



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CAMPUS REITOR DAVID FERREIRA LIMA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PERÍCIAS AMBIENTAIS  
NÍVEL DE MESTRADO

Ana Maria Vasconcelos de Freitas

**Efeito de eventos meteo-oceanográficos na qualidade da água e no transporte de materiais em um pequeno estuário subtropical**

Florianópolis

2020

Ana Maria Vasconcelos de Freitas

**Efeito de eventos meteo-oceanográficos na qualidade da água e no transporte de materiais em um pequeno estuário subtropical**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Perícias Ambientais da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Mestre em Perícias Ambientais.  
Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Alessandra Larissa D'Oliveira Fonseca, Dra.  
Coorientador: Prof. Carlos Henrique Lemos Soares

Florianópolis

2020

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Freitas, Ana Maria  
EFEITO DE EVENTOS METEO-OCEANOGRÁFICOS NA QUALIDADE DA  
ÁGUA E NO TRANSPORTE DE MATERIAIS EM UM PEQUENO ESTUÁRIO  
SUBTROPICAL / Ana Maria Freitas ; orientador, Alessandra  
Larissa D'Oliveira Fonseca, coorientador, Carlos Henrique  
Lemos Soares , 2020.  
72 p.

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade  
Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Biológicas,  
Programa de Pós-Graduação em Perícias Criminais Ambientais,  
Florianópolis, 2020.

Inclui referências.

1. Perícias Criminais Ambientais. 2. RIO PAPAQUARA. 3.  
EVENTOS METEO-OCEANOGRÁFICOS. 4. CO-OSCILAÇÃO DA MARÉ. 5.  
EUTROFIZAÇÃO. I. D'Oliveira Fonseca, Alessandra Larissa .  
II. Lemos Soares , Carlos Henrique . III. Universidade  
Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em  
Perícias Criminais Ambientais. IV. Título.

Ana Maria Vasconcelos de Freitas

**Efeito de eventos meteo-oceanográficos na qualidade da água e no transporte de materiais em um pequeno estuário subtropical**

O presente trabalho em nível de mestrado foi avaliado e aprovado por banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof.(a) Camila Michels, Dra.

Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.(a) Juliana Leonel, Dra.

Universidade Federal de Santa Catarina

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de mestre em Perícias Ambientais

---

Prof. Roberto Fabris, Goerl, Dr.

Coordenação do Programa de Pós-Graduação

---

Prof<sup>a</sup> Alessandra Larissa D'Oliveira Fonseca, Dra.

Orientadora

Florianópolis, 2020.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades.

Aos meus pais, minha irmã e ao meu companheiro Vagner, pelo amor, incentivo e apoio incondicional. Vocês foram e são a minha motivação para seguir em frente sempre.

À Universidade Federal de Santa Catarina e ao corpo docente do PPG em Perícias Ambientais que proporcionaram meu aprendizado.

À minha querida orientadora Dra. Alessandra Larissa D'Oliveira Fonseca que nunca mediu esforços em me ajudar, sempre muito prestativa e humana. Muito obrigada por todo o seu ensinamento. Muito obrigada por ter me aceitado como orientanda! Te admiro muito como pessoa e como profissional, espero um dia chegar um terço da grande mulher que você é. Ao meu coorientador professor Carlos Soares por ter aceitado minha proposta de trabalho, por todo o seu ensinamento, suporte e incentivo.

Ao ICMBio por todo o apoio e ajuda nas coletas, em especial ao analista ambiental Claudinei Rodrigues. Gostaria de deixar aqui registrado a minha profunda admiração por esse grande profissional. Meus sinceros agradecimentos por todos os seus ensinamentos, sua prestatividade e parceria.

À equipe do laboratório de Biogeoquímica Marinha, Sônia, Andressa, Gabriela, Aichely, Alex, Graciele, Luís e Mariana que me ajudaram nas coletas e análises e aos meus colegas de Pós-Graduação pela troca de experiências, em especial a minha colega Alessandra, por todo o seu carinho e amizade.

À Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural (EPAGRI) e a Marinha no fornecimento de dados meteorológicos e maregráficos. À Polícia Federal e ao professor Antônio Fetter do Laboratório de Oceanografia Física no empréstimo de equipamentos.

Aos meus amigos e familiares que me apoiaram nessa jornada, em especial à Giordana Chaves e Clarice Vivian que estiverem presentes em toda a minha trajetória me dando apoio e me motivando nas horas difíceis. E à amiga Gabriela Gomes que foi meu grande suporte desde o início deste trabalho, me auxiliando nas coletas em campo, nos testes em laboratório, na organização do trabalho e acima de tudo me ajudando com palavras de incentivo sempre. Muito obrigada!

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu profundo agradecimento.

## RESUMO

Os estuários são ecossistemas que têm sofrido grandes impactos antrópicos nos últimos anos, como o aumento da entrada de nutrientes, de forma pontual e difusa. Ao mesmo tempo, a incidência de eventos meteo-oceanográficos, como as marés meteorológicas e as chuvas, pode reter ou diluir esses materiais nos ecossistemas, influenciando na qualidade das águas. A Bacia Hidrográfica do Rio Papaquara, no norte da Ilha de Santa Catarina, é uma bacia pequena (de 31 Km<sup>2</sup>) e tem sofrido com a eutrofização devido a entrada de efluentes domésticos vindos da urbanização. Para compreender a influência das forças naturais e antropogênicas no estado trófico desse ecossistema, a pesquisa teve o objetivo de avaliar como os eventos meteo-oceanográficos influenciam no estado trófico e no transporte de materiais desta bacia para o estuário. As amostragens foram realizadas em uma seção transversal no limite superior do estuário, ao longo de um ciclo de maré de sizígia (DHN 2017), durante maio a setembro de 2017, sob condição de ventos Norte (n=3) e de Sul (n=3). Foram obtidos valores dos parâmetros físicos da coluna da água (área da seção transversal, vazão, temperatura e salinidade), químicos (O<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>), biológicos (biomassa microalgal) e material particulado em suspensão a cada hora no ponto amostral. Aos resultados gerados foram aplicadas as equações de transporte de materiais e a equação do Índice de estado Trófico (TRIX). Nossos dados revelam uma sequência de estados biogeoquímicos no limite da intrusão salina do estuário que resultam dos efeitos da co-oscilação da maré astronômica, descarga fluvial e eventos meteorológicos. Os dias com predomínio de ventos N apresentaram uma redução significativa na concentração e no transporte de materiais para o estuário em comparação com os dias com predomínio de ventos S. A diminuição do tempo de residência da água, no período de ventos N, influenciado pelas oscilações negativas do mar, apresentaram uma melhora da condição trófica do ponto amostral (classificação mesotrófica). Em comparação com o período de ventos do quadrante S, que apresentou classificação eutrófica, trazendo maior estagnação da água doce pelo avanço do mar. Em contrapartida, a maior influência marítima em ventos S melhorou a saturação de OD na água. O acúmulo de pluviosidade, aumentou a descarga fluvial, diluindo os nutrientes e diminuindo o tempo de retenção dos materiais no estuário, pelo aumento da vazão de água doce. A renovação da água, pela co-oscilação da maré astronômica, também trouxe melhora na saturação de oxigênio dissolvido para o estuário e aumentou a concentração de MPS por ressuspensão, que atuou no controle de P no sistema pelo mecanismo de adsorção-dessorção. O estudo contribuirá para a gestão costeira em prol de cidades sustentáveis, com foco na qualidade ambiental de uma unidade de conservação de proteção integral urbana, a ESEC-Carijós.

**Palavras Chave** : RIO PAPAQUARA; EVENTOS METEO-OCEANOGRÁFICOS; CO-OSCILAÇÃO DA MARÉ; EUTROFIZAÇÃO; TRIX.

## ABSTRACT

Estuaries are ecosystems that have suffered major anthropic impacts in recent years, such as the increase in nutrient input, in a punctual and diffuse manner, coming from domestic effluents and fertilizers applied in agriculture, which can cause eutrophication. At the same time, the incidence of climatic events, such as meteorological tides and rains, can retain or dilute these materials in ecosystems, decreasing or improving water quality, respectively. The Papaquara River Basin, in the north of the Island of Santa Catarina, is a small basin (31 km<sup>2</sup>) and has suffered from eutrophication due to the entry of domestic effluents from urbanization. In order to understand the influence of natural and anthropogenic forcing factors in the trophic state of this ecosystem, the research aimed to evaluate how meteo-oceanographic events influence the trophic state and the transport of materials from this basin to the estuary. Sampling was carried out in a cross section at the upper limit of the estuary, along a tidal cycle of syzygy (DHN 2017), during May to September 2017, under the condition of North (n = 3) and South (n) winds = 3). Values for the physical parameters of the water column (cross-sectional area, flow, temperature and salinity), chemical (O<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> and PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>), biological (microalgal biomass) and particulate matter in suspension at every hour at the sampling point. The material transport equations and the trophic state index (TRIX) equation were applied to the generated results. Our data reveal a sequence of biogeochemical states at the limit of the saline intrusion that result from the effects of the astronomical tide co-oscillation, fluvial discharge and meteorological events. Days with a predominance of N winds showed a significant reduction in the concentration and transport of materials to the estuary compared to days with a predominance of S winds. The decrease in the time of residence of water, in the period of N winds, influenced by negative oscillations of the sea, showed an improvement in the trophic condition of the system (mesotrophic classification), in comparison with the period of winds of the S quadrant that presented eutrophic classification, bringing greater stagnation of fresh water by the advance of the sea. In contrast, the greater maritime influence in S winds, improved DO saturation in the water. The accumulation of rainfall increased the fluvial discharge, helping to dilute nutrients and reducing the retention time of materials in the estuary, by increasing the flow of fresh water. The renewal of water, through the co-oscillation of the astronomical tide, also brought an improvement in the saturation of dissolved oxygen to the estuary and an increase in the concentration of MPS by resuspension, which acted in the control of P in the system by the adsorption-desorption mechanism in the sediment. The study will contribute to coastal management in favor of sustainable cities, focusing on the environmental quality of an integral urban protection conservation unit, ESEC-Carijós.

Keywords: PAPAQUARA RIVER; METEO-OCEANOGRAPHIC EVENTS; CO-OSCILLATION OF THE TIDE; EUTROPHICATION; TRIX.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1-** Representação esquemática de um estuário e seus setores.....12
- Figura 2-** Esquema das fontes pontuais e difusas de poluição das águas superficiais.....13
- Figura 3-** Mecanismo físico (esquemático) para geração local de MM na costa S/SE brasileira pelo vento (hemisfério Sul). Maré Meteorológica POSITIVA: Vento com a costa a sua esquerda induz transporte de água (transporte de Ekman) do mar para a terra provocando sobre-elevação do nível. Maré Meteorológica NEGATIVA: Vento com a costa a sua direita, o efeito é invertido e a água é afastada da costa provocando um rebaixamento do nível.....14
- Figura 4-** Mapa da bacia hidrográfica do rio Papaquara, com a localização do ponto amostral. Destaca-se a localização da ETE Canasvieiras e da unidade de conservação ESEC Carijós.....22
- Figura 5-** Precipitação pluviométrica (mm) nos três dias que antecederam a amostragem e na data amostral na região do rio Papaquara no período com predomínio de ventos do quadrante N (a) 09/05, (b) 23/05 e (c)11/07/2017.....26
- Figura 6-** Precipitação pluviométrica (mm) nos três dias que antecederam a amostragem e na data amostral na região do rio Papaquara no período com predomínio de ventos do quadrante S (d) 04/08, (e) 06/09 e (f) 24/09/2017.....27
- Figura 7-** Direção (em graus, posição das linhas) e velocidade ( $m.s^{-1}$ ) do vento nos dias que antecederam as amostragens e nas datas amostrais na região do rio Papaquara. Primeiras três linhas verdes indicam a o período com predomínio de ventos do quadrante N (a) 09/05, (b) 23/05 e (c)11/07/2017 e a últimas três linhas indicam o período com predomínio de ventos do quadrante S (d) 04/08, (e) 06/09 e (f) 24/09/2017.....27
- Figura 8-** Nível do mar meteorológico e nível do mar total nos dias que antecederam as amostragens e nas datas amostrais na região do rio Papaquara, com predomínio de ventos do quadrante N (09/05; 23/05 e 11/07/2017) e do quadrante S (04/08; 06/09 e 24/09/2017). Primeiras três linhas verdes indicam a o período com predomínio de ventos do quadrante N (a) 09/05, (b) 23/05 e (c)11/07/2017 e a últimas três linhas indicam o período com predomínio de ventos do quadrante S (d) 04/08, (e) 06/09 e (f) 24/09/2017.....28
- Figura 9-** Boxplot de salinidade e oxigênio dissolvido (OD) no período de ventos do quadrante norte (N) e do quadrante sul (S).....30
- Figura 10-** Boxplot de todas as formas de nitrogênio inorgânico dissolvido (NID), fósforo inorgânico dissolvido (PID), razão NP, clorofila-a, material particulado em suspensão (MPS) e índice trófico (TRIX) no período de ventos do quadrante norte (N) e do quadrante sul (S).....32
- Figura 11-** Variação do TRIX (símbolos) e da Área da Seção Transversal do rio (linha) ao longo de um ciclo de maré, durante os dias sob predominância de ventos do quadrante norte (a), (b), (c) e dias sob predominância de ventos do quadrante sul (d), (e), (f).....32
- Figura 12-** Diagrama de Análise de Coordenadas Principais (PCoA) com dados das variáveis de água por dia amostrado em cada período de vento.....34
- Figura 13-** Diagrama de Análise de Coordenadas Principais (PCoA) com dados das variáveis de água por dia e hora do período de ventos do quadrante N.....35



**Figura 14-** Diagrama de Análise de Coordenadas Principais (PCoA) com dados das variáveis de água por dia e hora do período de ventos do quadrante S.....36

## LISTA DE TABELAS

**Tabela 1-** Valores médios ( $\pm$ desvio padrão) e resultados do teste Kruskal Wallis (KW, p:valor-p/ H: qui-quadrado) entre os períodos (N e S) para os parâmetros físicos: salinidade, áreas da seção transversal (s.t.), vazão, temperatura, MPS e tempo de residência (t.r.); químicos: oxigênio dissolvido, nitrogênio e fósforo inorgânico dissolvido e biológicos: clorofila e valores do TRIX no rio Papaquara, com predomínio de ventos do quadrante N (09/05; 23/05 e 11/07/2017) e do quadrante S (04/08; 06/09 e 24/09/2017). N=36, com exceção dos valores diários (N=3) de vazão e tempo de residência.....29

**Tabela 2-** Taxa de transporte total de nutrientes inorgânicos dissolvidos, clorofila-*a* e MPS em  $\text{kg dia}^{-1}$ , divididos por dias de coleta, com predomínio de ventos do quadrante N (09/05, 23/05, 11/07) e com predomínio de ventos do quadrante S (04/08, 06/09, 24/09). Sinal negativo significa transporte para o estuário externo.....33

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AAS - Anticiclone do Atlântico Sul

AMP - Anticiclone Móvel Polar (AMP)

ANA - Agência Nacional de Águas

ANOSIM - Teste de Análise de Similaridade

CIRAM - Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa

Catarina

Clor-*a* -Clorofila-*a*

CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente

CNRH - Conselho Nacional de Recursos Hídricos

DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio

DHN - Diretoria de Hidrografia e Navegação

EPAGRI - Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão

ESEC - Estação Ecológica

ETE - Estação de Tratamento de Esgoto

ICMBio - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia

KW - Teste Kruskal-Wallis

MA - Maré Alta

MB - Maré Baixa

ME - Maré Enchente

MV - Maré Vazante

MPS - Material Particulado em Suspensão

N - Norte

NE - Nordeste

N<sub>2</sub> - Gás Nitrogênio

N<sub>2</sub>O - Óxido Nitroso

NID - Nitrogênio Inorgânico Dissolvido

NNA - Nível Não Astronômico

N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> - Amônio

N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> - Nitrito

N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> - Nitrato

NP - Nitrogênio-Fósforo

O<sub>2</sub> - Gás Oxigênio

% OD - Porcentagem de Oxigênio Dissolvido

OD - Oxigênio Dissolvido  
PMF - Prefeitura Municipal de Florianópolis  
P - Fósforo  
PcoA - Análise de Coordenadas Principais  
PID - Fosfato Inorgânico Dissolvido  
P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> - Ortofosfato  
Q - Taxa de Transporte da Seção Transversal  
Q<sub>f</sub> - Vazão Fluvial  
RHAS - Região Hidrográfica Atlântico Sul  
RMSE - Raiz do Erro Quadrático Médio  
S - Sul  
SAL - Salinidade  
SO - Sudoeste  
ST - Seção transversal  
Vol - Volume  
TR - Tempo de Residência  
TRIX - Índice Trófico  
UC - Unidade de Conservação

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>HIPÓTESE.....</b>	<b>16</b>
<b>3</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>16</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS: ARTIGO.....</b>	<b>16</b>
	INTRODUÇÃO.....	18
	MATERIAL E MÉTODOS.....	20
	RESULTADOS.....	26
	DISCUSSÃO.....	36
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>43</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>44</b>
	<b>APÊNDICE A - Modelo conceitual da dinâmica do sistema .....</b>	<b>50</b>
	<b>APÊNDICE B - Variação de materiais ao longo de um ciclo de maré.....</b>	<b>52</b>
	<b>APÊNDICE C - Dados físico-químicos e biológicos das campanhas.....</b>	<b>54</b>
	<b>APÊNDICE D - Valores de TRIX das campanhas.....</b>	<b>58</b>
	<b>APÊNDICE E - Transporte de materiais nas campanhas.....</b>	<b>60</b>
	<b>APÊNDICE F - Nível do mar meteorológico nas campanhas.....</b>	<b>69</b>
	<b>APÊNDICE G - Memorial descritivo dos cálculos.....</b>	<b>70</b>

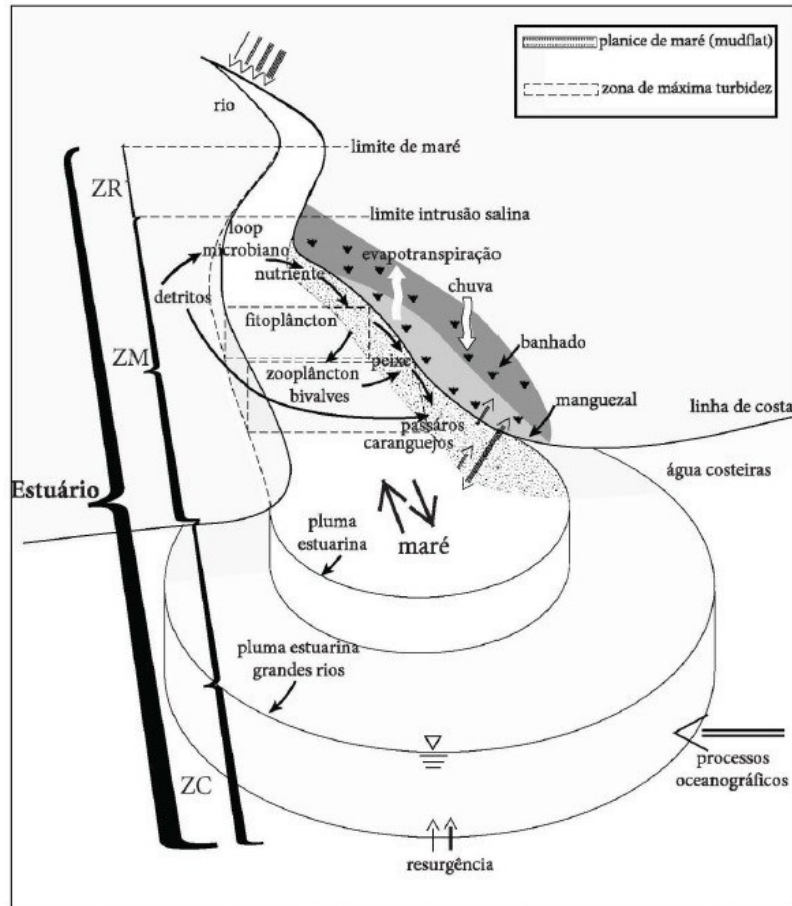
## 1 INTRODUÇÃO

Os estuários são corpos de água costeiros semifechados com ligação livre com o oceano aberto, estendendo-se até o limite da influência da maré, sendo que no seu interior a água do mar é mensuravelmente diluída pela água doce oriunda da drenagem continental (PEREIRA-FILHO *et al.*, 2001; MIRANDA, 2002; BIANCHI, 2007; WANG *et al.*, 2017), podendo fornecer recursos alimentares e abrigo para muitas espécies da fauna, além de inúmeros serviços, tais como recursos pesqueiros, depurador de águas residuais urbanas e rurais e espaço para as atividades recreativas e portuárias (FLEMER & CHAMP, 2006; BIANCHI, 2007). No entanto, nas últimas décadas, a entrada de nutrientes e contaminantes proveniente das atividades humanas, como os fertilizantes e pesticidas na agricultura, os efluentes domésticos e industriais, o escoamento urbano e a queima de combustíveis fósseis (deposição atmosférica), aumentaram pela demanda populacional (VAN DER STRUIJK & KROEZE, 2010; RABALAIS *et al.*, 2010; SADAT-NOORI, 2016). A renovação e depuração das águas desses ambientes dependem de interações entre processos físicos, químicos, biológicos e geológicos que ainda não são bem compreendidos sendo que a introdução direta ou indireta de substâncias e de energia pelo homem podem atingir níveis de elevada concentração, causando contaminação e deterioração das águas estuarinas, com efeitos nocivos para os recursos vivos, para a saúde humana e para as atividades marinhas (MIRANDA, 2002).

### **Impactos antrópicos nesta interface**

A eutrofização de origem antrópica tem sido relatada em diversos sistemas costeiros em todo o mundo e deverá aumentar devido a falta de gestão adequada dos resíduos provenientes das atividades humanas, principalmente agricultura e efluentes não tratados, como da pecuária e urbanização (BUZZELLI *et al.*, 2013; ALVES *et al.*, 2013; WETZ *et al.*, 2016; DU *et al.*, 2018). A eutrofização inicia com altas concentrações de nutrientes, que favorece a proliferação da biomassa dos produtores primários, levando a impactos mais graves como anoxia, perdas da biodiversidade, estresse e ameaça à saúde do ecossistema (VAN DER STRUIJK & KROEZE, 2010; SEITZINGER *et al.*, 2010; ZHANG *et al.*, 2011; SINHA *et al.*, 2017). Além de assimilado para a produção primária, os nutrientes podem sofrer outros processos na interface terra-mar, como a adsorção e dessorção dos sedimentos ou a denitrificação (TAPPIN, 2002; WANG *et al.*, 2017). Dependendo das condições físicas, como o tempo de residência da água, e biogeoquímicas, as águas dos estuários ricas em nutrientes podem ser lançadas nas águas costeiras adjacentes, contribuindo para o desenvolvimento da eutrofização também nesses sistemas (SINHA *et al.*, 2017; BARLETTA *et al.*, 2019; CABRAL & FONSECA, 2019).

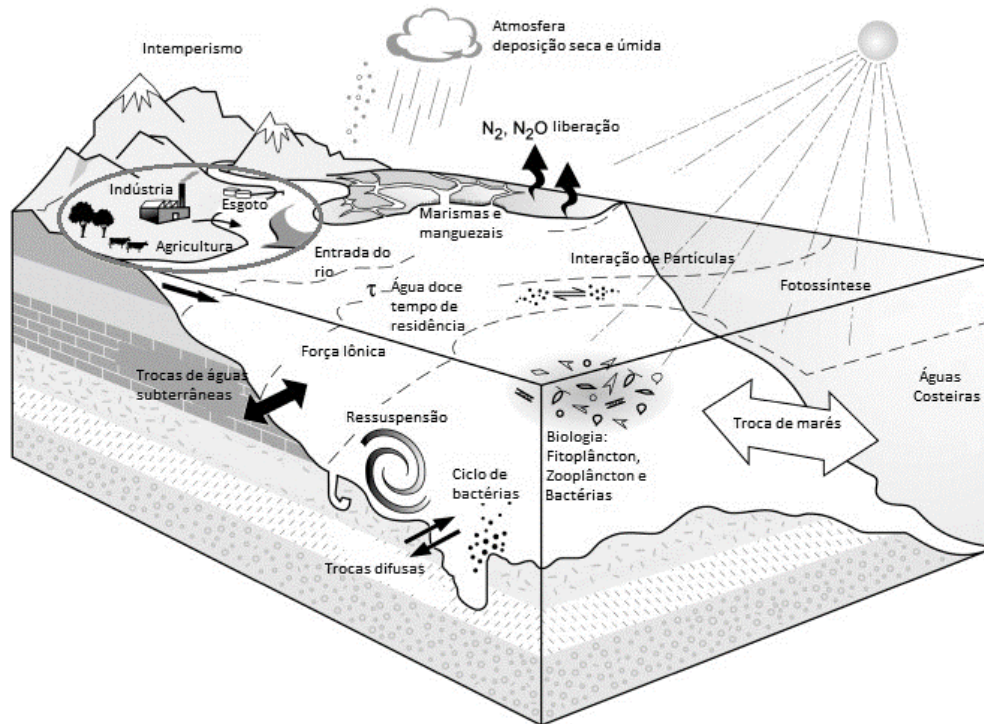
**Figura 1**-Representação esquemática de um estuário e seus setores.



Fonte: Wolanski & Elliot (2015). Modificada.

A condição trófica do ecossistema é diretamente relacionada com o tempo de residência da água, quanto mais longo for o tempo de renovação da água, maior será o tempo para que a matéria seja modificada no sistema, aumentando o estado trófico e o impacto da eutrofização (Figura 1) (STATHAM, 2012; CABRAL & FONSECA, 2019). O transporte de materiais em estuários é fortemente caracterizado por forçantes físicas, induzidas tanto por forçantes de caráter periódico, como escoamento fluvial e co-oscilação da maré astronômica, como por perturbações episódicas, como marés meteorológicas e eventos de precipitação extrema (BOLAÑOS *et al.*, 2013; BASTERRETXEA *et al.*, 2017; GIDDINGS & MACCREADY, 2017; MELO, 2017). Assim, a dinâmica das condições oceanográficas e meteorológicas, podem amplificar o processo de eutrofização, pelo aumento das chuvas, das marés e ondas, da temperatura e dos eventos eólicos (Figura 2) (STATHAM, 2012; WARWICK *et al.*, 2018).

**Figura 2-** Esquema das fontes pontuais e difusas de poluição das águas superficiais.



Fonte: Statham (2012). Modificada.

### Processos físicos estuarinos

Os processos físicos comuns em estuários são seus movimentos e misturas entre as massas de água de origens fluvial e do mar adjacente (MIRANDA *et al.*, 2002) que influenciam na hidrodinâmica e possuem diferentes escalas temporais e espaciais, ocorrendo tanto na porção fluvial, com predomínio da descarga de água doce, na conexão com a porção marinha, com ondas de maré astronômica e marés meteorológicas, bem como no interior do sistema com efeitos morfológicos e ventos de atuação local, variando na ordem de segundos até vários dias (TRUCCOLO, 2009).

A descarga fluvial a partir da bacia de drenagem e a maré astronômica, denominada de co-oscilação da maré gerada pelos oceanos, são geralmente consideradas como principais forçantes nos padrões de circulação de estuários (TRUCCOLO, 2009). No entanto, em algumas áreas costeiras, particularmente em estuários com pequenas bacias e regime de micro marés, os efeitos das perturbações meteorológicas sobre o nível da água e correntes podem ser um importante regulador dos processos biogeoquímicos e dos padrões ecológicos do ecossistema (TRUCCOLO, 2009; CAMPOS *et al.*, 2010; JORDI *et al.* 2011; BASTERRETXEA *et al.*, 2017; NETTO *et al.*, 2018; CABRAL & FONSECA, 2019).

