILVA E.C., GUTJAHR A.L.N., BRAGA C.E.S. 2021. Physical-chemical characterization of water from an amazon urban river Capanema Pará Brazil. *Research Society and Development* 10:e51101622866. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i16.22866>

SILVA, D. C. C.; OLIVEIRA, R. A.; SIMONETTI, V. C.; TERAMOTO, E. T.; SALES, J. C. A. 2021. Application of geostatistical and deterministic interpolators applied for analysis of the spatial distribution of soil ph in Sorocaba city (São Paulo state). *SCIENTIA AGRARIA PARANAENSIS*, v. 20, p. 7-14. <https://doi.org/10.18188/sap.v20i1.26070>

SILVA M.R.C., SILVA L.V., BARRETO L.N., RODRIGUES E.H.C., MIRANDA R.C.M., BEZERRA D.S., PEREIRA D.C.A. 2017. Qualidade da água da bacia do rio Pindaré nos trechos correspondentes aos municípios de Pindaré-Mirim Tufilândia e Alto Alegre no Estado do Maranhão. *Águas Subterrâneas* 31:347-354. <https://doi.org/10.14295/ras.v31i4.28929>

SOUZA T.A., OLIVEIRA R.C. 2016. Alterações ambientais no complexo estuarino-lagunar de Cananeia-Iguape: a influência do canal artificial do “Valo Grande”. *Boletim de Geografia* 34:30-44. <http://dx.doi.org/10.4025/bolgeogr.v34i2.25743>

TEIXEIRA L.F.L., MAZZILLI B.P. 2019. Determination of uranium and thorium in sediments from Cananeia-Iguape system Brazil. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* 320:551-560. <https://doi.org/10.1007/s10967-019-06528-3>.

Submetido em 18/07/2023

Aceito em 06/12/2023

Editado por Inan Guilherme Senter(PET-GEOLOGIA/UFPR)