Tais perturbações dizem respeito principalmente à variação do clima de ventos regional, tanto com atuação local quanto remota e a circulação da plataforma continental adjacente, através de ondas, correntes e marés meteorológicas (TRUCCOLO, 2009; TRUCCOLO & SCHETTINI, 2009).



No sul do Brasil, os ventos paralelos à costa do quadrante norte (N) são os mais frequentes e geram marés meteorológicas negativas, induzindo um rebaixamento do nível do mar e aumentando a influência da água continental na zona costeira. Já os ventos do quadrante sul (S) são os mais intensos e geram marés meteorológicas positivas, favorecendo sobre-elevação do nível do mar e uma maior influência desse sobre os estuários e sistemas de transição na interface terra-mar (Figura 2) (PARISE *et al.*, 2009; CAMPOS *et al.*, 2010; MELO FILHO 2017). Adicionalmente, os eventos de alta precipitação, muitas vezes associados a passagens de frentes frias, impulsionam a exportação de águas estuarinas para o oceano, o que pode trazer uma melhora para a qualidade da água do sistema, no entanto, também podem favorecer a proliferação de algas tóxicas nas águas marinhas (SINHA *et al.*, 2017; NETTO *et al.*, 2018; CABRAL & FONSECA, 2019).

**Figura 3-** Mecanismo físico (esquemático) para geração local de MM na costa S/SE brasileira pelo vento (hemisfério Sul). Maré Meteorológica POSITIVA: Vento com a costa a sua esquerda induz transporte de água (transporte de Ekman) do mar para a terra provocando sobre-elevação do nível. Maré Meteorológica NEGATIVA: Vento com a costa a sua direita, o efeito é invertido e a água é afastada da costa provocando um rebaixamento do nível. O transporte de Ekman atua em mesoescala, afetando indiretamente os ecossistemas da zona costeira, como as baías e os estuários.



Fonte: Elaborada pela autora (2019).

Modelos globais têm sido usados para estimar o aporte de nutrientes para a zona costeira, sendo desenvolvidos a partir de dados de grandes bacias hidrográficas (maiores que 300 km<sup>2</sup>) (SMITH *et al.*, 2003; VAN DER STRUIJK & KROEZE, 2010; LARUELLE *et al.*, 2013; SINHA *et al.*, 2017). No entanto, os modelos globais geralmente não são robustos para estimar os aportes de bacias menores (100 km<sup>2</sup>). (VAN DER STRUIJK & KROEZE, 2010; SINHA *et al.*, 2017). A Região Hidrográfica Atlântico Sul (RHAS) é composta predominantemente por bacias de pequeno porte que compreendem 187.552 km<sup>2</sup> da costa sul brasileira, em pequenos estuários, lagoas costeiras e lagoas (NETTO *et al.*, 2018). Apesar da sua relevância ecológica e social, os estuários e bacias hidrográficas pequenas em regiões de países em desenvolvimento são muito pouco estudados, o que dificulta a

validação de modelos na escala global e a definição de legislação, políticas e ações para garantir a qualidade do meio ambiente (VAN DER STRUIJK & KROEZE, 2010; LARUELLE *et al.*, 2013; BARLETTA *et al.*, 2019).

### **Estuário do rio Papaquara**

O estuário do rio Papaquara, no norte da Ilha de Santa Catarina, faz parte da RHAS e desagua em uma unidade de conservação de proteção integral, a ESEC Carijós. Este estuário sofre impactos da ocupação urbana, como descargas de efluentes domésticos de forma pontual e difusa (DA SILVA *et al.*, 2016). Ele e todos os rios da região norte da Ilha de Santa Catarina são rios de baixa vazão, não possuindo capacidade de suporte para lançamentos de efluentes, mesmo que tratados. Por sua importância ecológica, pois contribui diretamente para uma Unidade de Conservação de Proteção Integral, o rio Papaquara não poderia receber nenhum tipo de efluente e deveria ser classificado como de classe especial, em consonância com CONAMA 357/05 (inc. I dos art<sup>os</sup> 4<sup>o</sup>, 5<sup>o</sup> e 6<sup>o</sup>). A preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação requer o uso mais exigente (PMF Vol IV, 2019), contudo o rio Papaquara é classificado como Classe 1 para Água Salobra e Classe 2 para Águas Doce, segundo Resolução CERH n<sup>o</sup> 001/ 2008 e enquanto não houver o Plano Estadual e os Planos de Bacias definidos para a região. Estudos já mostraram (TREVISAN, 2011; PORTO FILHO, 2012; DA SILVA *et al.*, 2013; DA SILVA, 2015; RODRIGUES, 2016; DA SILVA *et al.*, 2016) que o lançamento de efluentes residuais, mesmo que tratados, pela companhia de saneamento do local, exerce influência negativa no estuário do rio Papaquara, que somado a baixa vazão do rio levam a uma concentração elevada de nutrientes, ao processo acentuado de eutrofização e, conseqüentemente, a baixa concentração de oxigênio dissolvido na água. Essa carga de materiais aumenta conforme se aproxima o veraneio, período onde a população flutuante aumenta, acentuando risco à vida nesse ecossistema (RODRIGUES, 2016).

Projeções elaboradas para a Região Hidrográfica Atlântico Sul (RHAS) mostram que as atividades que promovem a eutrofização irão aumentar nos próximos anos. Ainda, espera-se que as mudanças climáticas intensifiquem os riscos ambientais e ampliem eventos climáticos extremos e os riscos costeiros (NETTO *et al.*, 2018). Esses dados preocupam e alertam para uma necessidade de um controle e planejamento das atividades antrópicas a partir de uma gestão eficiente dessa área. Desta forma, este estudo visa compreender como os eventos meteo-oceanográficos afetam o estado trófico e a dinâmica e o transporte de materiais para um estuário de pequeno porte localizado na RHAS. Os resultados gerados subsidiarão as ações de gestão da referida bacia hidrográfica em prol da preservação, conservação e restauração dos recursos naturais, podendo servir de referência para as demais bacias que apresentam características ambientais e antrópicas semelhantes.

## 2 HIPÓTESE

Este estudo tem como **hipótese** que o estado trófico e, conseqüentemente, a qualidade da água do rio Papaquara ao entrar no estuário está influenciada por eventos meteo-oceanográficos como:

- i) ventos do quadrante sul que favorece maior influência da água marinha no estuário, aumentando o tempo de residência da água e intensificando a eutrofização;
- ii) ventos do quadrante norte que aumentam a influência da água continental no estuário, diminuindo o tempo de residência e o grau de eutrofização;
- iii) a entrada da água do mar pela co-oscilação da maré astronômica que traz uma melhora na condição trófica do sistema, aumentando a saturação de OD e a retirada de nutrientes por processos biogeoquímicos como adsorção;
- iiii) acumulo de chuva que favorece a exportação de água do rio para o estuário, diluindo os contaminantes e melhorando a condição trófica do sistema.

## 3 OBJETIVOS

A pesquisa tem por objetivo geral compreender como os eventos meteo-oceanográficos afetam o estado trófico e a dinâmica e o transporte de materiais para um estuário de pequeno porte localizado na RHAS, estuário do rio Papaquara (Ilha de SC, SC).

Os **objetivos específicos** são:

- a) Avaliar como as diferentes condições do vento e o momento da maré influenciam:
  - No transporte de materiais dissolvidos e particulados entre o rio Papaquara e o estuário superior;
  - No estado trófico e na qualidade ambiental do estuário superior;
- b) Compreender quais as conseqüências que os eventos climáticos trazem para a qualidade deste ecossistema;

## 4 RESULTADOS

Os resultados dessa dissertação serão apresentados na forma de um artigo científico que será submetido para revista qualis CAPES B1, conforme permitido pelo regulamento da PPG em Perícias Ambientais.

## **Efeito de eventos meteo-oceanográficos na qualidade da água e no transporte de materiais em um pequeno estuário subtropical**

Ana Maria V. Freitas<sup>a\*</sup>, Alessandra L. Fonseca<sup>b</sup>, Claudinei J. Rodrigues<sup>c</sup>, Davide Franco<sup>d</sup>, Gabriela S. Gomes<sup>e</sup>, Victor E. C. Silva<sup>d</sup>.

<sup>a</sup>Programa de Pós-Graduação em Perícias Ambientais, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis 88040-900, SC, Brasil.

<sup>b</sup>Coordenadoria de Oceanografia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil. 88040900.

<sup>c</sup>Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, Florianópolis 88053700, Santa Catarina, Brasil.

<sup>d</sup>Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis 88040-900, SC, Brasil.

<sup>e</sup>Programa de Pós-Graduação em Oceanografia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis 88040-900, SC, Brasil.

### **RESUMO**

É importante entender como funciona a dinâmica estuarina para saber a suscetibilidade deste ecossistema frente a urbanização. Este estudo avaliou como os processos meteo-oceanográficos influenciaram no estado trófico (TRIX) e no transporte de materiais de uma bacia para um pequeno estuário subtropical sob forte pressão da urbanização, estuário do rio Papaquara (Ilha de Santa Catarina). As amostragens foram realizadas sob condição de ventos Norte (n=3) e de Sul (n=3), que empilham e retiram água da costa, respectivamente, entre maio a setembro de 2017. Em uma seção transversal no limite superior do estuário, em medidas horárias ao longo de um ciclo de maré de sizígia, foram obtidos valores dos parâmetros físicos da coluna da água (área da seção transversal, vazão, temperatura e salinidade), químicos ( $O_2$ ,  $NO_3^-$ ,  $NO_2^-$ ,  $NH_4^+$  e  $PO_4^{3-}$ ), biológicos (biomassa microalgal) e material particulado em suspensão. A dinâmica no limite da intrusão salina do estuário esteve associada à co-oscilação da maré astronômica, descarga fluvial e eventos meteorológicos. Os dias com predomínio de ventos N apresentaram uma redução significativa na concentração e no transporte de materiais para o estuário em comparação com os dias com predomínio de ventos S. A diminuição do tempo de residência da água, no período de ventos N, influenciado pelas oscilações negativas do mar, apresentaram uma melhora da condição trófica do ponto amostral (classificação mesotrófica). Em comparação com o período de ventos do quadrante S, que apresentou classificação eutrófica, trazendo maior estagnação da água doce pelo avanço do mar. Em contrapartida, a maior influência marítima em ventos S, melhorou a saturação de OD na água. Os valores médios diários obtidos para o transporte residual de materiais para o estuário no período de ventos N foram: 4.2 x

$10^3$  mol de NID (60.7 kg N);  $2.5 \times 10^2$  mol de PID (7.8 kg P); 0.1 kg de Clor-*a*; 353.6 kg de MPS por dia. Já no período de ventos S foram:  $5.6 \times 10^3$  mol de NID (78.8 kg N);  $5.2 \times 10^2$  de PID (16.0 kg P); 0.4 kg de Clor-*a*; 1473.0 kg de MPS. O acúmulo de pluviosidade, aumentou a descarga fluvial, diluindo os nutrientes e diminuindo do tempo de retenção dos materiais no ponto amostral pelo aumento da vazão de água doce. A renovação da água, pela co-oscilação da maré astronômica, também trouxe melhora na saturação de oxigênio dissolvido para o estuário e aumentou a concentração de MPS por ressuspensão, que atuou no controle de P no sistema pelo mecanismo de adsorção-dessorção.

**Palavras Chave :** RIO PAPAQUARA; EVENTOS METEO-OCEANOGRÁFICOS; CO-OSCILAÇÃO DA MARÉ; EUTROFIZAÇÃO; TRIX.

## INTRODUÇÃO

Os estuários são corpos de água costeiros semifechados com ligação livre com o oceano aberto, estendendo-se até o limite da influência da maré, sendo que no seu interior a água do mar é mensuravelmente diluída pela água doce oriunda da drenagem continental (PEREIRA-FILHO *et al.*, 2001; MIRANDA, 2002; BIANCHI, 2007; WANG *et al.*, 2017), podendo fornecer recursos alimentares e abrigo para muitas espécies da fauna, além de inúmeros serviços, tais como recursos pesqueiros, depurador de águas residuais urbanas e rurais e espaço para as atividades recreativas e portuárias (FLEMER & CHAMP, 2006; BIANCHI, 2007). No entanto, nas últimas décadas, a entrada de nutrientes e contaminantes proveniente das atividades humanas, como os fertilizantes e pesticidas na agricultura, os efluentes domésticos e industriais, o escoamento urbano e a queima de combustíveis fósseis (deposição atmosférica), aumentaram pela demanda populacional.(VAN DER STRUIJK & KROEZE, 2010; RABALAIS *et al.*, 2010; SADAT-NOORI, 2016).

O aumento de nutrientes, nitrogênio e fósforo, e matéria orgânica tem promovido a eutrofização e, conseqüentemente, perdas irreversíveis da biodiversidade e da qualidade ambiental (VAN DER STRUIJK & KROEZE, 2010; SEITZINGER *et al.*, 2010; SINHA *et al.*, 2017). A eutrofização inicia com altas concentrações de nutrientes, que favorece a proliferação da biomassa dos produtores primários, levando a impactos mais graves como anoxia, perdas da biodiversidade, estresse e ameaça à saúde do ecossistema (VAN DER STRUIJK & KROEZE, 2010; SEITZINGER *et al.*, 2010; ZHANG *et al.*, 2011; SINHA *et al.*, 2017). Além de assimilado para a produção primária, os nutrientes podem sofrer outros processos na interface terra-mar, como a adsorção e dessorção dos sedimentos ou a denitrificação (TAPPIN, 2002; WANG *et al.*, 2017). Dependendo das condições físicas, como o tempo de residência da água, e biogeoquímicas, as águas dos estuários ricas em nutrientes podem ser lançados nas águas costeiras adjacentes, contribuindo para o desenvolvimento da eutrofização também nesses sistemas (SINHA *et al.*, 2017; CABRAL & FONSECA, 2019).

A condição trófica do ecossistema é diretamente relacionada com o tempo de residência da água, quanto mais longo for o tempo de renovação da água, maior será o tempo para que a matéria seja modificada no sistema, aumentando o estado trófico e o impacto da eutrofização (STATHAM, 2012; CABRAL & FONSECA, 2019). O transporte de materiais em estuários é fortemente caracterizado por forçantes meteorológicas e oceanográficas, tanto de caráter periódico, como escoamento fluvial e co-oscilação da maré astronômica, como por perturbações episódicas, como marés meteorológicas e eventos de precipitação extrema (BOLAÑOS *et al.*, 2013; BASTERRETXEA *et al.*, 2017; GIDDINGS & MACCREADY, 2017; MELO, 2017). Assim, a dinâmica das condições meteorológicas e oceanográficas podem amplificar ou reduzir o processo de eutrofização, pelo

aumento das chuvas, das marés e ondas, da temperatura e dos eventos eólicos (STATHAM, 2012; WARWICK *et al.*, 2018).

Em algumas áreas costeiras, particularmente em estuários com pequenas bacias de drenagem e regime de micro marés, os eventos meteo-oceanográficos podem ser um importante regulador dos processos biogeoquímicos e dos padrões ecológicos do ecossistema (CAMPOS *et al.*, 2010; JORDI *et al.* 2011; BASTERRETXEA *et al.*, 2017; NETTO *et al.*, 2018; CABRAL & FONSECA, 2019). Perturbações atmosféricas ao longo da costa geram um transporte de água superficial transversal à plataforma continental (transporte de Ekman), induzindo variações no nível do mar e nas correntes costeiras que caracterizam as marés meteorológicas que se propagam de sul a norte no hemisfério sul, variando conforme frequência, intensidade e direção do vento (TRUCCOLO & SCHETTINI, 2006; TRUCCOLO & SCHETTINI, 2009; CAMPOS *et al.*, 2010; MELO FILHO, 2017). Os efeitos dos ventos distinguem-se de acordo com a escala de atuação, podendo ser de atuação local e remota, que interferem no tempo de respostas do nível do mar e das correntes costeiras (TRUCCOLO & SCHETTINI, 2009). No sul do Brasil, os ventos paralelos à costa, do quadrante norte (N) são os mais frequentes e geram marés meteorológicas negativas, induzindo um rebaixamento do nível do mar e aumentando a influência da água continental na zona costeira. Já os ventos do quadrante sul (S) são os mais intensos e geram marés meteorológicas positivas, favorecendo sobre-elevação do nível do mar e uma maior influência desse sobre os estuários e sistemas de transição na interface terra-mar (PARISE *et al.*, 2009; CAMPOS *et al.*, 2010; MELO FILHO 2017). Adicionalmente, os eventos de alta precipitação, muitas vezes associados a passagens de frentes frias, impulsionam a exportação de águas estuarinas para o oceano, o que pode trazer uma melhora para a qualidade da água do sistema, no entanto, também podem favorecer a proliferação de algas tóxicas nas águas marinhas (SINHA *et al.*, 2017; NETTO *et al.*, 2018; CABRAL & FONSECA, 2019).

Modelos globais têm sido usados para estimar o aporte de nutrientes para a zona costeira, sendo desenvolvidos a partir de dados de grandes bacias hidrográficas (maiores que 300 km<sup>2</sup>) (SMITH *et al.*, 2003; STRUIJK & KROEZE, 2010; LARUELLE *et al.*, 2013; SINHA *et al.*, 2017). No entanto, os modelos globais geralmente não são robustos para estimar os aportes de bacias de menores (100 km<sup>2</sup>), (STRUIJK & KROEZE, 2010; SINHA *et al.*, 2017). A Região Hidrográfica Atlântico Sul (RHAS) é composta predominantemente por bacias de pequeno porte que compreendem 187.552 km<sup>2</sup> da costa sul brasileira, em pequenos estuários, lagoas costeiras e lagoas (NETTO *et al.*, 2018). Apesar da sua relevância ecológica e social, os estuários e bacias hidrográficas pequenas em regiões de países em desenvolvimento são muito pouco estudados, o que dificulta a validação de modelos na escala global e a definição de legislação, políticas e ações para garantir a qualidade do meio ambiente (STRUIJK & KROEZE, 2010; LARUELLE *et al.*, 2013; BARLETTA *et al.*, 2019).

Com base nestes dados, para este estudo foi escolhida para investigação o estuário do rio Papaquara, no norte da Ilha de Santa Catarina, que desagua em uma preservação permanente e sofre impactos da ocupação urbana, como descargas de efluentes domésticos de forma pontual e difusa (DA SILVA *et al.*, 2015). A pesquisa, portanto, avalia o funcionamento e a resposta à eutrofização deste estuário antropizado, buscando compreender as suas respostas frente a eventos meteo-oceanográficos. Temos como **problema** a suscetibilidade da bacia hidrográfica frente a interferência antrópica e a eventos meteo-oceanográficos, como fortes ventos, dinâmica da maré e descarga fluvial.

Assim, as **hipóteses** a serem testadas são que o estado trófico e, conseqüentemente, a qualidade da água desta bacia hidrográfica está fortemente influenciada por eventos meteo-oceanográficos como oscilações do nível do mar por forçantes meteorológicas e co-oscilações pela maré astronômica, contribuindo para tornar os movimentos estuarinos mais complexos juntamente com a descarga fluvial. Este estudo contribui para a compreensão do funcionamento desse importante ecossistema e sua vulnerabilidade perante os eventos meteo-oceanográficos e a influência antrópica e visa servir como modelo para outras bacias hidrográficas com características similares.

## MATERIAL E MÉTODOS

### *Área de Estudo*

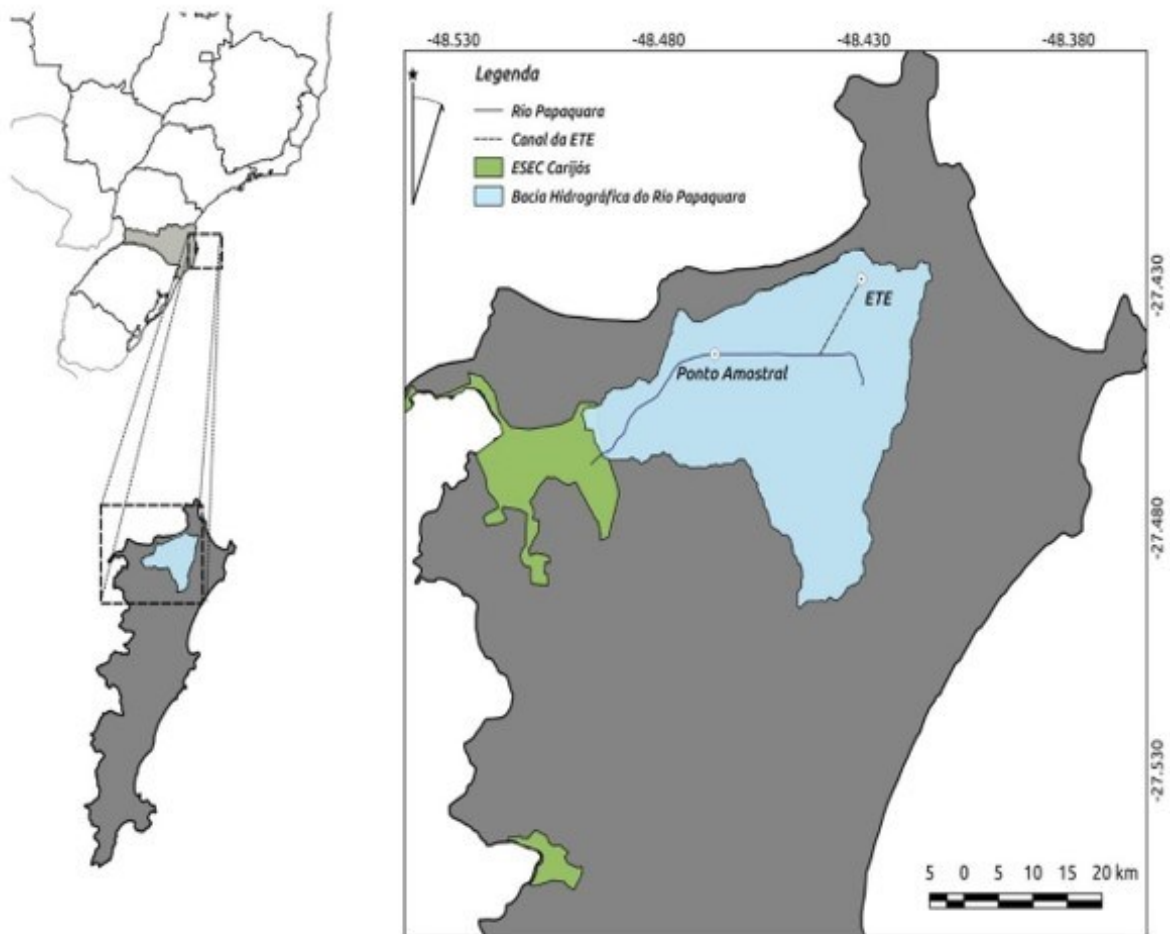
O estuário do rio Papaquara está localizado na Bacia Hidrográfica do Atlântico Sul, região cujos ventos do quadrante N, principalmente NE, predominam durante todo o ano. Estes ventos, de massa de ar quente, são gerados pelo sistema semifixo de alta pressão atmosférica, denominado de Anticiclone do Atlântico Sul (AAS). Este sistema de ventos é perturbado quase que semanalmente pela passagem de sistemas frontais, originados pelo encontro da massa de ar fria do Anticiclone Móvel Polar (AMP) que migra de SO para NE. O encontro dessas duas massas de ar provoca um sistema de frentes, gerando correntes costeiras e aumento das condições de chuvas fortes (TRUCCOLO & SCHETTINI, 2009). O clima da região é caracterizado como subtropical com chuvas bem distribuídas o ano todo. A temperatura média do mês mais quente, fevereiro, é de 24,7 °C e a do mês mais frio, julho, 16,3 °C (INMET, 2017) com médias anuais de precipitação e evapotranspiração de aproximadamente 1540 mm e 987 mm (INMET, 2017), respectivamente. As marés astronômicas no sul do Brasil são semidiurnas, com duas subidas e duas descidas do nível ao longo do dia, tipicamente associada à maré astronômica (Melo Filho 2017). Segundo os dados de maré da carta náutica de 1903 (DHN, 2017), a amplitude média das marés é de 0,93 m (sizígia) e 0,54 m (quadratura).

A bacia hidrográfica do rio Papaquara está localizada no Norte da Ilha de Santa Catarina e compreende uma área de 31 km<sup>2</sup> (Figura 3), sendo que 4.1 km<sup>2</sup> são consideradas urbanizadas, o



restante é composto por áreas florestadas e campos abertos. Sua população residente é de aproximadamente 15.500 pessoas, e por ser uma área visada pelo turismo, sua população aumenta aproximadamente duas vezes nos meses de verão (ICMBio, 2019). O rio Papaquara recebe efluente tratado de forma secundária oriundos da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) de Canasvieiras, que atende de 80% da população da bacia hidrográfica e cuja eficiência de tratamento é baixa, além disto, todo o rio recebe efluentes não tratados da urbanização localizada no entorno (DA SILVA *et al.*, 2015). O efluente gerado pela companhia de saneamento do local, ao chegarem no rio Papaquara, quando somado a baixa vazão do rio levam a uma concentração elevada de nutrientes, causando eutrofização no sistema, além de contaminação por micro poluentes (TREVISAN, 2011; PORTO FILHO, 2013; DA SILVA *et al.*, 2013; DA SILVA, 2015; RODRIGUES, 2016; SILVA *et al.*, 2016). Essa carga de materiais aumenta conforme se aproxima o veraneio, período onde a população flutuante aumenta, impactando ainda mais a qualidade ambiental do sistema (RODRIGUES, 2016). Embora estas pesquisas apontem a redução gradual e crônica da qualidade das águas do estuário do rio Papaquara, influenciados pelo aumento de materiais oriundos do esgoto doméstico, não existem estudos sobre o transporte desses materiais na interface continente-oceano e sua relação com efeitos meteo-oceanográficos.

**Figura 4** - Mapa da bacia hidrográfica do rio Papaquara, com a localização do ponto amostral. Destaca-se a localização da ETE Canasvieiras e da unidade de conservação ESEC Carijós.



Fonte: Elaborada pela autora (2019).

### *Desenho Amostral*

As amostragens foram realizadas em uma seção transversal no limite da intrusão salina no estuário superior do rio Papaquara, localizado no norte da Ilha de SC (Florianópolis, SC), sob condição de ventos N ( $n=3$ ) e de S ( $n=3$ ). As amostragens ocorreram nos dias 9/05, 23/05, 11/07, 4/08, 6/09 e 24/09 de 2017 das 6 às 17hs, ao longo de um ciclo de maré de sizígia.

A área da seção transversal do local de estudo foi medida, em intervalos horizontais de 1m até complementar a largura do trecho amostrado, e calculada seguindo o método de Gauss (ALMEIDA, 2017), previamente ao início das coletas e atualizada a cada hora. No mesmo instante foram realizadas as medições *in situ* de salinidade e temperatura por um perfilador CTD (Sontek, modelo YSI CastAway) e medições de velocidade e fluxo da corrente utilizando um Medidor de Corrente Magnética Indutiva (OTT, modelo MF Pro) em intervalos verticais de 30 cm com o primeiro nível a 20 cm do fundo. Concomitante, a água da profundidade média da coluna da água foi

amostrada com garrafa de Van Dorn, de 3L e provida de fechamento horizontal. Alíquotas (em duplicata) para análise de Oxigênio Dissolvido (OD) foram cuidadosamente transferidas para frascos de DBO e fixadas imediatamente, sendo mantidas ao abrigo da luz até análise em laboratório (método Winkler, LABASQUE *et al.*, 2004). Alíquotas para as demais análises foram acondicionadas em frascos de polietileno, de alta resistência e pré lavados, e mantidas resfriadas em caixa térmica ao abrigo da luz até filtração.

As amostras para análise de nutrientes ( $\mu\text{M}$ ), biomassa fitoplanctônica (clorofila-*a* e feofitina-*a*,  $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) e material particulado em suspensão (MPS,  $\text{mg.L}^{-1}$ ) foram filtradas em campo, logo após a amostragem, com microfiltro de fibra de vidro (Macherey-Nagel, GF-3), conforme os procedimentos descritos em Strickland e Parsons (1972). As amostras foram resfriadas imediatamente em caixa térmica sob abrigo da luz, sendo armazenadas em laboratório (freezer a  $-20^{\circ}\text{C}$ ) até as posteriores análises.

Os dados meteorológicos de precipitação diária (mm) do período amostrado foram gentilmente cedidos pelo Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina (CIRAM/EPAGRI), que tem uma estação meteorológica de precipitação pluviométrica aproximadamente 4 km da área de estudo.

Os dados de velocidade ( $\text{m.s}^{-1}$ ) e direção do vento (graus) do período amostrado foram obtidos na base de dados ERA-Interim (<https://www.ecmwf.int/en/forecasts/datasets/reanalysis-datasets/era-interim>). Os dados foram extraídos para um região entre  $27.25^{\circ}\text{W}$  e  $27.5^{\circ}\text{W}$  e  $-48^{\circ}\text{S}$  e  $-48.5^{\circ}\text{S}$ , com uma grade espacial de  $0.125^{\circ} \times 0.125^{\circ}$  ( $\sim 1\text{km}$ ).

Os dados maregráficos de maré observada foram gentilmente cedidos pelo CIRAM, que tem estação maregráfica na Baía Sul (Lat  $27^{\circ}48'58.0''\text{S}$ / Long  $48^{\circ}33'50.0''\text{W}$ ), aproximadamente 38 km da área de estudo. Foram utilizados séries horárias de nível do mar deste local, coletadas durante os meses de maio à outubro de 2017. Nestas séries foi realizado um modelo de correlação cruzada no domínio do tempo com dados registrados em Jurerê (local próximo a área de estudos) e realizado análise através do software MATLAB. As componentes meteorológicas das séries foram obtidas com a aplicação de um filtro passa-baixo pelo toolbox T\_TIDE, com corte de oscilações de períodos menores que 33 horas, a fim de identificar componente de baixa frequência. Para análise da componente meteorológica, os resultados mostraram que a maior correlação acontece em 1h (crosscorr= 0,9951), ou seja, as variações de nível meteorológico levam aproximadamente 1h para se deslocar da Baía Sul (Lat  $27^{\circ}48'58.0''\text{S}$ / Long  $48^{\circ}33'50.0''\text{W}$ ) até o local de estudo e chegam com 99% da intensidade do sinal, com um RMSE de 2,591.

Para o cálculo do tempo de residência hídrico, aplicou-se o modelo de um compartimento com volume estimado pela área da seção transversal e a extensão de 100 m de comprimento, variando conforme o nível da maré, considerando-o do tipo bem misturado. O tempo de residência foi

calculado considerando a razão entre o volume da água do estuário e a sua vazão, conforme equação 1 (WOLANSKI, 2007, adaptado).

$$T = \left( \frac{Vol}{Q_f} \right) \quad \text{Equação (1)}$$

Onde T é o tempo de residência em segundos, Vol é o volume do estuário em m<sup>3</sup> e Q<sub>f</sub> é a vazão fluvial em m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>.

#### *Procedimento em laboratório*

Os nutrientes inorgânicos dissolvidos, nitrato (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), nitrito (N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>), amônio (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) e fosfato (P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>), foram quantificados conforme método colorimétrico em espectrofotômetro de duplo feixe e provido de siper (Hitachi U -2900). Todo o procedimento de análise seguiu rigorosamente a metodologia descrita em Grasshoff et al. (1983). A concentração do nitrogênio inorgânico dissolvido (NID) foi calculada pela soma das frações NO<sub>2</sub><sup>-</sup> e NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e NH<sub>4</sub><sup>+</sup>. A relação molar de nitrogênio e fósforo (N:P) foi obtida pela razão entre o NID (μM) e o PID (μM), sendo este definido pela concentração do ortofosfato (P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>).

Os pigmentos de biomassa fitoplânctônica foram extraídos em acetona 90% (v/v), em um período de 24 horas sob refrigeração à 7°C e no escuro. As concentrações de clor- *a* e de feofitina *a* foram determinadas com espectrofotômetro pelo método de Lorenzen, com cubeta de 1 cm de passo óptico, de acordo com Strickland & Parsons (1972). A concentração de oxigênio dissolvido (OD) foi estimada por técnica colorimétrica, segundo Labasque et al. (2004), utilizando o espectrofotômetro descrito anteriormente.

#### *Estimativa da taxa de transporte da seção transversal e Índice Trófico (TRIX)*

A taxa de transporte da seção transversal  $Q$ , em kg por hora, foi obtida pela equação 3, seguindo a metodologia proposta por Pereira-Filho (2001)

$$Q = A_t \int_{t_2}^{t_1} \overline{cu} dt \quad \text{Equação (2)}$$

Onde  $A_t$  é a área da seção transversal instantânea (m<sup>2</sup>),  $c$  é a concentração do parâmetro (kg.m<sup>-3</sup>) e  $u$  é a velocidade atual (m.s<sup>-1</sup>). A barra superior indica a média na coluna de água.

A taxa de transporte líquido foi calculada pela média da taxa de transporte horária em um ciclo de maré, e o transporte total foi obtido somando todas as taxas de transporte em um ciclo de maré. Por convenção, valores positivos significa transporte para o rio e valores negativos, transporte para o estuário.

Para o cálculo de estado trófico TRIX, utilizou-se o índice elaborado por Vollenweider et al. (1998) que trata de uma combinação linear dos principais fatores de produtividade, nutricionais e alteração da qualidade da água no ambiente estuarino: *clor-a* ( $\text{mg.m}^{-3}$ ), NID ( $\text{mg.m}^{-3}$ ), PID ( $\text{mg.m}^{-3}$ ) e oxigênio dissolvido (%). O valor usado para o oxigênio deriva da seguinte fórmula:  $aD\%OD = |100\% - (\text{saturação de oxigênio medida em campo})|$ , ou seja, o módulo do desvio de 100% da saturação do oxigênio. O TRIX foi calculado pela equação 3.

$$\text{TRIX} = \left[ \frac{\text{Log}_{10}(\text{Clorofila} * \text{NID} * \text{PID} * aD\%OD) - (k)}{m} \right] \quad \text{Equação (3)}$$

Onde, o termo “k” é o somatório do limite mínimo de todas as variáveis, ou seja, esta variável determina a correção logarítmica dos limites inferiores ( $\Sigma \text{Log}_{10} \text{Min}$ ). E o termo “m” é o fator escalar derivado da padronização das 4 variáveis, fixando um número de 10 classes na escala do TRIX através da diferença entre os limites superiores e inferiores de cada parâmetro, ou seja,  $m = [\Sigma \text{Log}_{10} \text{Max} - \Sigma \text{Log}_{10} \text{Min}] * (0,1)$ . O índice varia de 0 a 10, cobrindo um espectro de condições ultra-oligotróficas (0-2), oligotróficas (2-4), mesotróficas (4-6), eutrólicas (6-8) e hipertrólicas (8-10).

### *Análise de Dados*

Aplicou-se o teste não paramétrico Kruskal-Wallis (KW), com o auxílio do Software R, versão 3.1.2. ([www.r-project.org/](http://www.r-project.org/)), com nível de significância ( $p < 0,05$  ou 5%) para averiguar se houve diferenças significativas ( $p < 0,05$  ou 5%) entre as variáveis meteorológicas (precipitação e velocidade e direção do vento) nos períodos amostrados (sob influência dos ventos N e S) e avaliar se as amostragens foram feitas de forma representativa a estas condições. O Software R ([www.r-project.org/](http://www.r-project.org/)) também foi utilizado para a análise de correlação simples de Pearson para verificar correlações significativas ( $p < 0,05$  ou 5%) entre as variáveis aqui mensuradas.

A similaridade, ou dissimilaridade, no conjunto de variáveis da coluna da água entre os períodos amostrados foi avaliada pela análise de coordenadas principais (PCoA) e testada pelo ANOSIM one-way. Estas análises foram geradas a partir da matriz de distância Euclidiana, gerada com dados normalizados e aplicando 999 permutações. Essas análises foram realizadas pelo software PRIMER 6®.

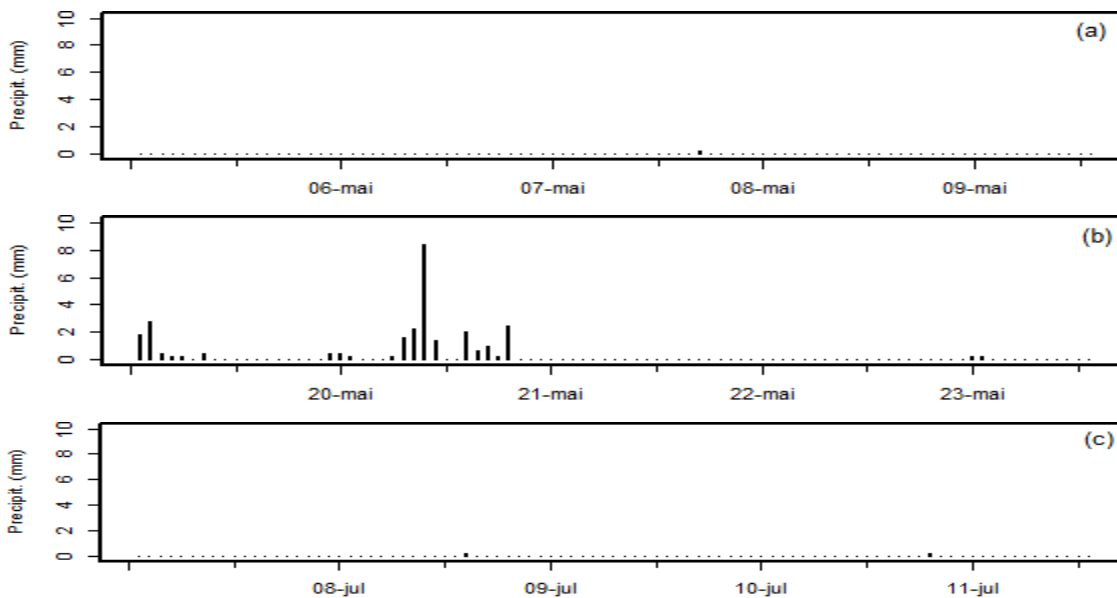
## RESULTADOS

### *Dinâmica Estuarina*

Observações meteorológicas na região de estudo indicaram que os períodos amostrais (ventos do quadrante N e S) apresentaram diferença significativa para velocidade (KW r:17,35, p:0,00) e direção do vento (KW r:10,48, p:0,00). O maior valor médio de intensidade foi registrado nas coletas com predominância de ventos do quadrante S ( $7,8 \pm 2,5 \text{ m.s}^{-1}$ ), com a maior intensidade na amostragem do dia 04/08/2017 (de  $11,4 \text{ m.s}^{-1}$ ) (Figura 6d). No período com predominância de ventos do quadrante N, o valor médio de intensidade manteve-se mais fraco ( $3,8 \pm 1,2 \text{ m.s}^{-1}$ ), com maiores valores no primeiro dia, atingindo  $4,1 \text{ m.s}^{-1}$  (Figura 6a).

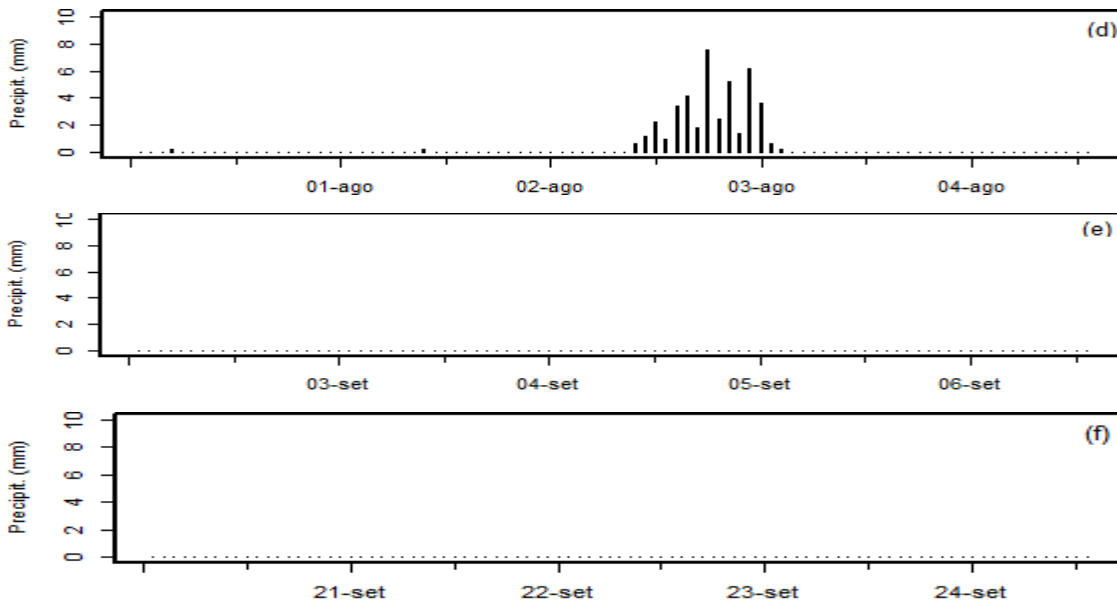
As precipitações acumuladas nos quinze dias que antecederam as amostragens não variaram significativamente entre os dois períodos amostrais. A precipitação acumulada sob ventos de N variou de 2,2 mm (11/07/2017) a 76,4 mm (23/05/2017). No período de ventos de S, a variação foi de 1,0 mm no (24/09/2017) a 43,6 mm (04/08/2017).

**Figura 5** - Precipitação pluviométrica (mm) nos três dias que antecederam a amostragem e na data amostral na região do rio Papaquara, no período com predomínio de ventos do quadrante N (a) 09/05, (b) 23/05 e (c) 11/07/2017.



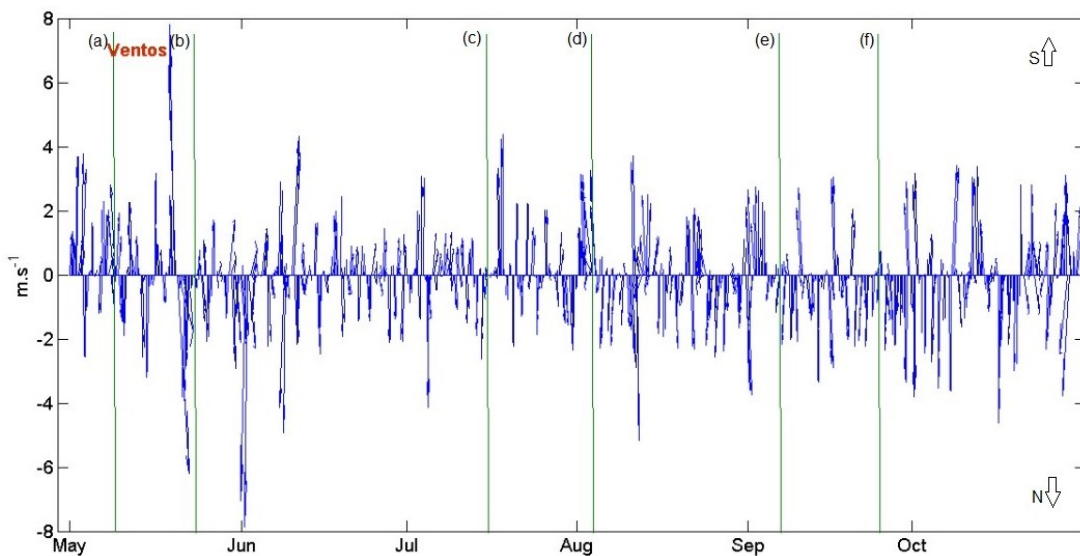
Fonte: Elaborada pela autora (2019).

**Figura 6** - Precipitação pluviométrica (mm) nos três dias que antecederam a amostragem e na data amostral na região do rio Papaquara, no período com predomínio de ventos do quadrante S (a) 04/08, (b) 06/09 e (c) 24/09/2017.



Fonte: Elaborada pela autora (2019).

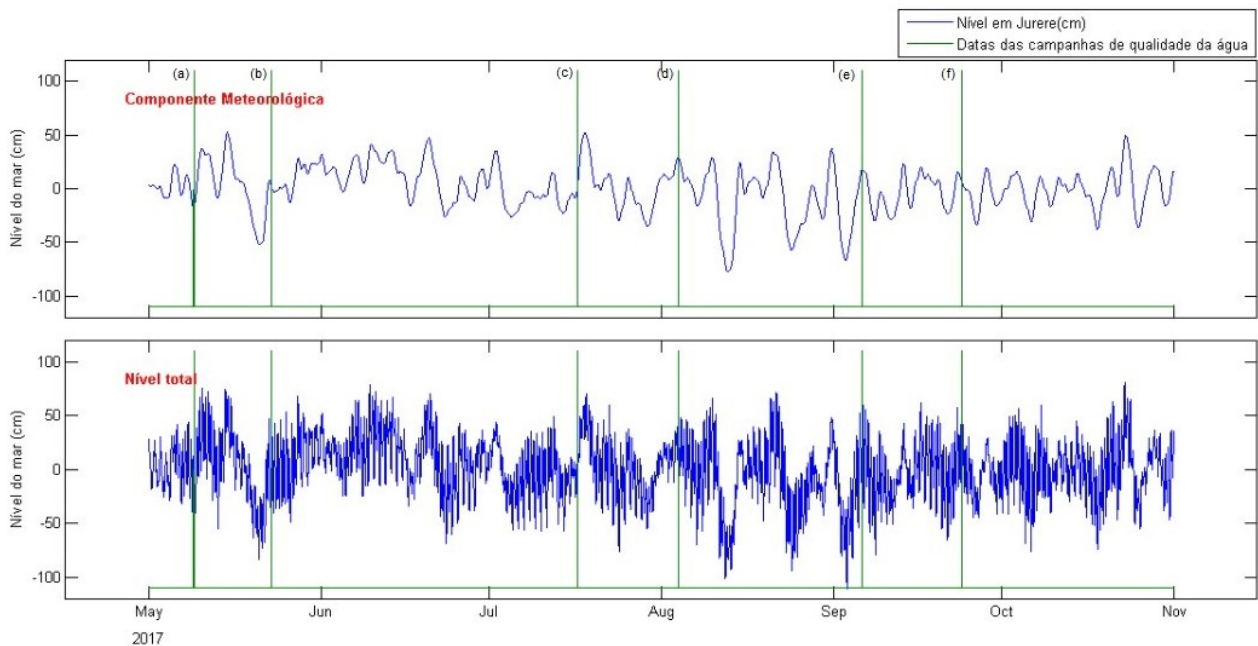
**Figura 7** - Direção (em graus, posição das linhas) e velocidade ( $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ) do vento nos dias que antecederam as amostragens e nas datas amostrais na região do rio Papaquara. Primeiras três linhas verdes indicam as datas amostrais do período com predomínio de ventos do quadrante N (a) 09/05, (b) 23/05 e (c) 11/07/2017 e a últimas três linhas indicam as datas sob ventos do quadrante S (d) 04/08, (e) 06/09 e (f) 24/09/2017.



Fonte: Elaborada pela autora (2020).

Os níveis do mar para o local de estudo, apresentaram sinais importantes de flutuações atribuídas a eventos meteorológicos neste trecho da costa para os dias com predomínio de ventos do quadrante N e S. Os níveis do mar nos três dias do período N apresentaram níveis meteorológicos negativos sobre o mar, rebaixando o nível da maré e afastando as águas em direção ao oceano em até 12 cm (Figura 8). Já nos dias com predomínio de ventos do quadrante S, os níveis meteorológicos apresentaram valores positivos, atingindo até 27 cm de sobre-elevação do nível do mar e aumentando sua influência na costa.

**Figura 8** - Nível do mar meteorológico e nível do mar total no período de maio a outubro de 2017, indicando as datas amostrais (linhas verdes transversais) na região do rio Papaquara, com predomínio de ventos do quadrante N (a 09/05; b 23/05 e c 11/07/2017) e do quadrante S (d 04/08; e 06/09 e f 24/09/2017).



Fonte: Elaborada pela autora (2020).

A salinidade e área da seção transversal do trecho amostrado apresentaram diferença significativa entre os períodos de ventos do quadrante N e S, no entanto, o mesmo não foi verificado com a vazão e a temperatura (Tabela 1).

O trecho amostrado foi considerado bem misturado já que não houve variação de temperatura e salinidade no perfil vertical da coluna d'água em todas as campanhas amostrais. A salinidade e seção transversal correlacionaram-se positivamente ( $r=0.74$ ;  $p=0.001$ ) com menores valores sob vento N, refletindo a menor influência marinha forçada pelo transporte de Ekman neste período amostral.



**Tabela 1** - Valores médios ( $\pm$ desvio padrão) e resultados do teste Kruskal Wallis (KW, p: valor-p/ H: qui-quadrado) entre os períodos (N e S) para salinidade, áreas da seção transversal (s.t.), vazão, temperatura, MPS, tempo de residência (t.r.), OD, NID, PID, *clor-a* e TRIX no rio Papaquara. Datas amostrais com predomínio de ventos do quadrante N (09/05; 23/05 e 11/07/2017) e do quadrante S (04/08; 06/09 e 24/09/2017). N=36, com exceção dos valores diários (N=3) de vazão e tempo de residência.

Variáveis	Vento N			Vento S			KW (p/H)
	09/05	23/05	11/07	04/08	06/09	24/09	
Salinidade	0,8 $\pm$ 0,7	0,6 $\pm$ 0,0	0,6 $\pm$ 0,0	1,2 $\pm$ 1,3	1,2 $\pm$ 0,6	0,6 $\pm$ 0,5	***/7,99 <sup>a</sup>
s.t. (m <sup>2</sup> )	8,0 $\pm$ 3,4	11,6 $\pm$ 2,3	8,8 $\pm$ 2,6	16,7 $\pm$ 1,4	14,9 $\pm$ 2,2	13,5 $\pm$ 2,0	***/33,51 <sup>a</sup>
Vazão (m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )	-0,3 $\pm$ 0,9	-0,8 $\pm$ 1,0	-0,4 $\pm$ 1,0	-0,5 $\pm$ 1,0	-0,5 $\pm$ 1,6	-0,7 $\pm$ 1,0	ns/0,44 <sup>b</sup>
Temp. (°C)	24,6 $\pm$ 0,8	19,8 $\pm$ 0,4	20,8 $\pm$ 0,6	18,8 $\pm$ 0,2	21,7 $\pm$ 0,5	22,3 $\pm$ 0,1	ns/0,78 <sup>a</sup>
t.r. (hrs)	0,1 $\pm$ 0,4	0,1 $\pm$ 0,6	0,0 $\pm$ 0,4	0,9 $\pm$ 1,9	0,8 $\pm$ 0,3	0,5 $\pm$ 0,5	*/3,97 <sup>b</sup>
pH	6,6 $\pm$ 0,1	6,5 $\pm$ 0,1	7,1 $\pm$ 0,1	6,7 $\pm$ 0,1	7,0 $\pm$ 0,1	7,1 $\pm$ 0,1	ns/0,62 <sup>a</sup>
OD (mg L <sup>-1</sup> )	3,0 $\pm$ 1,8	2,2 $\pm$ 0,4	4,3 $\pm$ 1,6	5,1 $\pm$ 1,4	3,6 $\pm$ 1,1	3,6 $\pm$ 0,5	***/8,41 <sup>a</sup>
%OD	36,4 $\pm$ 22,7	24,7 $\pm$ 5,3	49,1 $\pm$ 17,7	63,4 $\pm$ 20,5	41,1 $\pm$ 13,6	41,6 $\pm$ 6,2	***/34,22 <sup>a</sup>
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (μM)	108,5 $\pm$ 2,0	78,1 $\pm$ 8,3	106,4 $\pm$ 0,3	113,1 $\pm$ 1,4	104,7 $\pm$ 21,0	111,7 $\pm$ 1,2	***/19,86 <sup>a</sup>
NO <sub>2+3</sub> (μM)	3,4 $\pm$ 2,2	7,9 $\pm$ 1,8	15,0 $\pm$ 2,9	14,6 $\pm$ 5,7	9,6 $\pm$ 4,3	4,3 $\pm$ 2,1	ns/0,09 <sup>a</sup>
NID (μM)	112,4 $\pm$ 2,9	84,0 $\pm$ 6,0	120,7 $\pm$ 2,9	127,1 $\pm$ 6,0	109,6 $\pm$ 19,3	116,0 $\pm$ 2,2	**/6,39 <sup>a</sup>
PID (μM)	6,0 $\pm$ 1,4	5,7 $\pm$ 0,6	8,0 $\pm$ 1,0	7,3 $\pm$ 2,0	2,3 $\pm$ 1,1	27,6 $\pm$ 9,1	ns/0,75 <sup>a</sup>
N:P	18,5 $\pm$ 8,7	16,0 $\pm$ 0,1	15,4 $\pm$ 1,9	17,4 $\pm$ 4,7	42,4 $\pm$ 13,6	4,2 $\pm$ 3,0	ns/0,00 <sup>a</sup>
Clor- <i>a</i> (μg L <sup>-1</sup> )	10,2 $\pm$ 14,0	4,0 $\pm$ 3,3	10,2 $\pm$ 2,8	11,1 $\pm$ 3,4	14,2 $\pm$ 14,0	18,0 $\pm$ 5,8	***/15,50 <sup>a</sup>
MPS (mg L <sup>-1</sup> )	4,3 $\pm$ 9,6	7,0 $\pm$ 4,6	2,0 $\pm$ 1,4	7,8 $\pm$ 3,8	53,9 $\pm$ 28,6	19,2 $\pm$ 20,3	***/34,69 <sup>a</sup>
TRIX	6,3 $\pm$ 1,4	4,9 $\pm$ 0,6	6,0 $\pm$ 0,5	5,8 $\pm$ 1,0	5,5 $\pm$ 0,9	8,0 $\pm$ 0,8	*/4,15 <sup>a</sup>

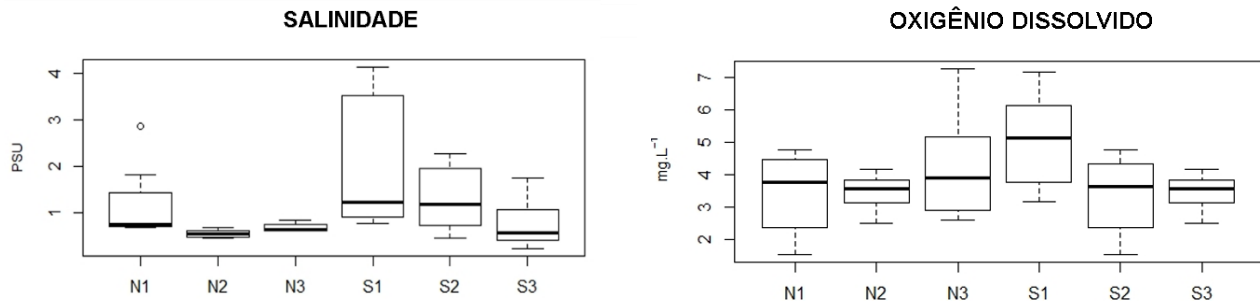
Valores de significância de valor de p <0,05 \*; <0,01 \*\*; <0,001 \*\*\*; ns: não significativo  
Fonte: Elaborada pela autora (2019).

O tempo de residência foi de 0.1 $\pm$ 0.1 horas no período de ventos do quadrante N e de 0.7 $\pm$ 0.2 horas no período de ventos do quadrante S. Os dias com predomínio de ventos S apresentaram um aumento do tempo de residência (Tabela 1). A saturação de OD apresentou diferença significativa entre os dias dos períodos de ventos do quadrante N e S. No período com predominância de ventos do quadrante N a saturação média foi de 37% e 50% das amostras apresentaram estado de hipóxia (OD < 30%) (Figura 9). O OD mostrou-se diferente entre os dias amostrados deste período de ventos do quadrante N (KW r: 12,16 p: 0,00). As melhores condições de OD no período N foram observadas no primeiro e terceiro dia (09/05 e 11/07) e quando associadas às maiores salinidades, sendo que o OD se correlacionou com esta variável (r: 0,40, p: 0,05). O segundo dia desse período de ventos do quadrante N (23/05) apresentou hipóxia em 92% de suas amostras (Figura 9), o que pode estar associado à baixa salinidade deste dia, devido ao alto acúmulo de precipitação e diminuição da influência marítima.

No período com predominância de ventos do quadrante S, a saturação média de OD foi de 44,9% e 11% das amostras apresentaram estado de hipóxia. O OD mostrou-se diferente entre os dias

do período (KW  $r:9,74$   $p:0,00$ ), com maiores saturações observadas no primeiro dia (04/08) e quando associadas à maior influência do mar (Figura 9).

**Figura 9** - Boxplot de salinidade e oxigênio dissolvido (OD) no período de ventos do quadrante norte (N) e do quadrante sul (S).



Fonte: Elaborada pela autora (2019).

Os valores de pH refletiram a baixa concentração de OD e correlacionou-se positivamente com a salinidade ( $r:0,58$ ,  $p:0,04$ ,  $N=36$ ), com valores menores encontrados no período de ventos do quadrante N,  $6,53 \pm 0,11$  (23/05/2017). Em todas as amostras do rio Papaquara, o pH esteve acima de 6,53, indicando neutralidade da água associada ao tamponamento pela influência marinha. O material particulado em suspensão (MPS), apresentou concentração de  $5,5 \pm 2,5$   $\text{mg.L}^{-1}$  no período de ventos N e de  $30,4 \pm 24,0$   $\text{mg.L}^{-1}$  no período de ventos S, apresentando valores mais elevados no segundo dia (06/09) deste último período. O MPS em S correlacionou negativamente com o fosfato ( $r:-0,61$ ,  $p:0,00$ ,  $N=36$ ) e positivamente com o OD ( $r:0,60$ ,  $p:0,03$ ,  $N=36$ ) e salinidade ( $r:0,92$ ,  $p:0,00$ ,  $N=36$ ).

#### *Variabilidade de Nutrientes e Biomassa Fitoplanctônica*

As menores concentrações de NID foram encontradas no período de ventos do quadrante N, em especial, no segundo dia (23/05) onde houve um acúmulo de precipitação pluviométrica de 76,4 mm. No período de ventos do quadrante S, as maiores concentrações foram encontradas no primeiro dia de amostragem (04/08), na qual houve maior intensidade de ventos. A concentração média de NID foi de  $105,8 \pm 19,2$   $\mu\text{M}$  no período com predominância de ventos do quadrante N e  $115,1 \pm 8,8$   $\mu\text{M}$  no período com predominância de ventos do quadrante S, com diferença significativa entre ambos (Tabela 1). O  $\text{NH}_4^+$  representou 92% do NID para o período de ventos do quadrante N e 94% para o período de ventos do quadrante S. O fosfato inorgânico dissolvido (PID) não apresentou diferença significativa entre os períodos de ventos sob influência do quadrante N e S, apresentando concentração de  $6,5 \pm 1,2$   $\mu\text{M}$  e  $12,2 \pm 13,3$   $\mu\text{M}$ , respectivamente, a mediana da concentração de PID sob ventos do quadrante S foi de 7,3  $\mu\text{M}$ . A tendência do PID no sistema esteve associada ao momento

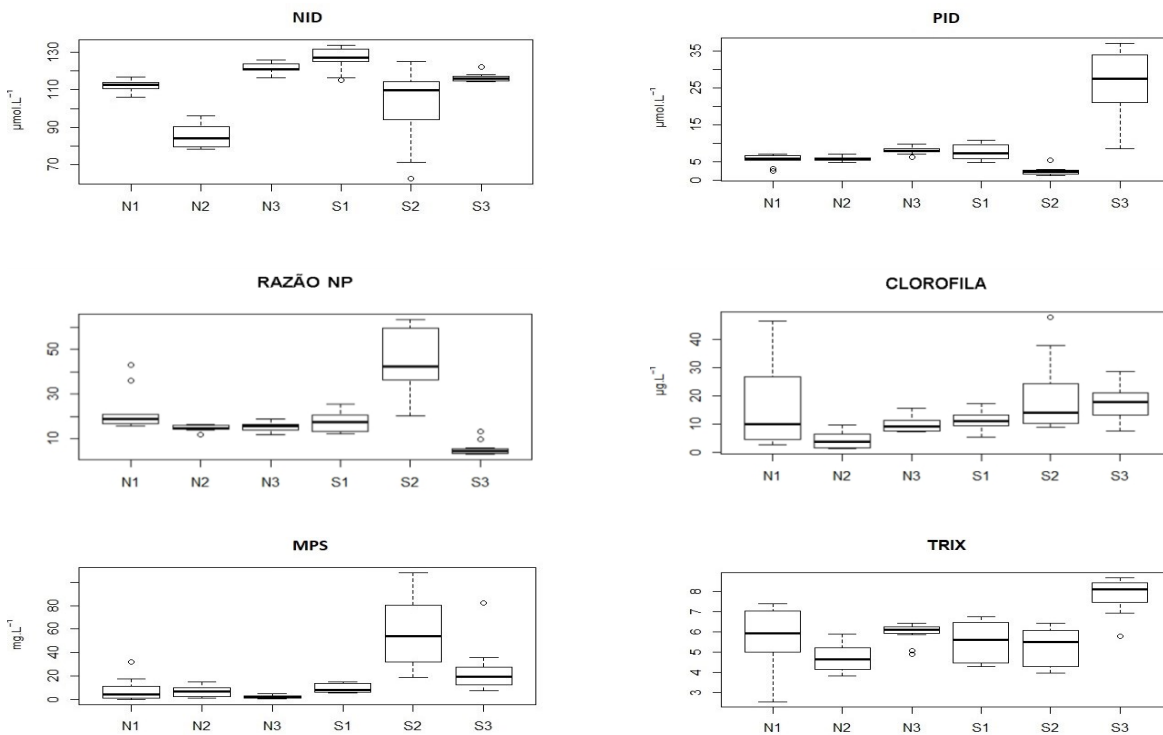
da maré (n=36), identificada pela correlação negativa do PID com a salinidade (r:-0,83, p:0,00) e MPS (r:-0.81,p:0,00). O PID correlacionou-se negativamente com o OD nas datas amostrais em que ocorreram hipóxia ( $OD < 2 \text{ mg.L}^{-1}$ ) em N1 (r:- 0.67,p:0.01), N2 (r:-0.67, p:0.05), S2(r:-0.58, r:0.04).

A razão NP apresentou 39% das amostras com valores acima de 20 no período de ventos S, indicando limitação por fósforo, e 31% das amostras apresentaram valores abaixo de 10, indicando limitação por nitrogênio. Já no período amostral com predominância de ventos do quadrante N, 89% das amostras apresentaram proporções consideradas ideais (entre 10 e 20).

A concentração de *clor-a* foi de  $10,1 \pm 3,6 \mu\text{g L}^{-1}$  no período de ventos N e de  $16,0 \pm 3,4 \mu\text{g L}^{-1}$  no período de ventos S, correlacionando-se positivamente com o fosfato (r:0.71, p:0.00). A concentração de *clor-a* foi pelo menos o dobro da feofitina em 83% das medidas em período de ventos N e 94% sob ventos de S. A *clor-a* mostrou-se mais elevada no terceiro dia de vento do quadrante S (24/09), relacionada a elevada concentração de nutrientes observados neste dia e em menor concentração no segundo dia de ventos do quadrante N (23/05), associada ao acúmulo de chuva. Máximos valores de *clor-a* no período de ventos do quadrante N e S ocorreram frequentemente em início de enchente.

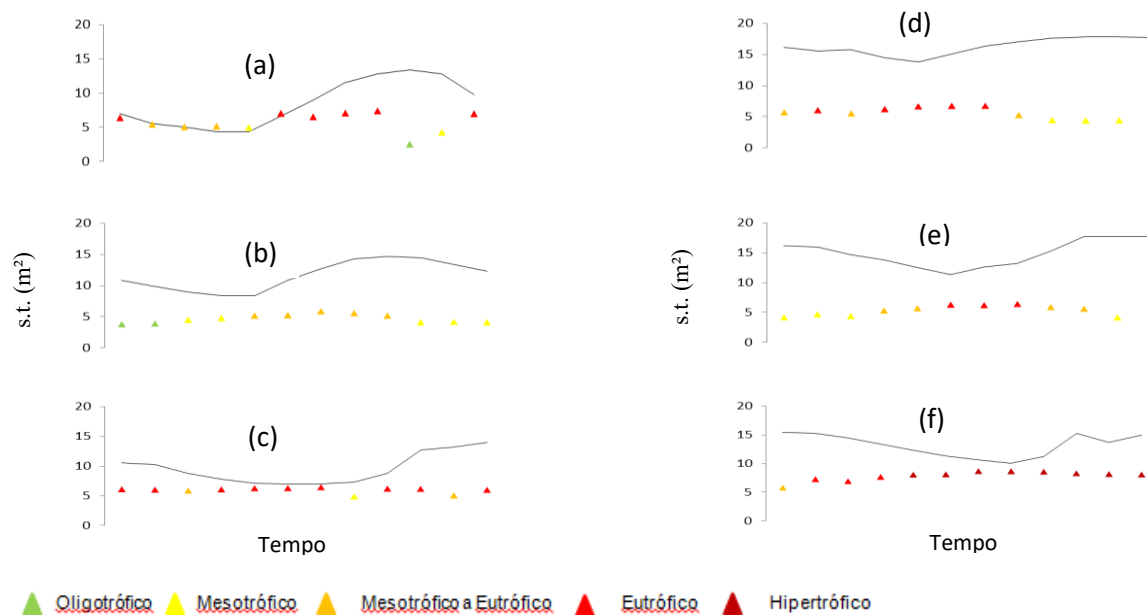
O grau de estado trófico variou de mesotrófico, com TRIX de  $5,7 \pm 1,8$ , no período de ventos do quadrante N para o grau eutrófico, TRIX de  $6,7 \pm 1,5$  no período de ventos do quadrante S, apresentando diferença significativa entre os dois períodos (KW r:4,15 p: 0,04). Os maiores estados tróficos foram encontrados no terceiro dia (24/09/2017) do período de ventos S, apresentando classificação hipereutrófica. Valores mais altos de TRIX, no período de ventos do quadrante S, foram observados em horários onde houve um decréscimo da seção transversal, apresentando correlação negativa no primeiro (r:-0,61, p:0,03, N=12), segundo (r:-0,67, p:0.01, N=12) e terceiro (r:-0.91,0.00, N=12) dia de amostragem. Já no período de ventos do quadrante N não houve correlações significativas.

**Figura 10** - Boxplot de todas as formas de NID, PID, razão NP, clor-*a*, MPS e TRIX no período de ventos do quadrante norte (N) e do quadrante sul (S).



Fonte: Elaborada pela autora (2019).

**Figura 11** - Variação do TRIX (símbolos) e da Área da Seção Transversal do rio (linha) ao longo de um ciclo de maré, durante os dias sob predominância de ventos N (a), (b), (c) e dias sob predominância de ventos S (d), (e), (f).



Fonte: Elaborada pela autora (2019).

A condição eutrófica foi observada em 36% das amostras coletadas do rio Papaquara em ambos os períodos. O período com predomínio de ventos do quadrante N apresentou índice eutrófico em 41% das amostras (n=36). No período com predomínio de ventos S, o grau eutrófico foi observado em 30% das amostras e o grau hipertrófico ocorreu em 22% das medições (n=36).

Os fluxos de materiais na água indicaram que o estuário foi uma fonte de nutrientes para o estuário externo, em ambos os períodos amostrais. No período de ventos do quadrante N, o transporte de NID para a região à jusante foi de  $60,6 \pm 12 \text{ kg.dia}^{-1}$  enquanto no período de ventos do quadrante S foi de  $85,6 \pm 5,6 \text{ kg.dia}^{-1}$ . O PID apresentou transporte de  $4,0 \pm 2,8 \text{ kg.dia}^{-1}$  no período de ventos do quadrante N e de  $8,0 \pm 9,2 \text{ kg.dia}^{-1}$  no período de ventos do quadrante S.

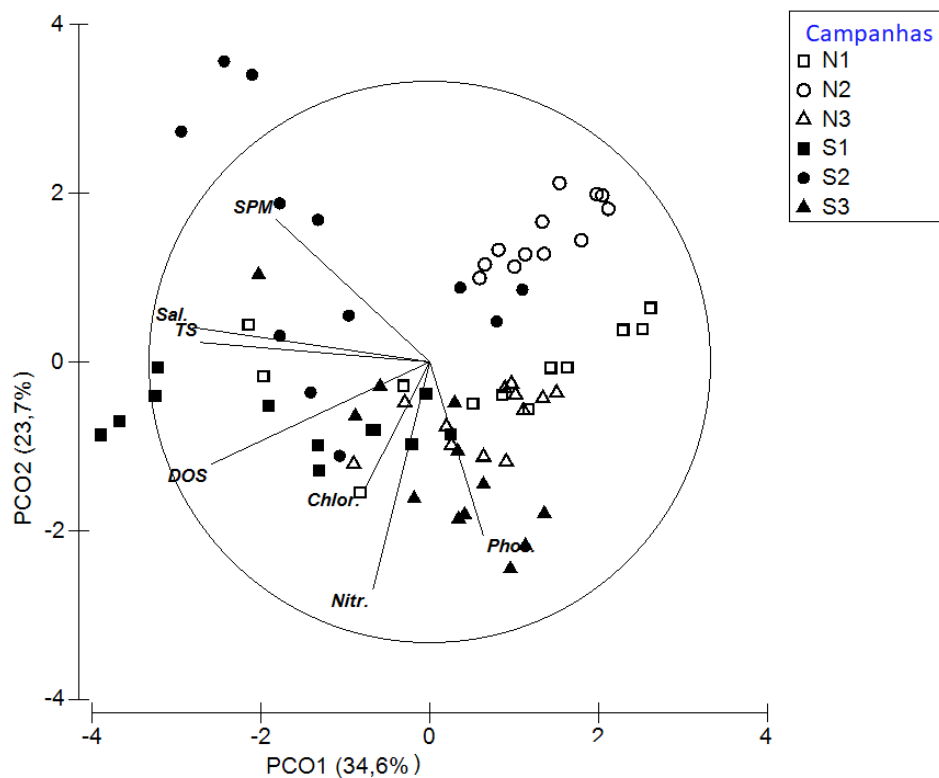
**Tabela 2** -Taxa de transporte total de nutrientes inorgânicos dissolvidos, *clor-a* e MPS em  $\text{kg.dia}^{-1}$ , divididos por dias de coleta, com predomínio de ventos do quadrante N (09/05, 23/05, 11/07) e com predomínio de ventos S (04/08, 06/09, 24/09). Sinal negativo significa transporte para o estuário externo.

Variáveis	Vento N			Média	Vento S			Média
	09/05	23/05	11/07		04/08	06/09	24/09	
NH <sub>4</sub>	-41,8	-79,8	-45,6	<b>-55,7</b>	-74,6	-65,6	-92,6	<b>-77,6</b>
NO <sub>2+3</sub>	-1,8	-8,4	-5,8	<b>-5,3</b>	-10,8	-8,8	-4,4	<b>-8,0</b>
NID	-43,6	-88,2	-50,4	<b>-60,7</b>	-85,4	-74,4	-97,0	<b>-85,6</b>
PID	-4,6	-12,6	-6,6	<b>-7,9</b>	-9,6	-1,6	-36,8	<b>-16,0</b>
Clor- <i>a</i>	-0,0	-0,0	-0,2	<b>-0,1</b>	-0,2	-0,0	-1,0	<b>-0,4</b>
MPS	-330,6	-632,8	-97,4	<b>-353,6</b>	-257,4	-3221,8	-941,1	<b>-1473,4</b>

Fonte: Elaborada pela autora (2019).

A PCoA (Figura 11) mostrou que os eixos 1 (34,6%) e 2 (23,7%) representaram 58,3% da variabilidade dos dados avaliados. O eixo 1 distinguiu os períodos amostrais de acordo com o vento, N e S. O vetor da salinidade (Sal), área da seção transversal (TS), concentração de oxigênio dissolvido (ODS) e de material particulado em suspensão (MPS) convergiram para as amostras do período de vento S. O eixo 2 distinguiu as amostras pelo dia amostral, independente do período, separando as amostras por maior presença de NID, PID e MPS. Na porção positiva deste eixo localizam-se as amostras da 2ª amostragem de vento S e de N, devido um aumento de MPS em S2 e diluição de materiais em N2. Na porção negativa do eixo 2 estão as amostras do 3º dia da amostragem de vento S, convergindo com os vetores de NID, PID e *clorofila-a*. A diferença observada pelo eixo 1, associada ao período amostral N x S, foi corroborada pelo resultado da ANOSIM ( $p=0.001$ ;  $R=0.568$ ).

**Figura 12** - Diagrama de Análise de Coordenadas Principais (PCoA) com dados das variáveis de água por dia amostrado em cada período de vento.

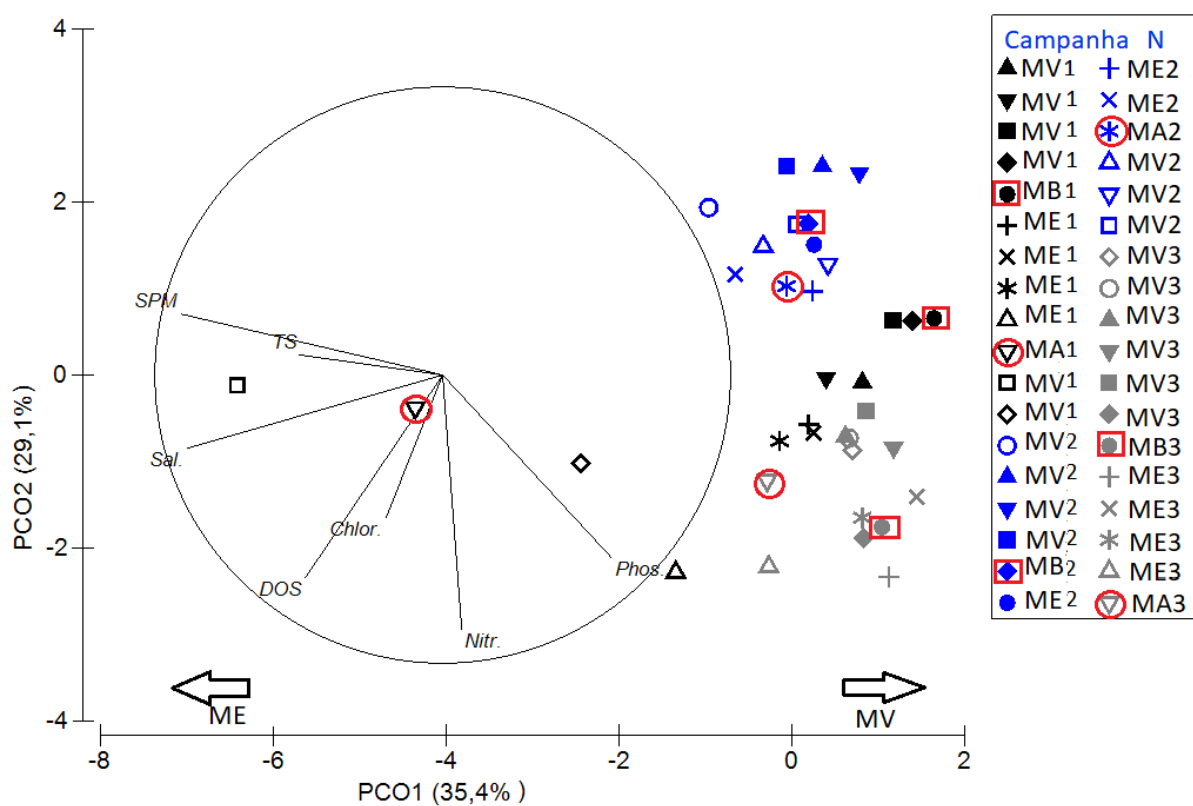


Fonte: Elaborada pela autora (2019).

Ao considerar apenas os resultados do período de vento N, a PCoA (Figura 12) representou 64,5% da variabilidade dos dados, sendo 35,4% no eixo 1 e 29,1% no eixo 2. Os horários amostrais (diferentes símbolos) ficaram muito próximos de acordo com o dia da amostragem (mesma cor dos símbolos), com exceção dos pontos do dia 09/05, quando foram distinguidos pelo momento da maré no eixo 1. As campanhas amostrais (N1, N2, N3) em relação a diversas variáveis (NID, PID, Clor-*a*, OD, MPS, Salinidade e Seção Transversal) apresentaram diferenças significativas pela Análise de Similaridade Anosim ( $R=0.552$ ;  $p=0.001$ ). No eixo 1, a Salinidade, Seção Transversal e P tiveram maior representatividade e, no eixo 2, a variável que teve maior representatividade foi o N. No eixo 1, quase todas as amostras permaneceram no lado positivo, para onde convergiu o eixo do P. Alguns símbolos do primeiro dia, representando os últimos horários de amostragem permaneceram do lado negativo, com maior salinidade, MPS e seção transversal, devido a condição de maré enchente destes horários. Neste dia amostral o vento inverteu de direção as 12 hs para o S com intensidades acima de  $3.5 \text{ m.s}^{-1}$ , possibilitando maior influência marinha. Já no eixo 2, no lado negativo ficaram todas as amostras do terceiro dia e parte do primeiro de amostragem, indicando maior concentração de nitrogênio e DOS. Já na parte positiva estão todas as amostras do segundo dia deste período, que

apresentaram menor concentração de nutrientes devido ao alto acúmulo de precipitação e maior diluição.

**Figura 13** - Diagrama de Análise de Coordenadas Principais (PCoA) com dados das variáveis de água por dia e hora do período de ventos do quadrante N. SPM (Material Particulado em Suspensão), TS (Seção Transversal), Sal (Salinidade), DOS (Saturação de Oxigênio Dissolvido), Chlor (Clorofila-*a*), Nitr (Nitrogênio Inorgânico Dissolvido), Phos (Fósforo Inorgânico Dissolvido), MV (Maré Vazante), MB (Maré Baixa), ME (Maré Enchente), MA (Maré Alta). Os números na legenda indicam os dias amostrais, 1 (09/05), 2 (23/05), 3 (11/07).

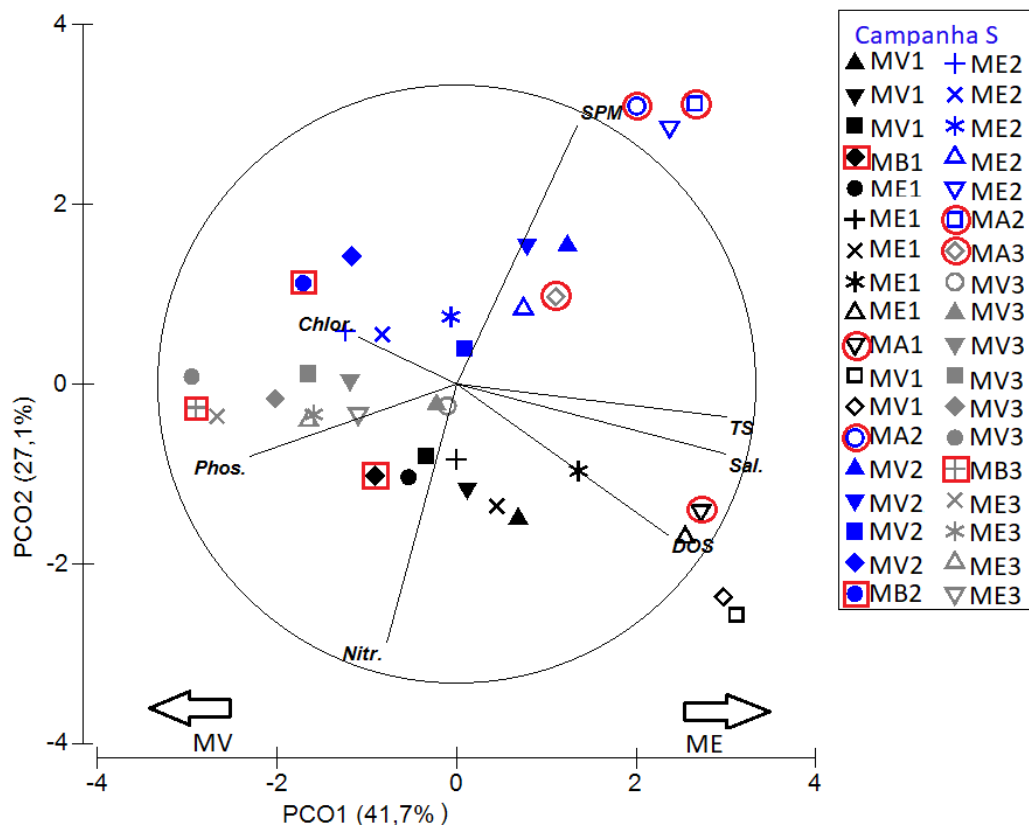


Fonte: Elaborada pela autora (2019).

A PCoA (Figura 13) dos dados do período de vento S indicou 68,0% da variabilidade dos dados, sendo 41,7% para o eixo 1 e de 27,1% para o eixo 2. Diferente do que ocorreu para as campanhas de N, houve maior separação dos símbolos (horários amostrais) por cada dia amostral (mesma cor). No eixo 1, a Salinidade e a Seção Transversal tiveram maior representatividade e, no eixo 2, as variáveis que tiveram maior representatividade foram o MPS e o Nitrogênio. As campanhas amostrais (S1, S2, S3) em relação a diversas variáveis (NID, PID, Clor-*a*, OD, MPS, Salinidade e Seção Transversal) apresentaram diferenças significativas pela Análise de Similaridade Anosim ( $p=0.001$ ;  $R=0.444$ ). No eixo 1, as amostras que permaneceram no lado positivo obtiveram maior

salinidade e seção transversal, que foram na maioria amostras do primeiro e segundo dia em horários de maré enchente e no lado negativo as que tiveram maior concentração de fósforo, onde estão predominantemente amostras do terceiro dia deste período. É possível verificar que amostras que apresentaram menor influência marítima obtiveram maior concentração de P, o que pode indicar a adsorção deste nutriente ao MPS, que por sua vez apresentou maiores concentrações em maré enchente. Já no eixo 2 as amostras que permaneceram no lado positivo obtiveram maior concentração de MPS, onde estão quase que exclusivamente as amostras do segundo dia deste

**Figura 14** - Diagrama de Análise de Coordenadas Principais (PCoA) com dados das variáveis de água por dia e hora do período de ventos do quadrante S. SPM (Material Particulado em Suspensão), TS (Seção Transversal), Sal (Salinidade), DOS (Saturação de Oxigênio Dissolvido), Chlor (Clorofila-*a*), Nitr (Nitrogênio Inorgânico Dissolvido), Phos (Fósforo Inorgânico Dissolvido), MV (Maré Vazante), MB (Maré Baixa), ME (Maré Enchente), MA (Maré Alta). Os números na legenda indicam os dias amostrais, 1 (04/08), 2 (06/09), 3 (24/09).



Fonte: Elaborada pela autora (2019).

## DISCUSSÃO

Eventos meteo-oceanográficos, como as marés meteorológicas forçadas pelo transporte de Ekman associado aos ventos do quadrante N e S, a co-oscilação da maré astronômica e a descarga



fluvial, desempenharam um papel importante na influência marinha e na qualidade da água do rio Papaquara. Os ventos do quadrante N induziram um rebaixamento da altura da maré, diminuindo a influência da água marinha no sistema, o tempo de residência da água no estuário e a concentração de materiais em comparação com o período de ventos de S. Sob essa condição, houve um aumento da altura da maré, observada pelo aumento da secção transversal do rio, aumentando a salinidade e o tempo de residência da água. Na escala diária, a entrada da água marinha pela maré trouxe maior concentração de oxigênio dissolvido, de material particulado em suspensão (MPS) e de clorofila-*a* (Clor-*a*) para a porção interna do estuário. O maior fluxo de água doce, em evento de chuva acumulada a partir de 76 mm, aumentou a diluição e o transporte de nutrientes e de biomassa fitoplanctônica, melhorando o estado trófico do rio Papaquara.

### *Caracterização Meteo-oceanográfica*

No período com predomínio de ventos do quadrante Norte, os níveis meteorológicos registrados persistiram por até 200 horas (N3), enquanto no período de ventos Sul os níveis meteorológicos foram de até 152 horas (S1). Os sinais de marés meteorológicas tanto no período de vento N quanto em S, produziram uma diminuição e aumento respectivamente da área da seção transversal do estuário, que refletiu em um maior tempo de residência da água e uma diminuição na qualidade do corpo hídrico. Considerando a variação do nível do mar por componentes astronômicos ou meteorológicos em estuários de pequeno porte, percebe-se muitas vezes aumento da seção transversal nestes corpos hídricos sem ter expressiva variação de salinidade. No entanto, a influência da onda da maré na costa traz entrada de massas de águas oceânicas para dentro do estuário devido ao efeito hidráulico (MIRANDA *et al.*, 2002) e desta forma ocorre movimentos e misturas de massas de água contrastantes, da água doce de origem fluvial e água do mar do oceano adjacente.

### *Caracterização Biogeoquímica*

As características da qualidade da água foram influenciadas pela co-oscilação da maré astronômica (periódica), ventos e chuva acumulada (episódica) no rio Papaquara. Em sistemas estuarinos de águas rasas, como o do rio Papaquara, os sedimentos costeiros estão sujeitos a episódios de ressuspensão para a coluna da água, induzidas por essas forçantes físicas (ALMROTH *et al.*, 2009; KALNEJAIS *et al.*, 2010; FONSECA *et al.*, 2013; WENGROVE *et al.*, 2015). No presente estudo, percebeu-se que nas fases de maré enchente, amplificado pela ação de ventos do quadrante S, houve aumento das concentrações de MPS na coluna da água, o que sugere o efeito da ressuspensão de sedimentos com esse momento da maré. O aumento do MPS também foi observado em episódio de acúmulo de chuva. Nas marés enchentes, as concentrações de MPS sempre foram maiores do que

nos outros momentos da maré (ver Fig. 12 e 13), sendo que as concentrações de MPS nas enchentes sob ventos do quadrante S foram significativamente maiores do que nas enchentes sob ventos de N (ver Tab. 1). Essa tendência foi igualmente percebida por WENGROVE *et al.* (2015) no sistema estuarino raso de Great Bay (New Hampshire, EUA), por KALNEJAIS *et al.* (2010) na Baía de Massachusetts (EUA), e em estuários semelhantes do sul do Brasil (FONSECA *et al.*, 2013; CABRAL & FONSECA, 2019).

Sob condição de maré enchente também se observou o aumento da concentração de Clor-*a* em momento anterior ao aumento da salinidade, o que sugere o transporte e acúmulo da biomassa fitoplanctônica para as áreas mais internas do estuário. Essa tendência também foi amplificada pela condição de vento S e diminuiu em condição de chuva. O crescimento e o acúmulo de biomassa fitoplanctônica é elevada em áreas do estuário onde há alta oferta de nutrientes e maior luminosidade incidente na coluna da água. Essas células são transportadas para outras regiões do estuário pelo movimento das águas induzido pela maré, como observado por PEREIRA FILHO *et al.* (2001) no estuário do rio Camboriú (BR) e por GEYER *et al.* (2018) na Baía de Apalachicola na Flórida (EUA).

A melhora na concentração de oxigênio dissolvido tem sido reportada como dependente da maré enchente no rio Papaquara por diversos autores (DA SILVA, 2015; RODRIGUES, 2016), mesmo o oxigênio tendo menor solubilidade na água salgada. Isso ocorre devido à entrada de esgoto rico em matéria orgânica que consome o oxigênio da água (DA SILVA *et al.*, 2015), reduzindo a concentração desse gás nas águas continentais. A melhora na concentração de oxigênio foi reforçada pela maior entrada de água salgada sob predominância de ventos do quadrante S, observada quando as águas do Papaquara apresentaram apenas 11% das amostras em hipoxia, em comparação aos 50% das amostras no período com predominância de ventos do quadrante N. A maior influência do mar em maré enchente também trouxe melhora no índice trófico em todas as campanhas amostrais, ficando mais evidente no período de ventos S, quando a seção transversal e o TRIX se correlacionaram negativamente.

Os valores de índice trófico associados a condição de vento (N e S) apresentaram fraca diferença entre os períodos (Tabela 1). Analisando as médias das campanhas amostrais, foi percebido que as alterações entre os dois períodos foi devido à campanha amostral de ventos N com presença de acúmulo de chuva (23/5), em que o TRIX diminuiu pela maior diluição de materiais e na última campanha amostral de ventos S (24/9), onde foram percebidos valores extremos de materiais, sem uma fonte identificável, ou seja, de fonte difusa. Desta forma verifica-se que as alterações apresentadas foram devido as condições extremas de dois dias amostrais, e não sob influência dos ventos. Os dados de TRIX encontrados neste estuário, foram semelhantes a outros sistemas submetidos a influência antrópica, como a lagoa de Jansen, no noroeste da ilha de São Luís, norte do Brasil ( $8,0 \pm 1,4$ ), as águas costeiras do Estreito de Klang, parte ocidental da Malásia ( $8,2 \pm 0,5$ ) e o

estuário do rio da Madre em Palhoça, sul do Brasil ( $6,7 \pm 2,1$ ) (CUTRIM *et al.*, 2019; PEYMAN *et al.*, 2017; CABRAL & FONSECA, 2019). Desta forma, fica evidente a importância do monitoramento e avaliação da qualidade da água em áreas antropizadas. No Brasil, poucos esforços têm sido feitos para obter e sistematizar a informação de qualidade da água dos estuários ao longo da costa brasileira. As informações existentes, de maneira geral, são esparsas e levantadas em estudos acadêmicos pelas universidades (RODRIGUES, 2016). Além disso, no Brasil, os dados são analisados pensando no uso e na destinação para fins antrópicos e não na saúde de todo o ecossistema. Diferente do que ocorre em outros países, como em Portugal, onde possuem metas de recuperação de ecossistemas aquáticos, com monitoramentos contínuos e objetivos revisados periodicamente (DA SILVA *et al.*, 2018).

A elevada correlação inversa entre o fósforo inorgânico dissolvido (PID) e o MPS observada nesse estudo indica que a entrada da maré e o processo de ressuspensão associado serve para potencializar a retirada de fósforo da fração dissolvida. A adsorção de PID ao MPS é muito comum em estuários rasos devido às fortes ligações bento-pelágicas nesses sistemas (PAGLIOSA *et al.*, 2005; ZHANG *et al.*, 2011; DE PAULA FILHO *et al.*, 2015), sendo este processo muito importante no controle da produção primária (BHAVYA *et al.*, 2016) e na mitigação da eutrofização do sistema, conforme observado em estuários semelhantes do sul do Brasil (PAGLIOSA *et al.* 2006; PEREIRA FILHO & RORIG 2016; CABRAL & FONSECA 2019). A limitação da produção primária fitoplanctônica por PID no rio Papaquara foi mais frequente do que a limitação por NID, sob condição de vento S, reforçando a importância do processo de adsorção de P para o controle da eutrofização, sendo esse processo amplificado pela ação do vento. Por outro lado, o aumento de PID relacionou-se inversamente com a concentração de oxigênio nos dias amostrais em que se observou hipóxia, com mais frequência sob condição de vento N. Isso pode ser devido à dessorção de P dos sedimentos (MPS e matéria orgânica) que ocorre sob baixa concentração de oxigênio pela alteração do potencial redox do meio (PAGLIOSA ET AL., 2005; EKHOLM & LEHTORANTA, 2012). O balanço adsorção-dessorção de P parece ser eficiente no rio Papaquara, controlando a produção primária e mitigando sintomas da eutrofização, e está associado à condição do vento e ao momento da maré.

O acúmulo de precipitação, de 76,4 mm nos quinze dias que antecederam a segunda amostragem sob ventos do quadrante N (23/05/2017), trouxe melhora da condição trófica do rio Papaquara. Nas amostragens sob vento N sem acúmulo de chuva, o TRIX indicou estado eutrófico (acima de 6,0), sendo mesotrófico (abaixo de 5,0) sob chuva. A melhora do estado trófico está associada a maior diluição e exportação de NID e PID do sistema, em torno de duas vezes mais do que no período sem chuva, além da diminuição da biomassa fitoplanctônica, variáveis que compõe a estimativa desse índice. Por outro lado, o maior acúmulo de chuva diminuiu a influência do mar dentro do rio Papaquara, reduzindo o reabastecimento de OD para o sistema, que apresentou condição

hipóxica (apenas 25% de saturação) no corpo hídrico (ver tabela 1). A melhora no estado trófico sob condições de chuva também foi observada no sistema estuarino do rio da Madre (CABRAL & FONSECA 2019), que é um estuário pequeno sob menor impacto da urbanização do que o Papaquara, e esta melhora foi observada para todas variáveis que compõe o TRIX, incluindo o OD. Apesar da melhora de algumas variáveis em condições de chuva, o OD seguiu em condições ruins no Rio Papaquara, mostrando que a entrada de efluentes domésticos rico em matéria orgânica está afetando permanentemente a qualidade ambiental do sistema. Condições de hipóxia (abaixo de 2 mg.L<sup>-1</sup> ou 30% de saturação), além de causar mortandade e afugentamento de espécies aquáticas, favorecem a desnitrificação e reduzem o tamponamento de fósforo no meio, influenciando em importantes mecanismos de regulação da produção primária e da eutrofização no sistema (CORNWELL *et al.*, 1999).

O acúmulo de precipitação também fez aumentar as concentrações de MPS, variando no período de ventos de N de  $4,3 \pm 9,6$  mg.L<sup>-1</sup>(N1) e  $2,0 \pm 4,6$  mg.L<sup>-1</sup> (N3) para  $7,0 \pm 1,4$  mg.L<sup>-1</sup> (N2). O aumento desta variável nessa condição está associado possivelmente ao maior carregamento de partículas pelo escoamento superficial. O aumento do escoamento superficial é diretamente relacionado com a urbanização e com o desmatamento da mata ciliar, causando uma maior impermeabilidade e erosão do solo nas margens do rio, respectivamente (DA SILVA, 2019), fatores observados na área de estudo.

### *Transporte de Materiais*

As cargas estimadas totalizaram 26,3 tN.ano<sup>-1</sup> e 4,3 tP.ano<sup>-1</sup> e estiveram relacionadas com o acúmulo de chuva e de ventos do quadrante S. Na campanha amostral N2, devido a um maior escoamento superficial pela chuva, foi observada a maior carga de materiais em comparação com as demais campanhas. Se normalizarmos os fluxos estimados de nutrientes (t.ano<sup>-1</sup>) pela área da bacia hidrográfica (km<sup>2</sup>) teremos um valor de 0,80 tN.km<sup>2</sup>.ano<sup>-1</sup> e 0.13 tP.km<sup>2</sup>.ano<sup>-1</sup>, aproximadamente duas vezes mais carga produzida por área do que a média global adotada por GREEN *et al.* (2004) e SEITZINGER *et al.* (2005). Esses valores são similares aos relatados para bacias costeiras com centros urbanos desenvolvidos como o rio Capibaribe (175,8 hab.km<sup>-2</sup>), região metropolitana de Recife, Brasil (0,84 tN.km<sup>2</sup>.ano<sup>-1</sup> e 0,16 tP.km<sup>2</sup>.ano<sup>-1</sup>) (NORIEGA & ARAÚJO, 2009) e superior ao encontrado no rio Camboriú (0,72 tN.km<sup>2</sup>.ano<sup>-1</sup> e 0,03 tP.km<sup>2</sup>.ano<sup>-1</sup>), região urbanizada (856,5 hab.km<sup>-2</sup>) e impactada pelo turismo e agricultura no sul do Brasil (PEREIRA FILHO *et al.*, 2001). Pelo modelo de megabacias costeiras (COSCATS) proposto por Meybeck *et al.* (2006), a bacia do rio Papaquara enquadra-se como região de transferência euriativa de N e mesoativa de P, com um valor de 2,2 e 1,4, respectivamente. Essa escala de classificação envolve oito categorias obtidas de acordo com a razão entre a produção de N e P pela bacia em relação à média global, onde uma bacia euriativa

de N e mesoativa de P está na faixa de 2 a 5 de N e 0,5 a 2 de P, nessa ordem. Considerando que o efluente que é lançado pelo sistema de tratamento de esgoto (ETE Canasvieiras) na bacia do rio Papaquara provém de uma população de 40.000 pessoas, sendo composta de 91 % de moradores de fora da bacia e que estes efluentes se juntam aos efluentes da população da bacia não atendidos pelo sistema (ICMBio, 2019), estes resultados sugerem a entrada de nutrientes associados ao uso urbano por efluentes líquidos de fontes pontuais e difusas e alertam para a necessidade de um saneamento mais eficiente, com ampliação de rede de coleta e um tratamento eficaz que remova matéria orgânica e nutrientes das águas residuárias.

Estudos anteriores realizados no estuário do rio Papaquara já mostravam aumento das concentrações de materiais, como amônia, fósforo e diminuição de OD em decorrência das ocupações antrópicas e da falta de saneamento básico adequado na bacia (DA SILVA, 2015; RODRIGUES, 2016; DA SILVA *et al.*, 2016), indicando baixa qualidade da água desse sistema. A população fixa estimada da bacia do Rio Papaquara é de 15.500 habitantes, sendo que apenas 22% da população da bacia tem acesso ao sistema de esgotamento sanitário cujo tratamento dos efluentes é secundário e ineficiente para a redução de nutrientes (apenas 35% e 45% de remoção de N e P). O restante da população do Rio Papaquara possui sistema simplificado de tratamento, cuja a eficiência de remoção da matéria orgânica é de somente de 60% (ICMBio, 2019). Além disso, a taxa de crescimento da população fixa dessa bacia é de 6,3 % ao ano e, durante o período de veraneio, a população da bacia do rio Papaquara aumenta em torno de 191 % (RODRIGUES, 2016). Portanto, a ocupação antrópica afeta as condições ambientais desta área, o que pode repercutir negativamente nos ecossistemas associados, com destaque a UC ESEC Carijós, que está localizada na foz do estuário do rio Papaquara.

A condição da bacia do rio Papaquara não é diferente daquela observada na escala nacional, atualmente no Brasil apenas 43% da população recebe atendimento de coleta e tratamento de esgoto, sendo que a maioria desses tratamentos apresenta níveis de remoção da carga orgânica inferiores a 60% da carga gerada (ANA, 2017). Este cenário promove a entrada de elevada carga de efluente doméstico em diversos ecossistemas aquáticos brasileiros (PEREIRA FILHO *et al.*, 2001; NORIEGA & ARAÚJO, 2009; ALVES *et al.*, 2013; CABRAL & FONSECA, 2019). Em nosso estudo, quatro parâmetros de qualidade da água (pH, OD, PID e NID) apresentaram desacordo com os limites da legislação brasileira CONAMA 357/2005, para a Classe 1 de Águas Salobras (classificação atual do Rio Papaquara, em região sob influência da maré, enquanto não houver seu Plano de Bacia), sendo que a Resolução CONAMA 430/2011 (art.5º) determina que os efluentes não poderão conferir ao corpo receptor características de qualidade em desacordo com as metas obrigatórias progressivas, intermediárias e final do seu enquadramento. Essa Resolução também estabelece a competência dos órgãos ambientais de acrescentar outras condições e padrões para o lançamento de efluentes, bem como exigir tecnologias adequadas para o tratamento de efluentes, tendo em vista as condições do

corpo receptor. Desta forma, para reverter o impacto da eutrofização e controlar a qualidade ambiental da bacia do rio Papaquara, além do melhoramento da eficiência do tratamento das águas residuárias, é necessário considerar o estudo de outras alternativas sustentáveis para o tratamento de efluentes e sua disposição no meio que visa a segurança do ecossistema, como por exemplo, o uso de banheiros secos ecológicos, eliminando o consumo de água para fins que não são necessários e que geram a maior carga de matéria orgânica em um efluente doméstico. Outras alternativas, mas que não promovem o cuidado com o consumo da água potável, é o reuso dos efluentes para recargas de aquíferos de forma adequada e cuidadosa, conforme resolução do CNRH nº 153 de 2013 (PMF Vol IV, 2019) e o uso para fins urbanos, em jardins, combate à incêndios e lavação de ruas, considerando que para fins urbanos há uma restrição com a questão financeira pelo alto custo do tratamento do efluente para a utilização a esse fim, além da necessidade de discussão dos potenciais riscos à saúde pública (PMF Vol V, 2019). Desta forma, uma avaliação de riscos ecológicos deve aparecer como pré-requisito essencial para repensar o modelo de saneamento urbano. Reforça-se que a parte urbanizada da bacia do rio Papaquara está concentrada na planície quaternária, onde o lençol freático é superficial e suscetível à contaminação por efluentes.

Os dados desse estudo podem contribuir para auxiliar na gestão costeira e da UC local, visando respostas para mitigar os impactos oriundos da descarga dos efluentes tratados ou não, neste sistema. Além disso, os resultados mostram a importância de se compreender a dinâmica física e biogeoquímica desse tipo de corpo hídrico (estuário) sob diferentes condições ambientais, meteorológica e oceanográfica. O monitoramento da qualidade da água abrangendo estratégias de amostragem que permitam determinar a influência de diferentes eventos periódicos e episódicos é essencial para a avaliação do impacto antrópico e para a definição de respostas para a gestão ambiental.

## 5. CONCLUSÕES

A qualidade da água do rio Papaquara está influenciada por eventos meteo-oceanográficos. Neste estudo foi demonstrado que: (1) os ventos do quadrante N, diminuíram a influência marítima no sistema, gerando oscilações negativas, redução do tempo de residência da água e diminuição da concentração e transporte de materiais para o mar. No entanto, a maior influência da água continental rica em matéria orgânica, favoreceu a baixa saturação de OD no ambiente estuarino, levando a estados de eutrofização em 42% das amostras de ventos do quadrante N e 53% das amostras em ventos do quadrante S; (2) os ventos do quadrante S promoveram sobre-elevações no nível do mar, aumentando o tempo de residência da água e a concentração de materiais na coluna da água, intensificando a degradação da qualidade da água; (3) Maiores valores do TRIX foram encontrados em momentos de maré baixa, associados a maior influência antrópica em momentos de maré vazante; (4) A entrada da água do mar em momentos de maré enchente, amplificada pela ação de ventos do quadrante S, promoveram um transporte de biomassa fitoplanctônica para dentro do estuário, aumentaram os níveis de OD pela maior influência do mar e elevou o material particulado pela ressuspensão do sedimento (MPS). O MPS por sua vez, atuou como importante controlador de P no sistema, reduzindo este nutriente no estuário pelo mecanismo de adsorção; (5) Em dias com baixa concentração de oxigênio dissolvido, houve desorção de P do sedimento, observado pela correlação negativa entre as duas variáveis. O balanço adsorção-desorção pareceu ser eficiente no rio para o controle da produção primária e para a mitigação da eutrofização e está condicionada a condição de vento e maré; (6) Em evento de chuva acumulada, a partir de 76 mm quantificado na segunda campanha de ventos N (23/5), houve reduções nas concentrações de nutrientes, devido a uma maior diluição desses materiais e transporte para o estuário externo, melhorando a condição trófica do sistema. No entanto, foi percebido redução nos níveis de OD, com valores de hipóxia, devido a menor presença da água do mar saturada desse gás. Os resultados desse estudo podem ajudar os peritos e tomadores de decisão em um melhor entendimento da dinâmica física e da qualidade da água deste rio, e em outros sistemas similares, sob diferentes eventos ambientais, periódicos e episódicos, de forma a contribuir para mitigar os impactos oriundos da descarga dos efluentes tratados nestes corpos hídricos.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, L.E. **Apostila Fluviometria CTH**. Ufrgs, 2016. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/cth-iph/wp-content/uploads/2016/03/Apostila-de-fluviometria-prof-Luis-Emilio.pdf>. Acesso em 15 de abril de 2017.
- ALMROTH E., TENGBERG A., ANDERSSON J.H., PAKHOMOVA S., HALL P.O.J. Effects of resuspension on benthic fluxes of oxygen, nutrients, dissolved inorganic carbon, iron and manganese in the Gulf of Finland, Baltic Sea. **Continental Shelf Research**, v. 29, p. 807-818, 2009.
- ALVES, G. et al. Eutrophication and water quality in a tropical Brazilian estuary. **Journal of Coastal Research**, v. 65, p. 7–12, 2013.
- ANA, AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (BRASIL). **Atlas Esgotos: despoluição de bacias hidrográficas**. Agência Nacional de Águas, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, Brasília, DF, 2017. 265 p.
- BARLETTA, M.; LIMA, A. R. A.; COSTA, M. F. Distribution, sources and consequences of nutrients, persistent organic pollutants, metals and microplastics in South American estuaries. **Science of The Total Environment**, v. 651, p. 1199–1218, 2019.
- BASTERRETXEA, G. et al. Episodic Biogeochemical Variability in a Low-Flow Mediterranean Estuary. **Estuaries and Coasts**, v. 40, n. 5, p. 1247–1262, 2017.
- BIANCHI, T. S. **Biogeochemistry of estuaries**. Oxford, New York: Oxford University Press, 2007.
- BHAVYA P.S., KUMAR S., GUPTA G.V.M., SUDHEESH V., SUDHARMA K.V., VARRIER D.S., DHANYA K.R., SARAVANANE N. Nitrogen uptake dynamics in a tropical eutrophic estuary (Cochin, India) and adjacent coastal Waters. **Estuarine Coast**, v. 39, p. 54-67, 2016.
- BOLAÑOS, R.; BROWN, J.N.; AMOUDRY, L. O.; AND SOUZA, A.J. Tidal, Riverine, and Wind Influences on the Circulation of a Macrotidal Estuary. **Journal of Physical Oceanography**, v.43, n.1, p.29-50, 2013.
- BRASIL. **Resolução Conselho Nacional do Meio Ambiente nº 357, de 17 de março de 2005**. Ministério do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 18 de março de 2005.
- BUZZELLI, C. et al. Seasonal dissolved inorganic nitrogen and phosphorus budgets for two sub-tropical estuaries in south Florida, USA. **Biogeosciences**, v. 10, p. 6721–6736, 2013.
- CABRAL, A.; FONSECA, A. Coupled effects of anthropogenic nutrient sources and meteorological events in the trophic state of a subtropical estuarine system. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 225, 2019.
- CAMPOS, R. M., CAMARGO, R., HARARI, J. Caracterização de eventos extremos do nível do mar em Santos e sua correspondência com as reanálises do modelo do NCEP no sudeste do Atlântico Sul. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 25, p. 175–184, 2010.



CORNWELL, J.C., KEMP, W.M., KANA, T.M. Denitrification in coastal ecosystems: methods, environmental controls, and ecosystem level controls, a review. **Aquatic Ecology**. v. 33, p. 41–54, 1999.

CUTRIM, M. V. J.; FERREIRA, F. S.; SANTOS, A. K. D.; CAVALCANTI, L. F.; ARAÚJO, B. O.; AZEVEDO-CUTRIM, A. C. G.; FURTADO, J. A.; OLIVEIRA, A. L. L. Trophic state of an urban coastal lagoon (northern Brazil), seasonal variation of the phytoplankton community and environmental variables. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 216, 5 p. 98-109, 2019.

DA SILVA, A. R. DA; KNISS, D. C.; RIGOTTI, J. A.; FONSECA, A. L. D. **Aplicação do modelo TRIX para avaliação da qualidade da água dos rios que drenam para Estação Ecológica de Carijós, Florianópolis, SC, Brasil**. Anais XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Bento Gonçalves, RS, 2013.

DA SILVA, A. R. **Avaliação da eutrofização e previsão de cenários futuros na bacia hidrográfica rio do Papaquara, Ilha de Santa Catarina, SC**. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Santa Catarina, 2015. 117 p.

DA SILVA, A. R.; FONSECA, A. L. O.; RODRIGUES, C. J. Aplicação de indicadores ecológicos em bacia costeira sob elevada pressão da atividade de veraneio. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. v. 21, n 3, 2016.

DA SILVA, A. R.; FONSECA, A. L. O.; MONTEIRO, J. P. P. G.; SANTOS, L. C. A. A gestão e monitoramento das águas: uma abordagem das legislações em Portugal e no Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 11, n. 4, p. 1512-1525, 2018.

DA SILVA, A.R. **Avaliação do processo de eutrofização das águas superficiais, do cenário nacional ao local: Estudo de caso nas bacias hidrográficas costeiras dos Rios Ratonés, Itacorubi e Tavares (Ilha de Santa Catarina, Brasil)**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina, 2019.

DE PAULA FILHO, F. J.; MARINS, R.V.; LACERDA, L.D. Natural and anthropogenic emissions of N and P to the Parnaíba River Delta in NE Brazil. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**., v. 166, p. 34-44. 2015.

DIRETORIA DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO (DHN). **Tabua de marés**. Disponível em: <https://www.mar.mil.br/dhn/chm/box-previsao-mare/tabuas/>. Acesso em: 10 novembro de 2017.

DU, J. ; SHEN, J. ; PARK, K. ; WANG, Y.P. ; YU, X. Worsened physical condition due to climate change contributes to the increasing hypoxia in Chesapeake Bay. **Science of the Total Environment**, v. 630, p.707-717, 2018

EKHOLM, P.; LEHTORANTA, J. Does control of soil erosion inhibit aquatic eutrophication? **Journal of Environmental Management**, v. 93 p. 140-146, 2012.

FLEMER, D.A. & CHAMP, M.A. What is the future of estuaries given nutriente over-enrichment, freshwater diversion and low flows? **Marine Pollution Bulletin**, v. 52, p. 247-258, 2006.

FONSECA, A.L.O.; MACHADO, E.C.; BRANDINI, F.P.; BRANDINI, N. Microphytobenthic biomass on a subtropical intertidal flat of Paranaguá bay (Southern Brazil): spatio-temporal distribution and the influence of environmental conditions. **Brazilian Journal of Oceanography**, v.61, n.2, p 83-92, 2013.

GEYER N. L.; M. HUETTEL, M.S. WETZ. Phytoplankton spatial variability in the river-dominated estuary, Apalachicola Bay, Florida. **Estuarine and Coast**, v. 41, 2018.

GIDDINGS, S. N.; MACCREADY, P. Reverse estuarine circulation due to local and remote Wind forcing, enhanced by the presence of along-coast estuaries. **Journal of Geophysical Research: Oceans**, v.122, n.12, p.10184-10205, 2017.

GRASSHOFF, K.; KREMLING, K.; EHRHARDT, M. **Methods of sea water analysis**. 2 Ed. New York: Verlag Chemie, 1983. 317 p.

GREEN, P. A., C. J. VÖRÖSMARTY, M. MEYBECK, J. N. GALLOWAY, B. J. PETERSON, AND E. W. BOYER, Pre-industrial and contemporary fluxes of nitrogen through rivers: A global assessment based on typology. **Biogeochemistry**, v.68, p.71–105, 2004.

ICMBio – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Documento Técnico nº 005/2019- ESEC Carijós/ICMBio - Informação Técnica**. Florianópolis, 2019.

INMET. Disponível em : <http://www.inmet.gov.br/portal/>. Acesso em: 05 de maio 2017.

JORDI, A.; BASTERRETXEA, G.; Wang, D.P. Local versus remote wind effects on the coastal circulation of a microtidal bay in the Mediterranean Sea. **Journal of Marine Systems**, v. 88, p.312–322, 2011.

KALNEJAS L.H., MARTIN W.R., BOTHNER M.H. The release of dissolved nutrients and metals from coastal sediments due to resuspension . **Marine Chemistry**, v.121, p. 224-235, 2010.

LABASQUE, T.; CHAUMERY, C.; AMINOT, A.; KERGOAT, G. Spectrophotometric Winkler determination of dissolved oxygen: reexamination of critical factors and reliability, **Marine Chemistry**, v.88, p.53–60, 2004.

LARUELLE ,G. G.; DÜRR H. H.; LAUERWALD R.; HARTMANN J.; SLOMP C. P.; GOOSSENS N.; REGNIER P. A. G. Global multi-scale segmentation of continental and coastal waters from the watersheds to the continental margins. **Hydrology and Earth System Sciences**, v.17, p.2029-2051, 2013.

MEYBECK, M.; DÜRR, H. H.; VÖRÖSMARTY, C.J. Global coastal segmentation and its river catchment contributors: A new look at land- ocean linkage. **Global Biogeochemical cycles**. v. 20, 2016.

MELO FILHO, E. **Maré Meteorológica na Costa Brasileira**. Tese Professor Titular. Escola de Engenharia, Universidade Federal de Rio Grande, 2017. 328 p.

MIRANDA, L. B, B. M. CASTRO, B. M., B. KJERFVE. **Princípios de oceanografia física de estuários**. São Paulo, SP, Editora da Universidade de São Paulo. 2002. 424 p.

NETTO,S.A.; PAGLIOSA,P.R.; COLLING,A.;FONSECA,A.L.; BRAUKO,K.M. Benthic Estuarine Assemblages from the Southern Brazilian Marine Ecoregion: A Benthic Perspective. **Brazilian Estuaries**, p 177-212, 2018.

NORIEGA, C.; ARAUJO, M. Nitrogen and phosphorus loading in coastal watershed in northeastern Brazil. **Journal of Coastal Research**, v. 56, 2009.

PAGLIOSA, P. R. et al. Phosphorus dynamics in water and sediments in urbanized and non-urbanized rivers in Southern Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, v. 50, n. 9, p. 965–974, 2005.

PAGLIOSA, P.R.; FONSECA, A.; BRAGA, E.S.; BARBOSA, F.A.R. Urbanization impact on subtropical estuaries: a comparative study of water properties in urban areas and in protected areas. **Journal of Coastal Research Special**, p. 731-735, 2006.

PARISE, C. K.; CALLIARI, L. J.; KRUSCHE, N. Extreme storm surges in the south of Brazil: atmospheric conditions and shore erosion. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 57, n. 3, p. 175–188, 2009.

PEYMAN, N.; TAVAKOLY S.; SEYEDEH B. TAJFARD, M.; HASHIM, R.; REZAYI, M.; KARLEN, D. J. The status and characteristics of eutrophication in tropical coastal water. **Environmental Science: Processes & Impacts**, v.119, n.8, p.1086-1103, 2017.

PEREIRA-FILHO, J. et al. Intratidal Variation and Net Transport of Dissolved Inorganic Nutrients, POC and Chlorophyll a in the Camboriú River Estuary, Brazil. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 53, n. 2, p. 249–257, 2001.

PEREIRA- FILHO, J. & RÖRIG, R.B. Balanço de Massa para Nutrientes Inorgânicos (N e P) no Estuário do Rio Itajaí-Açu, SC. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. vol. 21, n..1, p. 168 – 187, 2016.

PORTO FILHO, E. **Diagnóstico sócioambiental e perspectivas de sustentabilidade para a região de entorno do rio Papaquara, Florianópolis/ SC**. III Congresso de Gestão Ambiental. Goiânia/GO, 2013.

PREFEITURA MUNICIPAL DE FLORIANÓPOLIS. **Estudo de concepção do esgotamento sanitário em Florianópolis. Volume IV- Restrições ambientais para o esgotamento sanitário**. 2019. 44p.

PREFEITURA MUNICIPAL DE FLORIANÓPOLIS. **Estudo de concepção do esgotamento sanitário em Florianópolis. Volume V- Concepção geral do esgotamento**. 2019. 44p.

RABALAIS, N.N.; DÍAZ, R.J.; LEVIN, L.A.; TURNER, R.E.; GILBERT, D.; ZHANG, J. Dynamics and distribution of natural and human-caused coastal hypoxia. **Biogeosciences**. 7:585–619, 2010.

RODRIGUES, C. J. **Águas de Carijós: Passado, Presente, Futuro e seus Impactos**. Dissertação (Mestrado Profissional em Perícias Criminais Ambientais) - Universidade Federal de Santa Catarina. 2016. 153 p.

SADAT-NOORI M. et al. Fresh meteoric versus recirculated saline groundwater nutrient inputs into a subtropical estuary. **Science of the Total Environment**, v.566–567, p. 1440–1453, 2016.

SANTA CATARINA. Resolução do CERH nº 001/ 2008. Conselho Estadual de Recursos Hídricos, 2008.

SEITZINGER, S. P., J. A. HARRISON, E. DUMONT, A. H. W. BEUSEN, AND A. F. BOUWMAN, Sources and delivery of carbon, nitrogen, and phosphorus to the coastal zone: An overview of Global Nutrient Export from Watersheds (NEWS) models and their application, **Global Biogeochemical Cycles**, v. 19, 2005.

SEITZINGER S. P.; MAYORGA E.; BOUWMAN A. F.; KROEZE C.; BEUSEN A. H. W.; BILLEN G.; VAN DRECHT G; DUMONT E.; FEKETE B. M.; GARNIER J.; HARRISON J. A. Global river nutrient export: A scenario analysis of past and future trends. **Global Biogeochemical Cycles**, v. 24, 2010.

SINHA, E.; MICHALAK, A. M.; BALAJI, V. Eutrophication will increase during the 21st century as a result of precipitation changes. **Science**, v. 357, n. 6349, p. 405–408, 2017.

SMITH, S. V. et al. Humans, Hydrology, and the Distribution of Inorganic Nutrient Loading to the Ocean. **BioScience**, v. 53, n. 3, p. 235, 2003.

STATHAN P.J. Nutrients in estuaries- An overview and the potential impacts of climate change. **Science of the total Environment**. v. 434, p. 213-227, 2012.

STRICKLAND, J.D.H.; PARSONS. **A practical handbook of seawater analysis**. Fisheries Research Board of Canada, 1972. 167 p.

TAPPIN, A.D. An examination of the fluxes of nitrogen and phosphorus in temperate and tropical estuaries: current estimates and uncertainties. **Estuarine. Coast. Shelf Scienc.** v. 55, p. 885-901, 2002.

TREVISAN, A. B. **Estudos e Modelagem da Qualidade da Água do Rio Papaquara**, 2011. 115 p.

TRUCCOLO, E.C. **Maré Meteorológica e Forçantes Atmosféricas Locais em São Francisco do Sul - SC**. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, SC, Brasil, 1998.

TRUCCOLO, E.C., FRANCO, D.; SCHETTINI, C.A.F. The Low Frequency Sea Level Oscillations in the Northern Coast of Santa Catarina, Brazil. **Journal of Coastal Research**. v.39, p. 547-552, 2006.

TRUCCOLO, E.C. SCHETTINI, A.F. Condições meteo-oceanográficas costeiras na região do estuário o Rio Itajaí-Açú. J.O. Branco, M.J. Lunardon-Branco, V.R. Bellotto (Eds.), **Estuário do Rio Itajaí-Açú, Santa Catarina: caracterização ambiental e alterações antrópicas**, Editora UNIVALI, Itajaí, SC. p. 75-90, 2009.

TRUCCOLO, E. C. **Hidrodinâmica em frequência mareal e submareal do estuário do rio Itajaí-Açú, SC**. Tese (Doutorado), Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, RS, Brasil, 2009.

VAN DER STRUIJK, L. F.; KROEZE, C. Future trends in nutrient export to the coastal waters of South America: Implications for occurrence of eutrophication: NUTRIENT EXPORT BY SOUTH AMERICAN RIVERS. **Global Biogeochemical Cycles**, v. 24, n. 4, 2010.

VOLLENWEIDER, R. A. et al. **Characterization of the trophic conditions of marine coastal waters with special reference to the NW Adriatic Sea: proposal for a trophic scale, turbidity and generalized water quality index.** v. 9, p. 29, 1998.

ZHANG, J.; SHEN, Z.; SHAN, W.; MEI, Z.; WANG, W. Adsorption behavior of phosphate on lanthanum (III)-coordinated diamino-functionalized 3D hybrid mesoporous silicates material. **Journal of hazardous materials.** v.186, n. 1, p.76-83, 2011.

WANG, H. et al. A Modeling Study of the Impacts of Mississippi River Diversion and Sea-Level Rise on Water Quality of a Deltaic Estuary. **Estuaries and Coasts**, v. 40, n. 4, p. 1028–1054, 2017.

WARWICK, R. M.; TWEEDLEY J. R.; POTTER, I.C. Microtidal estuaries warrant special management measures that recognise their critical vulnerability to pollution and climate change. **Marine Pollution Bulletin**, v.135, p.41-46, 2018.

WENGROVE, M.E., D.L. FOSTER, L.H. KALNEJAS, V. PERCUOCO, AND T.C. LIPPMANN. Field and laboratory observations of bed stress and associated nutrient release in a tidal estuary. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 161, p 11–24, 2015.

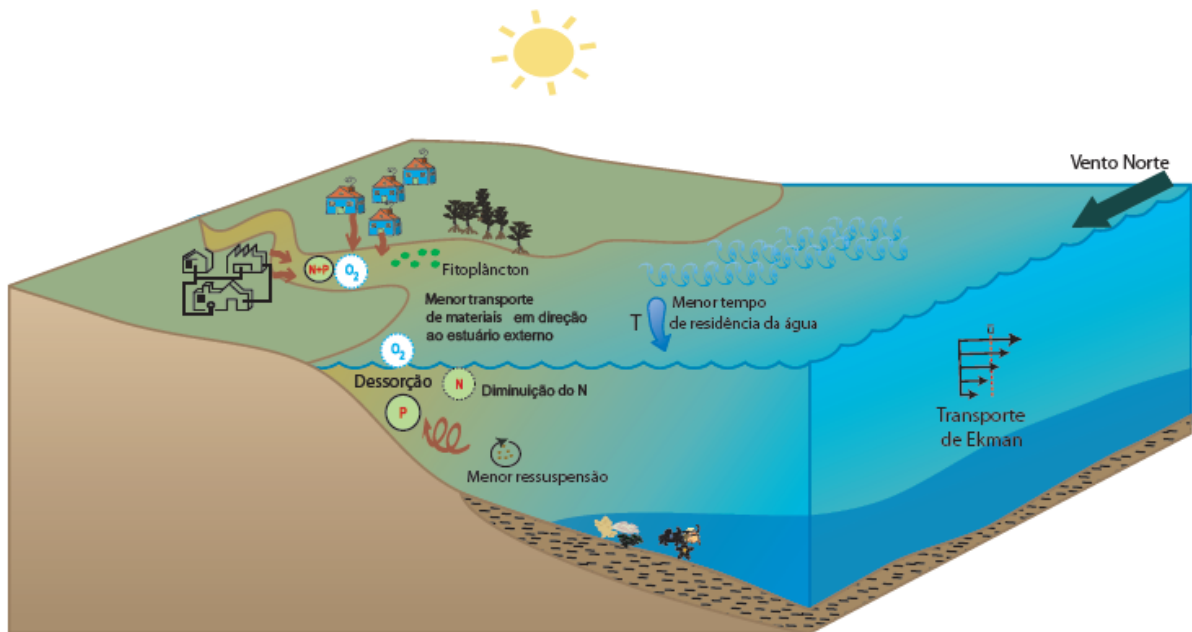
WETZ, M. S.; YOSKOWITZ, D. W. An ‘extreme’ future for estuaries? Effects of extreme climatic events on estuarine water quality and ecology. **Marine Pollution Bulletin**, v. 69, n. 1–2, p. 7–18, 2016.

WOLANSKI, E. **Estuarine ecohydrology.** Netherlands, Elsevier, 2007. 157 p.

WOLANSKI, E. & ELLIOTT, M. **Estuarine ecohydrology: an introduction**, 2015. 322p.

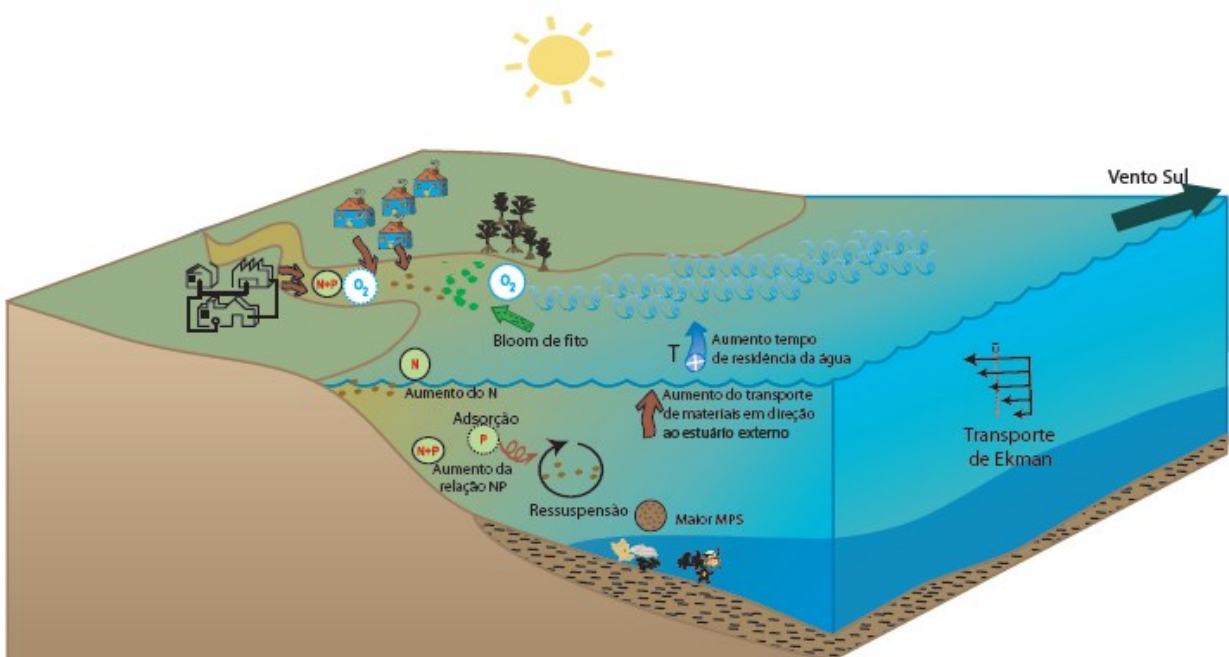
## APÊNDICE A- Modelo conceitual da dinâmica do sistema

### a) em ventos do quadrante norte



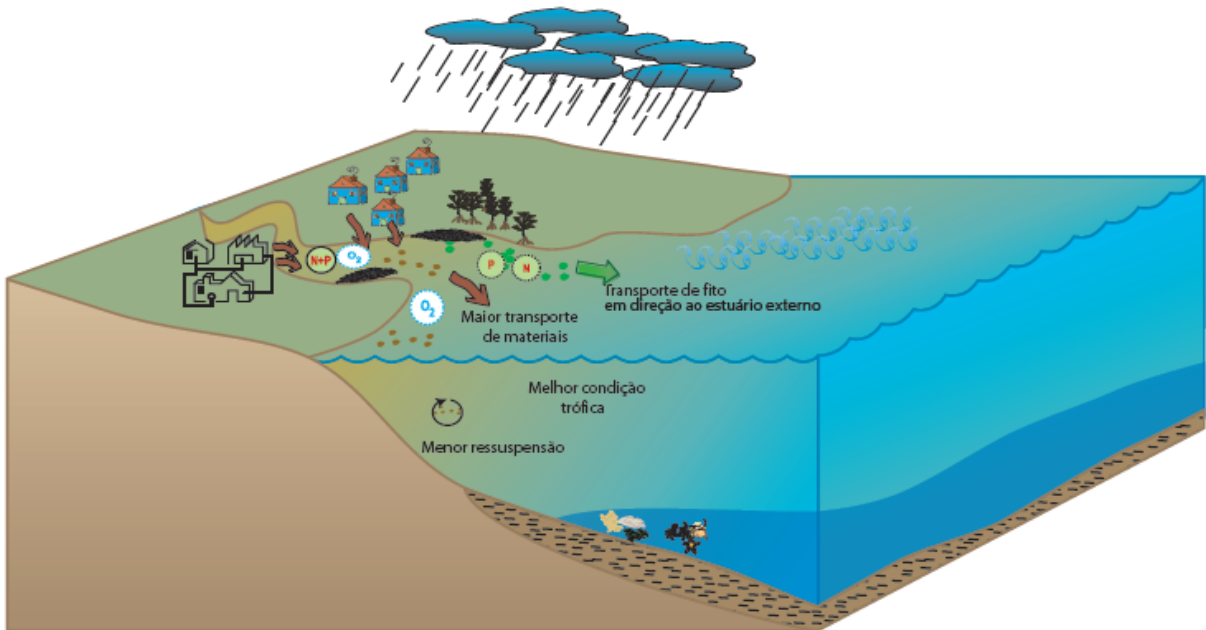
Fonte: Elaborado pela autora (2020).

### b) em ventos do quadrante sul



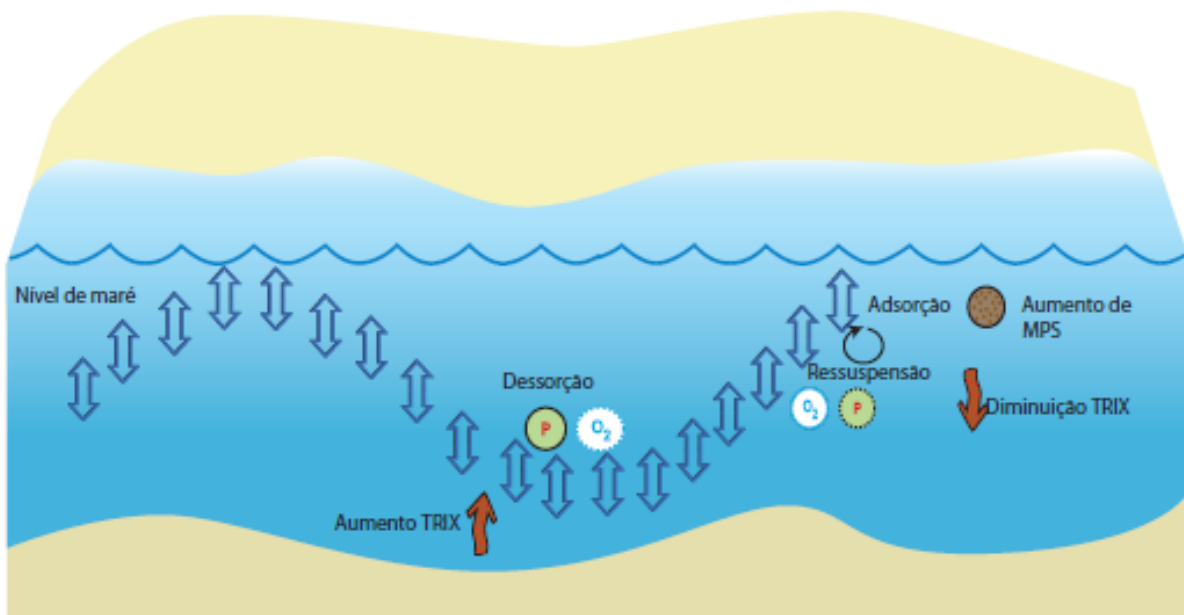
Fonte: Elaborado pela autora (2020).

c) em eventos de chuva acumulada



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

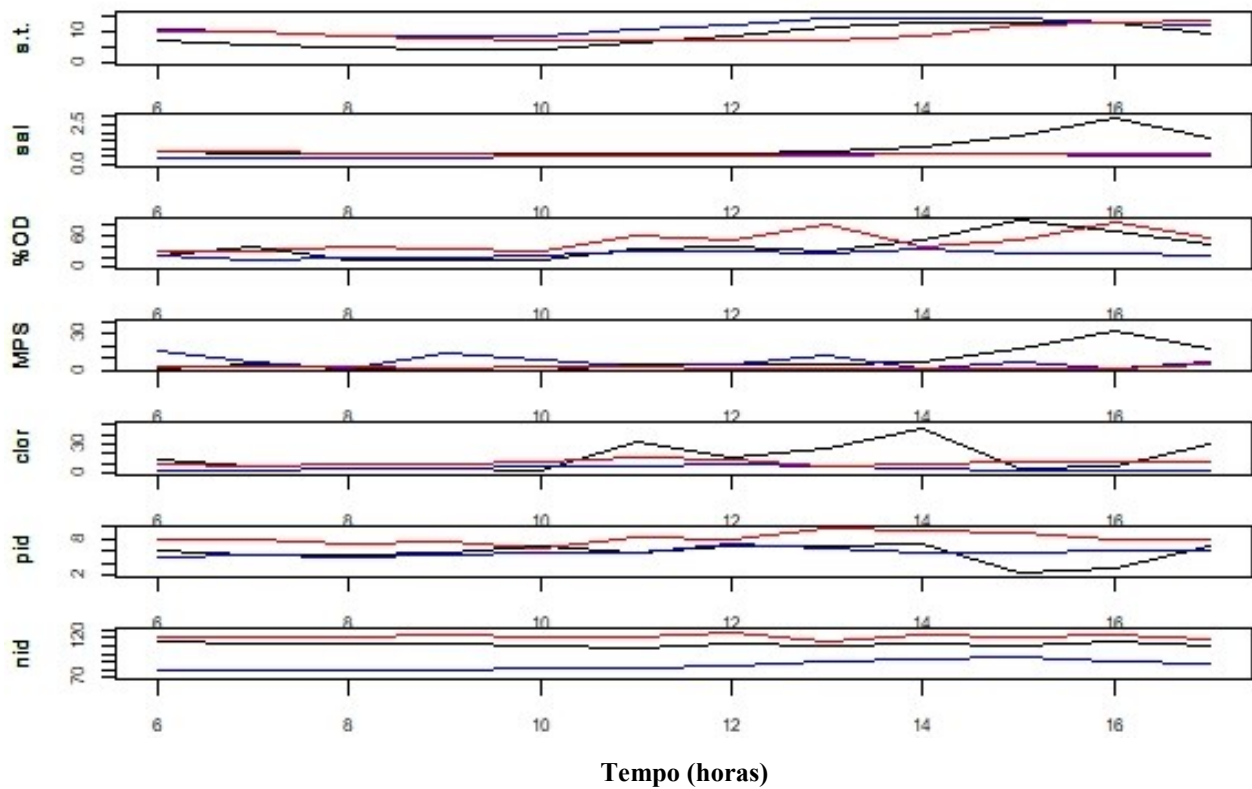
d) na co-oscilação da maré astronômica



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

## APÊNDICE B - Variação de materiais ao longo de um ciclo de maré

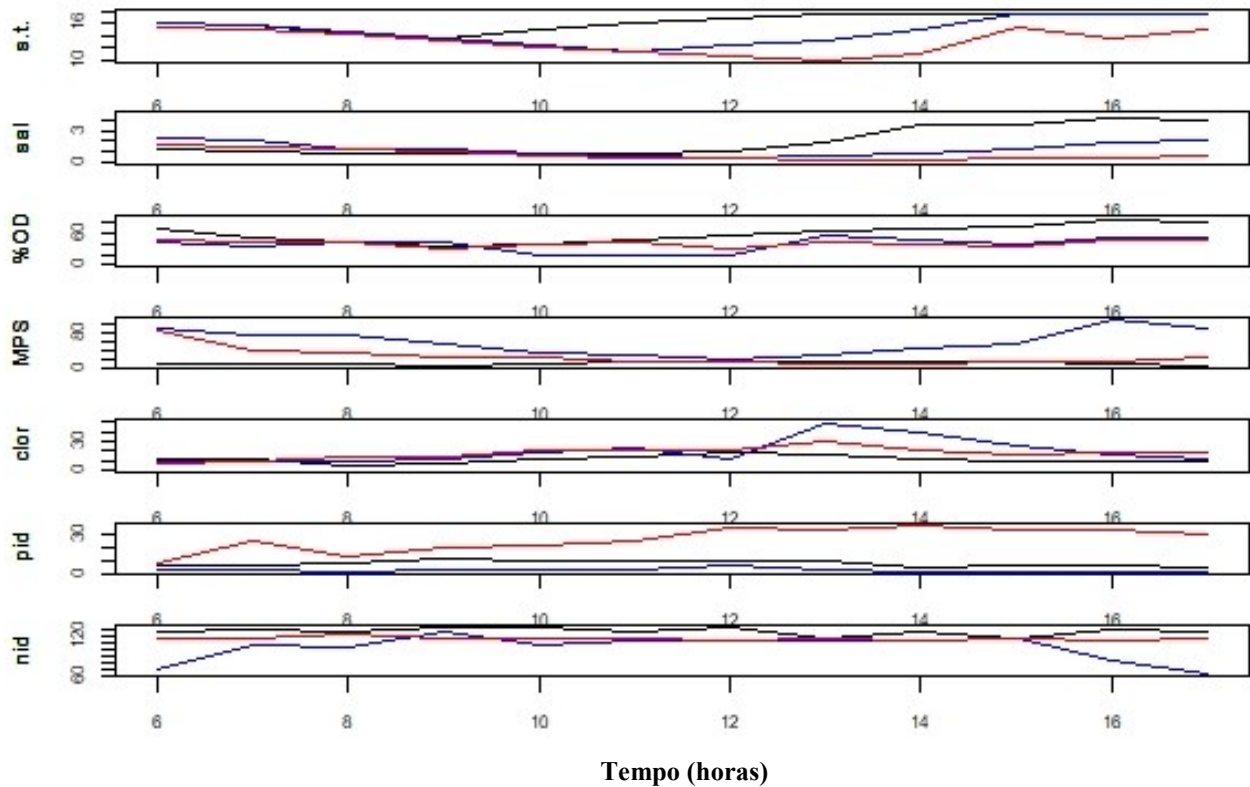
- a) S.t , sal, %OD, MPS, clor-*a*, pid e nid ao longo de um ciclo de maré, durante os dias sob predominância de ventos N. Linha preta representa N1 (09/05), linha azul representa N2 (23/05) e linha vermelha representa N3 (11/07):



Fonte: Elaborado pela autora (2020).



- b) S.t , sal, %OD, MPS, clor- *a*, pid e nid ao longo de um ciclo de maré, durante os dias sob predominância de ventos S. Linha preta representa S1 (04/08), linha azul representa S2 (06/09) e linha vermelha representa S3 (24/09):



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

## APÊNDICE C- Dados físico-químicos e biológicos das campanhas amostrais

DATA 09/05/2017		CONTINUAÇÃO												
Hora	Horário de início/término da coleta	Acúmulo de precipitação últimos 3 dias	Medida da Seção Transversal (m²)	Velocidade média da seção transversal (ft/s)	Velocidade média da seção transversal (m/s)	Vazão (m³/s)	Vazão (L/s)	Temperatura °C	Salinidade (g.L)	pH	Condutividade (mS / cm)	O2 (mg.L)	OD sat, d	OD sat, s
06:00	6:10/6:25	15mm	6,97	-0,55	-0,17	-1,17	-1168,5	23,40	0,77	6,64	1,586	2,00	8,51	8,47
07:00	7:10/7:30		5,57	-0,64	-0,20	-1,09	-1086,6	23,90	0,71	6,5	1,475	3,37	8,43	8,40
08:00	8:00/8:20		5,05	-0,60	-0,18	-0,92	-923,5	23,80	0,70	6,49	1,452	1,34	8,45	8,41
09:00	9:05/9:25		4,35	-0,38	-0,12	-0,50	-503,8	22,20	0,69	6,52	1,424	1,07	8,71	8,67
10:00	10:00/10:20		4,35	-0,17	-0,05	-0,23	-225,4	24,60	0,67	6,46	1,395	1,04	8,32	8,29
11:00	11:00/11:20		6,6	0,08	0,02	0,16	160,9	24,80	0,69	6,5	1,437	2,83	8,29	8,26
12:00	12:10/12:35		8,99	0,16	0,05	0,44	438,4	24,10	0,73	6,5	1,514	3,22	8,40	8,36
13:00	13:00/13:25		11,55	0,23	0,07	0,81	809,7	24,90	0,85	6,42	1,728	2,52	8,28	8,24
14:00	14:10/14:40		12,83	0,27	0,08	1,06	1055,9	24,90	1,16	6,42	2,309	4,30	8,28	8,22
15:00	15:00/15:30		13,38	0,21	0,06	0,86	856,4	24,90	1,82	6,4	3,492	7,30	8,28	8,19
16:00	16:05/16:25		12,83	-0,31	-0,09	-1,21	-1212,3	24,60	2,85	6,7	5,276	5,40	8,32	8,19
17:00	17:00/17:30		9,72	-0,49	-0,15	-1,45	-1451,7	24,70	1,70	6,7	3,285	At 3,51	8,31	8,23

DATA 09/05/2017		CONTINUAÇÃO												
OD (%)	MPS (mg.L)	Clorofila Microg.L	Feoftina	PID (mg.L)	PID Micromol.L	NH4 (mg.L)	(NITRATO E NITRITO, mg.L)	NID mg L	NH4 Micromol.L	Nitrato+nitrato Micromol.L	NID Micromol.L	N:P		
23,6	1,2	12,9	0	0,19	6,1	1,55	0,07	1,6	110,7	5,2	115,9	18,9		
40,1	4,5	7,4	2,8	0,17	5,5	1,54	0,05	1,6	110,0	3,5	113,5	18,9		
15,9	1,33	3,7	1,4	0,17	5,5	1,55	0,05	1,6	110,7	3,3	114,0	20,7		
12,3	0	3,7	2,7	0,18	5,8	1,51	0,07	1,6	107,9	4,8	112,7	20,8		
12,5	0	2,8	0	0,21	6,8	1,5	0,04	1,5	107,1	3,0	110,1	19,4		
34,3	4	31,4	2,1	0,18	5,8	1,45	0,03	1,5	103,6	2,3	105,9	16,2		
38,5	4,36	16,6	2,7	0,21	6,8	1,54	0,05	1,6	110,0	3,7	113,7	18,2		
30,6	4,33	24,5	0,4	0,21	6,8	1,52	0,03	1,6	108,6	2,4	111,0	16,8		
52,3	5,86	46,5	1,5	0,22	7,1	1,53	0,04	1,6	109,3	3,0	112,3	16,4		
89,1	17	5,5	1,2	0,08	2,6	1,5	0,06	1,6	107,1	4,0	111,2	15,8		
66,0	32	7,4	0,40	0,10	3,2	1,51	0,12	1,6	107,9	8,8	116,7	43,0		
42,7	17,5	29,1	0,9	0,21	6,8	1,53	0,01	1,5	109,3	0,7	110,0	36,1		

DATA 23/05/2017		CONTINUAÇÃO												
Hora	Horário de início/término da coleta	Acúmulo de precipitação últimos 3 dias	Medida da Seção Transversal (m²)	Velocidade média da seção transversal (ft/s)	Velocidade média da seção transversal (m/s)	Vazão (m³/s)	Temperatura °C	Salinidade (g.L)	pH	Condutividade (mS / cm)	O2 (mg.L)	OD sat, d	OD sat, s	
06:00	6:30/7:10	49,2mm	10,8	-0,65	-0,20	-2,14	19,5	0,49	6,42	1,037	2,11	9,18	9,15	
07:00	7:30/8:00		9,9	-0,68	-0,21	-2,05	19,1	0,46	6,58	0,986	1,46	9,25	9,23	
08:00	8:30/8:55		9,0	-0,64	-0,20	-1,75	19,3	0,45	6,54	0,967	1,61	9,22	9,19	
09:00	9:30/9:05		8,4	-0,42	-0,13	-1,08	19,4	0,46	6,25	0,997	1,56	9,20	9,17	
10:00	10:30/10:55		8,4	-0,25	-0,08	-0,64	19,5	0,55	6,61	1,160	2,15	9,18	9,15	
11:00	11:30/12:05		10,8	0,26	0,08	0,86	19,7	0,54	6,42	1,147	2,64	9,14	9,11	
12:00	12:30/13:00		12,7	0,21	0,06	0,81	19,9	0,54	6,48	1,151	2,72	9,11	9,08	
13:00	13:50/14:10		14,3	0,15	0,05	0,65	20,3	0,64	6,59	1,337	2,52	9,04	9,00	
14:00	14:30/14:55		14,7	0,05	0,02	0,22	20,3	0,68	6,6	1,416	2,95	9,04	9,00	
15:00	15:30/16:00		14,5	-0,24	-0,07	-1,06	20,3	0,65	6,65	1,364	2,32	9,04	9,00	
16:00	16:30/17:10		13,4	-0,31	-0,09	-1,26	20,3	0,59	6,38	1,234	2,30	9,04	9,00	
17:00	17:30/18:00		12,3	-0,44	-0,13	-1,65	20,1	0,55	6,53	1,159	At 3,07	9,07	9,04	

DATA 23/05/2017		CONTINUAÇÃO												
OD (%)	MPS (mg.L)	Clorofila	Clorofila mg L	Feoftina	PID	PID MicromoL	NH4	NH4 micromoL	NO3+NO2	NID mg L	NO3+NO2 MicromoL	NID micromoL	N:P	
23,0	15	1,5	0,002	2,20	0,15	5,0	1,008	72	0,11	1,1	7,9	79,9	16,1	
15,8	7,43	1,8	0,002	0,70	0,17	5,4	1,0066	71,9	0,09	1,1	6,4	78,3	14,6	
17,5	1,43	3,7	0,004	0,00	0,15	4,9	1,0094	72,1	0,09	1,1	6,4	78,5	16,1	
17,0	13,33	4,2	0,004	1,60	0,17	5,5	1,0304	73,6	0,08	1,1	5,7	79,3	14,5	
23,5	8	5,9	0,006	3,60	0,17	5,6	1,0332	73,8	0,12	1,2	8,6	82,4	14,7	
29,0	3,5	7,2	0,007	0,00	0,17	5,7	1,0556	75,4	0,11	1,2	7,9	83,3	14,7	
30,0	5,33	9,8	0,010	0,00	0,22	7,1	1,0752	76,8	0,11	1,2	7,9	84,7	11,9	
28,0	11,33	7,4	0,007	0,00	0,20	6,5	1,1214	80,1	0,15	1,3	10,7	90,8	14,0	
32,8	1,18	5,5	0,006	0,00	0,18	5,8	1,1802	84,3	0,11	1,3	7,9	92,2	16,0	
25,8	6,67	1,8	0,002	3,20	0,18	5,8	1,1746	83,9	0,17	1,3	12,1	96,0	16,5	
25,5	1,33	1,5	0,002	3,70	0,19	6,1	1,134	81	0,13	1,3	9,3	90,3	14,7	
23,8	7,33	1,5	0,002	3,70	0,19	6,2	1,1158	79,7	0,12	1,2	8,6	88,3	14,3	

DATA 11/07/2017													
Hora	Horário de início/término da coleta	Acúmulo de precipitação últimos 3 dias	Medida da Seção Transversal (m²)	Velocidade média da seção transversal (m/s)	Vazão (m³/s)	Temperatura °C	Salinidade (g.L)	Condutividade (mS / cm)	pH	O2 (mg.L)	OD sat, d	OD sat, s	
06:00	6:00/6:30		10,50	-0,11	-1,15	19,6	0,84	1,51	7,1	2,8	9,17	9,13	
07:00	7:00/7:30	2,1 mm	10,29	-0,11	-1,13	19,6	0,82	1,47	7,1	2,73	9,16	9,12	
08:00	8:00/8:35		8,81	-0,13	-1,15	19,8	0,7	1,28	7,1	3,43	9,13	9,09	
09:00	9:00/9:35		7,78	-0,13	-1,01	19,9	0,64	1,18	7,03	3,08	9,11	9,07	
10:00	10:05/10:30		7,13	-0,14	-1,00	20,1	0,62	1,13	7,18	2,61	9,07	9,04	
11:00	11:00/11:30		7,00	-0,14	-0,98	20,3	0,61	1,13	7,28	5,36	9,04	9,00	
12:00	12:05/12:40		7,00	-0,11	-0,77	20,8	0,61	1,12	7,28	4,38	8,95	8,91	
13:00	13:10/13:40		7,26	-0,11	-0,80	21,1	0,61	1,14	7,21	7,09	8,89	8,86	
14:00	14:00/14:30		8,81	0,04	0,35	21,2	0,63	1,17	7,03	3,36	8,88	8,84	
15:00	15:04/15:35		12,66	0,10	1,27	21,6	0,64	1,2	7,25	4,37	8,81	8,78	
16:00	16:00/16:30		13,20	0,11	1,45	21,2	0,74	1,38	7,09	7,27	8,88	8,84	
17:00	17:05/17:35		13,94	0,04	0,56	20,9	0,76	-	-	5,00	8,93	8,89	

DATA 11/07/2017 CONTINUAÇÃO													
OD (%)	MPS (mg.L)	Clorofila	Clorofila mg L	Feoftina	PID	PID MicromoL	NH4	NH4 MicromoL	NO3+NO2	NID mg L	NO3+NO2 MicromoL	NID	N:P
32,1	2,78	7,5	0,0072	0	0,250014	7,9	1,48	105,8	0,21	1,7	15,0	120,8	15,7
29,9	2,75	7,4	0,0074	0	0,240143	7,8	1,48	105,7	0,21	1,7	15,0	120,7	15,6
37,7	3,25	7,9	0,0079	0,5	0,218606	7,1	1,49	106,4	0,19	1,7	13,6	120,0	17,0
33,9	1,33	8,3	0,0083	0	0,237575	7,7	1,49	106,4	0,25	1,7	17,9	124,3	16,2
28,9	3	11,1	0,0111	0,5	0,199243	6,4	1,5	107,1	0,19	1,7	13,6	120,7	18,8
59,5	2,33	15,8	0,0158	1,8	0,252492	8,2	1,49	106,4	0,2	1,7	14,3	120,7	14,8
49,1	1,14	14,2	0,0142	0,7	0,240637	7,8	1,49	106,4	0,27	1,8	19,3	125,7	16,2
80,0	0,67	7,4	0,0074	1,6	0,30337	9,8	1,49	106,4	0,14	1,6	10,0	116,4	11,9
38,0	1	8,3	0,0083	3,2	0,287662	9,3	1,49	106,4	0,24	1,7	17,1	123,6	13,3
49,8	0,33	10,2	0,0102	2,7	0,278573	9,0	1,48	105,7	0,21	1,7	15,0	120,7	13,4
82,2	2	11,1	0,0111	1,8	0,249034	8,0	1,5	107,1	0,24	1,7	17,1	124,3	15,5
56,2	5,14	12	0,012	0,3	0,247355	8,0	1,49	106,4	0,15	1,6	10,7	117,1	14,7

04/08/2017													
Hora	Horário de início/término da coleta	Acúmulo de precipitação últimos 3 dias	Medida da Seção Transversal (m²)	Velocidade média da seção transversal (m/s)	Vazão (m³/s)	Temperatura °C	Salinidade (g.L)	Condutividade (mS / cm)	pH	O2 (mg.L)	OD sat, d		
06:00	6:00/6:30	21 mm	15,58	-0,11	-1,64	18,5	1,31	2,22	6,79	5,77	9,37		
07:00	7:00/7:35		15,76	-0,13	-2,05	18,3	1,0	1,73	7,12	4,32	9,41		
08:00	8:00/8:35		14,48	-0,12	-1,74	18,4	0,86	1,48	6,96	3,6	9,39		
09:00	9:05/9:30		13,75	-0,09	-1,24	18,6	0,77	1,33	7,06	3,17	9,35		
10:00	10:00/10:30		15,03	0,03	0,45	18,7	0,83	1,44	7,1	3,45	9,33		
11:00	12:05/12:35		16,31	0,04	0,65	18,8	0,93	1,61	7,05	3,94	9,31		
12:00	11:05/11:40		17,04	0,04	0,68	18,9	1,12	1,92	7,12	4,85	9,29		
13:00	13:10/13:40		17,59	0,02	0,35	19	1,88	3,16	7,06	5,43	9,27		
14:00	14:00/14:30		17,77	0,01	0,18	19	3,53	5,72	7,01	5,96	9,27		
15:00	15:04/15:35		17,77	-0,01	-0,09	19,1	3,49	7,04	7,15	6,30	9,25		
16:00	16:00/16:30		17,72	-0,05	-0,89	19,1	4,13	6,63	7,32	7,17	9,25		
17:00	17:05/17:35		17,53	-0,09	-1,58	19	4,00	-	7,29	6,93	9,27		

04/08/2017 CONTINUAÇÃO

OD (%)	MPS (mg.L)	Clorofila-a	clorofila mg l	Feoftina-a	PID	PID MicromoL	NH4	NH4 MicromoL	N02+N03 MicromoL	N02+N03	NID mg l	NID MicromoL	N:P
66,7	6,67	12,3	0,0123	0,00	0,21	6,8	1,59	113,6	13,6	0,19	1,78	127,1	18,7
49,9	6,71	11	0,0110	0,00	0,22	7,2	1,59	113,6	15,7	0,22	1,81	129,3	18,1
41,6	6,21	5,5	0,0055	0,50	0,23	7,5	1,59	113,6	11,4	0,16	1,75	125,0	16,8
36,6	5,57	6,2	0,0062	1,00	0,34	11,0	1,59	113,6	19,3	0,27	1,86	132,9	12,1
39,9	8,90	11,1	0,0111	0,00	0,31	10,1	1,59	113,6	20,0	0,28	1,87	133,6	13,3
45,5	11,45	14,2	0,0142	1,70	0,30	9,8	1,59	113,6	12,9	0,18	1,77	126,4	12,9
56,1	13,45	17,5	0,0175	3,00	0,29	9,4	1,58	112,9	20,7	0,29	1,87	133,6	14,2
62,8	13,90	15,2	0,0152	2,10	0,28	9,2	1,58	112,9	3,6	0,05	1,63	116,4	12,7
68,9	14,50	11,8	0,0118	3,10	0,15	4,9	1,57	112,1	12,9	0,18	1,75	125,0	25,6
72,8	15,10	9,8	0,0098	2,60	0,19	6,0	1,55	110,7	4,3	0,06	1,61	115,0	19,2
82,9	6,19	9,6	0,0096	1,40	0,18	6,0	1,57	112,1	17,9	0,25	1,82	130,0	21,8
80,1	5,24	9,5	0,0095	1,30	0,16	5,1	1,52	108,6	18,6	0,26	1,78	127,1	25,0

06/09/2017

Hora	Horário de início/término da coleta	Acúmulo de precipitação últimos 3 dias	Medida da Seção Transversal (m²)	Velocidade média da seção transversal (m/s)	Vazão (m³/s)	Temperatura °C	Salinidade (g.L)	Condutividade (mS / cm)	pH	O2 (mg.L)	OD sat, d	OD sat, s
06:00	6:00/6:30	0 mm	16,13	-0,11	-1,77	20,7	2,26	3,73	07,04	3,66	8,96	8,85
07:00	7:00/7:35		15,94	-0,14	-2,23	20,8	2	3,0	7,11	3,14	8,95	8,84
08:00	8:00/8:35		14,66	-0,17	-2,49	21	1,2	2,47	07,09	3,91	8,91	8,85
09:00	9:05/9:30		13,75	-0,14	-1,93	21,2	1,17	1,85	7,1	3,60	8,88	8,82
10:00	10:00/10:30		12,47	-0,19	-2,37	21,5	0,82	1,34	07,08	1,64	8,83	8,78
11:00	11:00/11:34		11,37	-0,15	-1,65	21,6	0,57	0,95	7,25	1,57	8,81	8,78
12:00	12:05/12:40		12,65	0,06	0,76	21,8	0,46	0,78	7,24	1,56	8,77	8,75
13:00	13:10/13:40		13,20	0,07	0,92	21,9	0,64	1,13	7,11	4,78	8,76	8,73
14:00	14:00/14:30		15,21	0,08	1,22	22,4	0,89	1,46	07,03	4,19	8,67	8,63
15:00	15:04/15:35		17,75	0,07	1,24	21,8	1,27	2,50	07,09	3,47	8,77	8,71
16:00	16:00/16:30		17,72	0,06	1,06	22,2	1,9	2,91	07,04	4,54	8,71	8,61
17:00	17:05/17:35		17,72	0,06	1,06	21,9	2,12	3,21	7,13	4,48	8,76	8,65

06/09/2017 CONTINUAÇÃO

OD (%)	MPS (mg.L)	Clorofila	Clorofila mg L	Feoftina	PID	PID MicromoL	NH4	NH4 MicromoL	N03+N02	NID mg L	N03+N02micromoL	NID micromoL	N:P
41,4	89,75	9,1	0,01	4,70	0,07	2,4	0,79	56,4	0,21	1,00	15,00	71,4	29,5
35,5	73,33	9,3	0,01	2,40	0,07	2,4	1,28	91,4	0,19	1,47	13,57	105,0	44,2
44,2	73,75	9,2	0,01	2,20	0,06	1,8	1,32	94,3	0,14	1,46	10,00	104,3	58,5
40,8	55,07	11,7	0,01	1,60	0,09	3,1	1,52	108,6	0,23	1,75	16,43	125,0	40,8
18,7	34,07	18,3	0,02	1,10	0,07	2,2	1,45	103,6	0,05	1,50	3,57	107,1	47,7
17,9	25,75	23,7	0,02	1,60	0,09	2,8	1,51	107,9	0,06	1,57	4,29	112,1	40,4
17,8	19	11,5	0,01	5,90	0,17	5,6	1,52	108,6	0,08	1,60	5,71	114,3	20,3
54,8	30	47,9	0,05	2,30	0,09	2,9	1,51	107,9	0,08	1,59	5,71	113,6	38,9
48,6	43,33	38	0,04	3,40	0,06	1,9	1,51	107,9	0,09	1,60	6,43	114,3	60,7
39,8	52,75	25,1	0,03	0,20	0,06	1,8	1,49	106,4	0,13	1,62	9,29	115,7	63,4
52,7	108	16,5	0,02	1,80	0,04	1,4	1,01	72,1	0,16	1,17	11,43	83,6	60,6
51,8	87,5	11,8	0,01	3,10	0,06	1,9	0,74	52,9	0,14	0,88	10,00	62,9	33,9

DATA 24/09/2017

Hora	Acúmulo de precipitação últimos 3 dias	Medida da Seção Transversal (m²)	Velocidade média da seção transversal (m/s)	Vazão (m³/s)	Temperatura °C	Salinidade (g.L)	pH	O2 (mg.L)	OD sat, d	OD sat, s
06:00	5,9 mm	15,48	-0,06	-0,85	22,3	1,74	7,13	4,18	8,69	8,60
07:00		15,21	-0,11	-1,60	22,4	1,56	7,01	3,84	8,67	8,60
08:00		14,48	-0,11	-1,59	22,3	1,19	7,18	3,61	8,69	8,63
09:00		13,38	-0,16	-2,14	22,3	0,95	7,09	2,59	8,69	8,64
10:00		12,28	-0,14	-1,72	22,2	0,66	7,11	3,21	8,71	8,67
11:00		11,37	-0,12	-1,36	22,4	0,46	7,14	3,58	8,67	8,65
12:00		10,64	-0,08	-0,85	22,1	0,34	7,13	2,51	8,72	8,71
13:00		10,09	-0,08	-0,81	22,2	0,27	7,19	3,84	8,71	8,69
14:00		11,19	0,00	0,00	22,5	0,23	7,15	3,51	8,66	8,65
15:00		15,30	0,03	0,46	22,6	0,45	7,17	3,08	8,64	8,62
16:00		13,69	0,05	0,68	22,7	0,48	7,19	3,88	8,62	8,60
17:00		14,97	0,06	0,90	22,6	0,67	6,99	3,90	8,64	8,61

DATA 24/09/2017 CONTINUAÇÃO														
OD (%)	MPS (mg.L)	Clorofila	Clorofila mg L	Feoftina	Fea mg L	PID	PID MicromoL	NH4	NH4 MicromoL	NO3+NO2	Nid mg L	NO3+NO2 MicromoL	NID MicromoL	N:P
48,6	82,19	7,6	0,01	0,10	0,00	0,27	8,7	1,51	107,9	0,1	1,61	7,14	115,0	13,2
44,7	35,66	10,1	0,01	0,30	0,00	0,76	24,5	1,58	112,9	0,064	1,64	4,29	117,1	4,8
41,8	30,73	12,5	0,01	0,40	0,00	0,40	12,9	1,57	112,1	0,14	1,71	10,00	122,1	9,5
30,0	23,44	14,1	0,01	0,70	0,00	0,62	20,0	1,57	112,1	0,08	1,65	5,71	117,9	5,9
37,0	24,1	20,8	0,02	0,10	0,00	0,69	22,3	1,57	112,1	0,06	1,63	4,29	116,4	5,2
41,4	15	21,1	0,02	2,9	0,00	0,77	24,9	1,57	112,1	0,06	1,63	4,29	116,4	4,7
28,8	13,65	21,1	0,02	1,4	0,00	1,1	35,5	1,56	111,4	0,04	1,60	2,86	114,3	3,2
44,2	8,42	28,8	0,03	1,4	0,00	1,06	34,2	1,56	111,4	0,05	1,63	3,57	115,0	3,4
40,6	7,48	21,5	0,02	1,7	0,00	1,15	37,1	1,56	111,4	0,04	1,60	2,86	114,3	3,1
35,7	11,56	16,6	0,02	1,4	0,00	1,04	33,6	1,56	111,4	0,06	1,62	4,29	115,7	3,4
45,1	13,27	18	0,02	2,9	0,00	1,02	32,9	1,56	111,4	0,04	1,60	2,86	114,3	3,5
45,3	23,85	18	0,02	2,3	0,00	0,94	30,4	1,56	111,4	0,08	1,64	5,71	117,1	3,9

Fonte: Elaborada pela autora (2020).

## APÊNDICE D - Valores de TRIX das campanhas

### a) N1 e N2 para cada horário amostral:

	Coleta	lad%OD	PID (mg.m-3)	NID (mg.m-3)	Cloro a (mg.m-3)	lad%OD log	PID log	NID log		Cloro log		Nível trófico		
N1	1	76,4	190	1600	12,9	2	2	3		1	299610240	8	6,40	1
N1	2	59,9	170	1600	7,4	2	2	3		1	120566720	8	5,44	2
N1	3	84,1	170	1600	3,7	2	2	3		1	84638240	8	5,06	3
N1	4	87,7	180	1600	3,7	2	2	3		1	93453120	8	5,17	4
N1	5	87,5	210	1500	2,8	2	2	3		0	77175000	8	4,97	5
N1	6	65,7	180	1500	31,4	2	2	3		1	557004600	9	7,05	6
N1	7	61,5	210	1600	16,6	2	2	3		1	343022400	9	6,54	7
N1	8	69,4	210	1600	24,5	2	2	3		1	571300800	9	7,08	8
N1	9	47,7	220	1600	46,5	2	2	3		2	780753600	9	7,40	9
N1	10	10,9	80	1600	5,5	1	2	3		1	7673600	7	2,54	10
N1	11	34	100	1600	7,4	2	2	3		1	40256000	8	4,28	11
N1	12	57,3	210	1500	29,1	2	2	3		1	525240450	9	6,99	12
N2	1	77	150	1100	2	2	2	3		0	25410000	7	3,80	1
N2	2	84,2	170	1100	1,8	2	2	3		0	28341720	7	3,91	2
N2	3	82,5	150	1100	3,7	2	2	3		1	50366250	8	4,52	3
N2	4	83	170	1100	4,2	2	2	3		1	65188200	8	4,79	4
N2	5	76,5	170	1200	6	2	2	3		1	93636000	8	5,17	5
N2	6	71	170	1200	7	2	2	3		1	101388000	8	5,25	6
N2	7	70	220	1200	10	2	2	3		1	184800000	8	5,89	7
N2	8	72	200	1300	7,4	2	2	3		1	138528000	8	5,58	8
N2	9	67,2	180	1300	6	2	2	3		1	94348800	8	5,18	9
N2	10	74,2	180	1300	2	2	2	3		0	34725600	8	4,13	10
N2	11	74,5	190	1300	2	2	2	3		0	36803000	8	4,19	11
N2	12	76,2	190	1200	2	2	2	3		0	34747200	8	4,13	12

Fonte: Elaborada pela autora (2020).

### b) N3 e S1 para cada horário amostral:

N3	2	70,1	240	1700	7,4	2	2	3		1	211645920	8	6,03	2
N3	3	62,3	218	1700	7,9	2	2	3		1	182398202	8	5,87	3
N3	4	66,1	237	1700	8,3	2	2	3		1	221043027	8	6,08	4
N3	5	71,1	199	1700	11,1	2	2	3		1	266989743	8	6,27	5
N3	6	40,5	252	1700	15,8	2	2	3		1	274133160	8	6,30	6
N3	7	50,9	240	1800	14,2	2	2	3		1	312240960	8	6,44	7
N3	8	20	303	1600	7,4	1	2	3		1	71750400	8	4,89	8
N3	9	62	287	1700	8,3	2	2	3		1	251073340	8	6,21	9
N3	10	50,2	278	1700	10,2	2	2	3		1	241990104	8	6,17	10
N3	11	17,8	249	1700	11,2	1	2	3		1	84389088	8	5,06	11
N3	12	43,8	247	1600	12	2	2	3		1	207717120	8	6,01	12
S1	1	33,3	210	1800	12,3	2	2	3		1	154974452	8	5,70	1
S1	2	50,1	220	1800	11	2	2	3		1	218030607	8	6,06	2
S1	3	58,4	230	1800	5,5	2	2	3		1	133007175	8	5,54	3
S1	4	63,4	340	1900	6,2	2	3	3		1	254048154	8	6,22	4
S1	5	60,1	310	1900	11,1	2	2	3		1	392832467	9	6,68	5
S1	6	54,5	300	1800	14,2	2	2	3		1	417996636	9	6,75	6
S1	7	43,9	290	1900	17,5	2	2	3		1	423517692	9	6,76	7
S1	8	15,0	280	1600	15,2	1	2	3		1	102144000	8	5,26	8
S1	9	15,0	150	1800	11,8	1	2	3		1	47790000	8	4,46	9
S1	10	15,0	190	1600	9,8	1	2	3		1	44688000	8	4,39	10
S1	11	15,0	180	1800	9,6	1	2	3		1	46656000	8	4,44	11
S1	12	15,0	160	1800	9,5	1	2	3		1	41040000	8	4,30	12

Fonte: Elaborada pela autora (2020).

**c) S2 e S3 para cada horário amostral:**

S2	1	58,6	70	1000	9	2	2	3	1	37328200	8	4,20	1
S2	2	64,5	70	1470	9	2	2	3	1	59733450	8	4,70	2
S2	3	55,8	60	1460	9	2	2	3	1	44970336	8	4,40	3
S2	4	59,2	90	1750	12	2	2	3	1	109090800	8	5,33	4
S2	5	81,3	70	1500	18	2	2	3	1	156217950	8	5,71	5
S2	6	82,1	90	1570	24	2	2	3	1	274937301	8	6,31	6
S2	7	82,2	170	1600	12	2	2	3	1	257121600	8	6,23	7
S2	8	45,2	90	1590	48	2	2	3	2	309822948	8	6,43	8
S2	9	51,4	60	1600	38	2	2	3	2	187507200	8	5,90	9
S2	10	60,2	60	1620	25	2	2	3	1	146286000	8	5,64	10
S2	11	47,3	40	1170	17	2	2	3	1	36525060	8	4,18	11
S2	12	48,2	60	880	12	2	2	3	1	30030528	7	3,97	12
S3	1	51,4	270	1610	8	2	2	3	1	169811208	8	5,80	1
S3	2	55,3	760	1640	10	2	3	3	1	696151792	9	7,28	2
S3	3	58,2	400	1710	13	2	3	3	1	497610000	9	6,93	3
S3	4	70	620	1650	14	2	3	3	1	1002540000	9	7,67	4
S3	5	63	690	1630	21	2	3	3	1	1487978100	9	8,08	5
S3	6	58,6	770	1630	21	2	3	3	1	1544526060	9	8,12	6
S3	7	71,2	1100	1600	21	2	3	3	1	2631552000	9	8,68	7
S3	8	55,8	1000	1610	29	2	3	3	1	2605302000	9	8,67	8
S3	9	59,4	1150	1600	22	2	3	3	1	2404512000	9	8,59	9
S3	10	64,3	1040	1620	17	2	3	3	1	1841654880	9	8,31	10
S3	11	54,9	1020	1600	18	2	3	3	1	1612742400	9	8,17	11
S3	12	54,7	940	1640	18	2	3	3	1	1517859360	9	8,10	12

Fonte: Elaborada pela autora (2020).

## APÊNDICE E - Transporte de materiais nas campanhas

### a) Por dia e hora amostral:

	Parâmetro	µMol.L	Mol.L	Velocidade m/s	Área m <sup>2</sup>	Vazão m <sup>3</sup> /s	Vazão L/h	Q (Fluxo) mol	Q (Fluxo) kg	
09/05/2017	NH <sub>4</sub>	110,7	0,0001107	-0,16	6,97	-1,12	-4014720	-444,4	-6,2	
		110	0,00011	-0,21	5,57	-1,17	-4210920	-463,2	-6,5	
		110,7	0,0001107	-0,18	5,05	-0,91	-3272400	-362,3	-5,1	
		107,9	0,0001079	-0,13	4,35	-0,57	-2035800	-219,7	-3,1	
		107,1	0,0001071	-0,06	4,35	-0,26	-939600	-100,6	-1,4	
		103,6	0,0001036	0,01	6,6	0,07	237600	24,6	0,3	
		110	0,00011	0,03	8,99	0,27	970920	106,8	1,5	
		108,6	0,0001086	0,05	11,55	0,58	2079000	225,8	3,2	
		109,3	0,0001093	0,09	12,83	1,15	4156920	454,4	6,4	
		107,1	0,0001071	0,06	13,38	0,80	2890080	309,5	4,3	
		107,9	0,0001079	-0,09	12,83	-1,15	-4156920	-448,5	-6,3	
		109,3	0,0001093	-0,15	9,72	-1,46	-5248800	-573,7	-8,0	
									-1491,3	-20,9
		09/05/2017	NO <sub>2+3</sub>	5,2	0,0000052	0,16	6,97	-1,12	-4014720	-20,9
3,5	0,0000035			0,21	5,57	-1,17	-4210920	-14,7	-0,2	
3,3	0,0000033			0,18	5,05	-0,91	-3272400	-10,8	-0,2	
4,8	0,0000048			0,13	4,35	-0,57	-2035800	-9,8	-0,1	
3	0,000003			0,06	4,35	-0,26	-939600	-2,8	0,0	
2,3	0,0000023			-0,01	6,6	0,07	237600	0,5	0,0	
3,7	0,0000037			-0,03	8,99	0,27	970920	3,6	0,1	
2,4	0,0000024			-0,05	11,55	0,58	2079000	5,0	0,1	
3	0,000003			-0,09	12,83	1,15	4156920	12,5	0,2	
4	0,000004			-0,06	13,38	0,80	2890080	11,6	0,2	
8,8	0,0000088			0,09	12,83	-1,15	-4156920	-36,6	-0,5	
0,7	0,0000007			0,15	9,72	-1,46	-5248800	-3,7	-0,1	
									-66,1	-0,9
09/05/2017	NID			115,9	0,0001159	0,16	6,97	-1,12	-4014720	-465,3
		113,5	0,0001135	0,21	5,57	-1,17	-4210920	-477,9	-6,7	
		114	0,000114	0,18	5,05	-0,91	-3272400	-373,1	-5,2	
		112,7	0,0001127	0,13	4,35	-0,57	-2035800	-229,4	-3,2	
		110,1	0,0001101	0,06	4,35	-0,26	-939600	-103,4	-1,4	
		105,9	0,0001059	-0,01	6,6	0,07	237600	25,2	0,4	
		113,7	0,0001137	-0,03	8,99	0,27	970920	110,4	1,5	
		111	0,000111	-0,05	11,55	0,58	2079000	230,8	3,2	
		112,3	0,0001123	-0,09	12,83	1,15	4156920	466,8	6,5	
		111,2	0,0001112	-0,06	13,38	0,80	2890080	321,4	4,5	
		116,7	0,0001167	0,09	12,83	-1,15	-4156920	-485,1	-6,8	
		110	0,00011	0,15	9,72	-1,46	-5248800	-577,4	-8,1	
									-1557,1	-21,8
		09/05/2017	PID	6,1	0,0000061	0,16	6,97	-1,12	-4014720	-24,5
5,5	0,0000055			0,21	5,57	-1,17	-4210920	-23,2	-0,7	
5,5	0,0000055			0,18	5,05	-0,91	-3272400	-18,0	-0,6	
5,8	0,0000058			0,13	4,35	-0,57	-2035800	-11,8	-0,4	
6,8	0,0000068			0,06	4,35	-0,26	-939600	-6,4	-0,2	
5,8	0,0000058			-0,01	6,6	0,07	237600	1,4	0,0	
6,8	0,0000068			-0,03	8,99	0,27	970920	6,6	0,2	
6,8	0,0000068			-0,05	11,55	0,58	2079000	14,1	0,4	
7,1	0,0000071			-0,09	12,83	1,15	4156920	29,5	0,9	
2,6	0,0000026			-0,06	13,38	0,80	2890080	7,5	0,2	
3,2	0,0000032			0,09	12,83	-1,15	-4156920	-13,3	-0,4	
6,8	0,0000068			0,15	9,72	-1,46	-5248800	-35,7	-1,1	
									-73,7	-2,3



	Parâmetro			Velocidade m/s	Área m <sup>2</sup>	Vazão m <sup>3</sup> /s	Vazão L/h	Cla Microg.L	Cla Kg.L	Q (Fluxo) kg
09/05/2017	Cla			0,16	6,97	-1,12	-4014720	12,9	0,0	-0,05
				0,21	5,57	-1,17	-4210920	7,4	0,0	-0,03
				0,18	5,05	-0,91	-3272400	3,7	0,0	-0,01
				0,13	4,35	-0,57	-2035800	3,7	0,0	-0,01
				0,06	4,35	-0,26	-939600	2,8	0,0	0,00
				-0,01	6,6	0,07	237600	31,4	0,0	0,01
				-0,03	8,99	0,27	970920	16,6	0,0	0,02
				-0,05	11,55	0,58	2079000	24,5	0,0	0,05
				-0,09	12,83	1,15	4156920	46,5	0,0	0,19
				-0,06	13,38	0,80	2890080	5,5	0,0	0,02
				0,09	12,83	-1,15	-4156920	7,4	0,0	-0,03
				0,15	9,72	-1,46	-5248800	29,1	0,0	-0,15
									0,0	-0,005017572
	MPS			0,16	6,97	-1,12	-4014720	1,2	0,0	-4,8
				0,21	5,57	-1,17	-4210920	4,5	0,0	-18,9
				0,18	5,05	-0,91	-3272400	1,33	0,0	-4,4
				0,13	4,35	-0,57	-2035800	0	0,0	0,0
				0,06	4,35	-0,26	-939600	0	0,0	0,0
				-0,01	6,6	0,07	237600	4	0,0	1,0
				-0,03	8,99	0,27	970920	4,36	0,0	4,2
				-0,05	11,55	0,58	2079000	4,33	0,0	9,0
				-0,09	12,83	1,15	4156920	5,86	0,0	24,4
				-0,06	13,38	0,80	2890080	17	0,0	49,1
				0,09	12,83	-1,15	-4156920	32	0,0	-133,0
				0,15	9,72	-1,46	-5248800	17,5	0,0	-91,9
								92,1		-165,3

	Parâmetro	μMol.L	Mol.L	Vazão m <sup>3</sup> /s	Vazão L/h	Q (Fluxo) mol	Q (Fluxo) kg
23/05/2017	NH <sub>4</sub>	72	0,000072	-2,29	-8244000	-593,6	-8,3
		71,9	0,0000719	-2,17	-7812000	-561,7	-7,9
		72,1	0,0000721	-1,75	-6300000	-454,2	-6,4
		73,6	0,0000736	-1,21	-4356000	-320,6	-4,5
		73,8	0,0000738	-0,75	-2700000	-199,3	-2,8
		75,4	0,0000754	0,82	2952000	222,6	3,1
		76,8	0,0000768	0,62	2232000	171,4	2,4
		80,1	0,0000801	0,24	864000	69,2	1,0
		84,3	0,0000843	0,11	396000	33,4	0,5
		83,9	0,0000839	-1,19	-4284000	-359,4	-5,0
		81	0,000081	-1,33	-4788000	-387,8	-5,4
		79,7	0,0000797	-1,65	-5940000	-473,4	-6,6
						-2853,4	-39,9
		NO <sub>2+3</sub>	7,9	0,0000079	-2,29	-8244000	-65,1
	6,4		0,0000064	-2,17	-7812000	-50,0	-0,7
	6,4		0,0000064	-1,75	-6300000	-40,3	-0,6
	5,7		0,0000057	-1,21	-4356000	-24,8	-0,3
	8,6		0,0000086	-0,75	-2700000	-23,2	-0,3
	7,9		0,0000079	0,82	2952000	23,3	0,3
	7,9		0,0000079	0,62	2232000	17,6	0,2
	10,7		0,0000107	0,24	864000	9,2	0,1
	7,9		0,0000079	0,11	396000	3,1	0,0
	12,1		0,0000121	-1,19	-4284000	-51,8	-0,7
	9,3	0,0000093	-1,33	-4788000	-44,5	-0,6	
	8,6	0,0000086	-1,65	-5940000	-51,1	-0,7	
					-297,6	-4,2	

	Parâmetro	$\mu\text{Mol.L}$	Mol.L	Vazão $\text{m}^3/\text{s}$	Vazão L/h	Q (Fluxo) mol	Q (Fluxo) kg	
23/05/2017	ND	79,9	0,0000799	-2,29	-8244000	-658,7	-9,2	
		78,3	0,0000783	-2,17	-7812000	-611,7	-8,6	
		78,5	0,0000785	-1,75	-6300000	-494,6	-6,9	
		79,3	0,0000793	-1,21	-4356000	-345,4	-4,8	
		82,4	0,0000824	-0,75	-2700000	-222,5	-3,1	
		83,3	0,0000833	0,82	2952000	245,9	3,4	
		84,7	0,0000847	0,62	2232000	189,1	2,6	
		90,8	0,0000908	0,24	864000	78,5	1,1	
		92,2	0,0000922	0,11	396000	36,5	0,5	
		96	0,000096	-1,19	-4284000	-411,3	-5,8	
		90,3	0,0000903	-1,33	-4788000	-432,4	-6,1	
		88,3	0,0000883	-1,65	-5940000	-524,5	-7,3	
							<b>-3151,0</b>	<b>-44,1</b>
		PID	5	0,000005	-2,29	-8244000	-41,2	-1,3
			5,4	0,0000054	-2,17	-7812000	-42,2	-1,3
			4,9	0,0000049	-1,75	-6300000	-30,9	-1,0
			5,5	0,0000055	-1,21	-4356000	-24,0	-0,7
5,6	0,0000056		-0,75	-2700000	-15,1	-0,5		
5,7	0,0000057		0,82	2952000	16,8	0,5		
7,1	0,0000071		0,62	2232000	15,8	0,5		
6,5	0,0000065		0,24	864000	5,6	0,2		
5,8	0,0000058		0,11	396000	2,3	0,1		
5,8	0,0000058		-1,19	-4284000	-24,8	-0,8		
6,1	0,0000061		-1,33	-4788000	-29,2	-0,9		
6,2	0,0000062		-1,65	-5940000	-36,8	-1,1		
					<b>-203,6</b>	<b>-6,3</b>		

	Parâmetro	Vazão $\text{m}^3/\text{s}$	Vazão L/h	Cl <sub>a</sub> Microg.L	Cl <sub>a</sub> Kg.L	Q (Fluxo) kg	
23/05/2017	Cl <sub>a</sub>	-2,29	-8244000	0	0,0	0	
		-2,17	-7812000	1,8	0,0	-0,0140616	
		-1,75	-6300000	3,7	0,0	-0,02331	
		-1,21	-4356000	4,2	0,0	-0,0182952	
		-0,75	-2700000	5,9	0,0	-0,01593	
		0,82	2952000	7,2	0,0	0,0212544	
		0,62	2232000	9,8	0,0	0,0218736	
		0,24	864000	7,4	0,0	0,0063936	
		0,11	396000	5,5	0,0	0,002178	
		-1,19	-4284000	1,8	0,0	-0,0077112	
		-1,33	-4788000	0	0,0	0	
		-1,65	-5940000	0	0,0	0	
						<b>0,0</b>	<b>-0,0276084</b>
		MPS	-2,29	-8244000	15	0,0	-123,7
			-2,17	-7812000	7,43	0,0	-58,0
			-1,75	-6300000	1,43	0,0	-9,0
			-1,21	-4356000	13,33	0,0	-58,1
-0,75	-2700000		8	0,0	-21,6		
0,82	2952000		3,5	0,0	10,3		
0,62	2232000		5,33	0,0	11,9		
0,24	864000		11,33	0,0	9,8		
0,11	396000		1,18	0,0	0,5		
-1,19	-4284000		6,67	0,0	-28,6		
-1,33	-4788000	1,33	0,0	-6,4			
-1,65	-5940000	7,33	0,0	-43,5			
					<b>81,9</b>	<b>-316,4</b>	

	Parâmetro	$\mu\text{Mol.L}$	Mol.L	Vazão $\text{m}^3/\text{s}$	Vazão L/h	Q (Fluxo) mol	Q (Fluxo) kg	
			0,0001062					
<b>11/07/2017</b>	<b>NH<sub>4</sub></b>	105,7	0,0001057	-1,3	-4680000	<b>-497,0</b>	<b>-7,0</b>	
				-1,18	-4248000	<b>-449,0</b>	<b>-6,3</b>	
			106,4	0,0001064	-1,23	-4428000	<b>-471,1</b>	<b>-6,6</b>
			106,4	0,0001064	-1,01	-3636000	<b>-386,9</b>	<b>-5,4</b>
			107,1	0,0001071	-1,07	-3852000	<b>-412,5</b>	<b>-5,8</b>
			106,4	0,0001064	-0,98	-3528000	<b>-375,4</b>	<b>-5,3</b>
			106,4	0,0001064	-0,77	-2772000	<b>-294,9</b>	<b>-4,1</b>
			106,4	0,0001064	-0,73	-2628000	<b>-279,6</b>	<b>-3,9</b>
			106,4	0,0001064	0,35	1260000	<b>134,1</b>	<b>1,9</b>
			105,7	0,0001057	1,39	5004000	<b>528,9</b>	<b>7,4</b>
			107,1	0,0001071	1,85	6660000	<b>713,3</b>	<b>10,0</b>
			106,4	0,0001064	0,42	1512000	<b>160,9</b>	<b>2,3</b>
							<b>-1132,4</b>	<b>-15,9</b>
								<b>-0,9</b>
	<b>NO<sub>2+3</sub></b>	15	0,000015	-1,18	-4248000	<b>-63,7</b>	<b>-0,9</b>	
			13,6	0,0000136	-1,23	-4428000	<b>-60,2</b>	<b>-0,8</b>
			17,9	0,0000179	-1,01	-3636000	<b>-65,1</b>	<b>-0,9</b>
			13,6	0,0000136	-1,07	-3852000	<b>-52,4</b>	<b>-0,7</b>
			14,3	0,0000143	-0,98	-3528000	<b>-50,5</b>	<b>-0,7</b>
			19,3	0,0000193	-0,77	-2772000	<b>-53,5</b>	<b>-0,7</b>
			10	0,000010	-0,73	-2628000	<b>-26,3</b>	<b>-0,4</b>
			17,1	0,0000171	0,35	1260000	<b>21,5</b>	<b>0,3</b>
			15	0,000015	1,39	5004000	<b>75,1</b>	<b>1,1</b>
			17,1	0,0000171	1,85	6660000	<b>113,9</b>	<b>1,6</b>
			10,7	0,0000107	0,42	1512000	<b>16,2</b>	<b>0,2</b>
							<b>-145,0</b>	<b>-2,0</b>
		Parâmetro	$\mu\text{Mol.L}$	Mol.L	Vazão $\text{m}^3/\text{s}$	Vazão L/h	Q (Fluxo) mol	Q (Fluxo) kg
							<b>-7,3</b>	
<b>11/07/2017</b>	<b>NID</b>	120,7	0,0001207	-1,18	-4248000	<b>-512,7</b>	<b>-7,2</b>	
			120	0,00012	-1,23	-4428000	<b>-531,4</b>	<b>-7,4</b>
			124,3	0,0001243	-1,01	-3636000	<b>-452,0</b>	<b>-6,3</b>
			120,7	0,0001207	-1,07	-3852000	<b>-464,9</b>	<b>-6,5</b>
			120,7	0,0001207	-0,98	-3528000	<b>-425,8</b>	<b>-6,0</b>
			125,7	0,0001257	-0,77	-2772000	<b>-348,4</b>	<b>-4,9</b>
			116,4	0,0001164	-0,73	-2628000	<b>-305,9</b>	<b>-4,3</b>
			123,6	0,0001236	0,35	1260000	<b>155,7</b>	<b>2,2</b>
			120,7	0,0001207	1,39	5004000	<b>604,0</b>	<b>8,5</b>
			124,3	0,0001243	1,85	6660000	<b>827,8</b>	<b>11,6</b>
			117,1	0,0001171	0,42	1512000	<b>177,1</b>	<b>2,5</b>
							<b>-1276,5</b>	<b>-17,9</b>
								<b>-1,1</b>
		<b>PID</b>	7,8	0,0000078	-1,18	-4248000	<b>-33,1</b>	<b>-1,0</b>
			7,1	0,0000071	-1,23	-4428000	<b>-31,4</b>	<b>-1,0</b>
			7,7	0,0000077	-1,01	-3636000	<b>-28,0</b>	<b>-0,9</b>
			6,4	0,0000064	-1,07	-3852000	<b>-24,7</b>	<b>-0,8</b>
			8,2	0,0000082	-0,98	-3528000	<b>-26,9</b>	<b>-0,9</b>
			7,8	0,0000078	-0,77	-2772000	<b>-21,6</b>	<b>-0,7</b>
			9,8	0,0000098	-0,73	-2628000	<b>-25,8</b>	<b>-0,8</b>
			9,3	0,0000093	0,35	1260000	<b>11,7</b>	<b>0,4</b>
			9	0,000009	1,39	5004000	<b>45,0</b>	<b>1,4</b>
			8	0,000008	1,85	6660000	<b>53,3</b>	<b>1,7</b>
			8	0,000008	0,42	1512000	<b>12,1</b>	<b>0,4</b>
							<b>-71,4</b>	<b>-2,2</b>

	Parâmetro			vazao m³/s	Vazão L/h	Cla Microg.L	Cla Kg.L	Q (Fluxo) kg
								-0,03
11/07/2017	Cla			-1,18	-4248000	7,4	0,0	-0,03
				-1,23	-4428000	7,9	0,0	-0,03
				-1,01	-3636000	8,3	0,0	-0,03
				-1,07	-3852000	11,1	0,0	-0,04
				-0,98	-3528000	15,8	0,0	-0,06
				-0,77	-2772000	14,2	0,0	-0,04
				-0,73	-2628000	7,4	0,0	-0,02
				0,35	1260000	8,3	0,0	0,01
				1,39	5004000	10,2	0,0	0,05
				1,85	6660000	11,1	0,0	0,07
				0,42	1512000	12	0,0	0,02
							0,0	-0,1003356
						MPS		
	MPS			-1,18	-4248000	2,75	0,0	-11,7
				-1,23	-4428000	3,25	0,0	-14,4
				-1,01	-3636000	1,33	0,0	-4,8
				-1,07	-3852000	3	0,0	-11,6
				-0,98	-3528000	2,33	0,0	-8,2
				-0,77	-2772000	1,14	0,0	-3,2
				-0,73	-2628000	0,67	0,0	-1,8
				0,35	1260000	1	0,0	1,3
				1,39	5004000	0,33	0,0	1,7
				1,85	6660000	2	0,0	13,3
				0,42	1512000	5,14	0,0	3,0
							0,0	-36,4

	Parâmetro	µMol.L	Mol.L	Vazão m³/s	Vazão L/h	Q (Fluxo) mol	Q (Fluxo) kg
04/08/2017	NH <sub>4</sub>	113,6	0,0001136	-1,64	-5904000	-670,7	-9,4
		113,6	0,0001136	-2,05	-7380000	-838,4	-11,7
		113,6	0,0001136	-1,59	-5724000	-650,2	-9,1
		113,6	0,0001136	-1,24	-4464000	-507,1	-7,1
		113,6	0,0001136	0,53	1908000	216,7	3,0
		113,6	0,0001136	0,65	2340000	265,8	3,7
		112,9	0,0001129	0,51	1836000	207,3	2,9
		112,9	0,0001129	0,53	1908000	215,4	3,0
		112,1	0,0001121	0,27	972000	109,0	1,5
		110,7	0,0001107	-0,09	-324000	-35,9	-0,5
		112,1	0,0001121	-0,89	-3204000	-359,2	-5,0
		108,6	0,0001086	-1,58	-5688000	-617,7	-8,6
						-2664,9	-37,3
	NO <sub>2+3</sub>	13,6	0,0000136	-1,64	-5904000	-80,3	-1,1
		15,7	0,0000157	-2,05	-7380000	-115,9	-1,6
		11,4	0,0000114	-1,59	-5724000	-65,3	-0,9
		19,3	0,0000193	-1,24	-4464000	-86,2	-1,2
		20	0,00002	0,53	1908000	38,2	0,5
		12,9	0,0000129	0,65	2340000	30,2	0,4
		20,7	0,0000207	0,51	1836000	38,0	0,5
		3,6	0,0000036	0,53	1908000	6,9	0,1
		12,9	0,0000129	0,27	972000	12,5	0,2
		4,3	0,0000043	-0,09	-324000	-1,4	0,0
		17,9	0,0000179	-0,89	-3204000	-57,4	-0,8
		18,6	0,0000186	-1,58	-5688000	-105,8	-1,5
						-386,4	-5,4

	Parâmetro	$\mu\text{Mol.L}$	$\text{Mol.L}$			Vazão $\text{m}^3/\text{s}$	Vazão L/h	Q (Fluxo) mol	Q (Fluxo) kg
04/08/2017	NID	127,1	0,0001271			-1,64	-5904000	-750,4	-10,5
		129,3	0,0001293			-2,05	-7380000	-954,2	-13,4
		125	0,000125			-1,59	-5724000	-715,5	-10,0
		132,9	0,0001329			-1,24	-4464000	-593,3	-8,3
		133,6	0,0001336			0,53	1908000	254,9	3,6
		126,4	0,0001264			0,65	2340000	295,8	4,1
		133,6	0,0001336			0,51	1836000	245,3	3,4
		116,4	0,0001164			0,53	1908000	222,1	3,1
		125	0,000125			0,27	972000	121,5	1,7
		115	0,000115			-0,09	-324000	-37,3	-0,5
		130	0,00013			-0,89	-3204000	-416,5	-5,8
		127,1	0,0001271			-1,58	-5688000	-722,9	-10,1
							-254,2131	-3050,6	-42,7
		PID	6,8	0,0000068			-1,64	-5904000	-40,1
	7,2		0,0000072			-2,05	-7380000	-53,1	-1,6
	7,5		0,0000075			-1,59	-5724000	-42,9	-1,3
	11		0,000011			-1,24	-4464000	-49,1	-1,5
	10,1		0,0000101			0,53	1908000	19,3	0,6
	9,8		0,0000098			0,65	2340000	22,9	0,7
	9,4		0,0000094			0,51	1836000	17,3	0,5
	9,2		0,0000092			0,53	1908000	17,6	0,5
	4,9		0,0000049			0,27	972000	4,8	0,1
	6		0,000006			-0,09	-324000	-1,9	-0,1
	6		0,000006			-0,89	-3204000	-19,2	-0,6
	5,1	0,0000051			-1,58	-5688000	-29,0	-0,9	
							-153,7	-4,8	

	Parâmetro					Vazão $\text{m}^3/\text{s}$	Vazão L/h	Cla Microg.L	Cla Kg.L	Q (Fluxo) kg		
04/08/2017	Cla					-1,64	-5904000	12,3	0,0	-0,0726192		
						-2,05	-7380000	11	0,0	-0,08118		
						-1,59	-5724000	5,5	0,0	-0,031482		
						-1,24	-4464000	6,2	0,0	-0,0276768		
						0,53	1908000	11,1	0,0	0,0211788		
						0,65	2340000	14,2	0,0	0,033228		
						0,51	1836000	17,5	0,0	0,03213		
						0,53	1908000	15,2	0,0	0,0290016		
						0,27	972000	11,8	0,0	0,0114696		
						-0,09	-324000	9,8	0,0	-0,0031752		
						-0,89	-3204000	9,6	0,0	-0,0307584		
						-1,58	-5688000	9,5	0,0	0		
									0,0	-0,1		
		MPS							MPS			
								-1,64	-5904000	6,67	0,0	-39,4
								-2,05	-7380000	6,71	0,0	-49,5
								-1,59	-5724000	6,21	0,0	-35,5
							-1,24	-4464000	5,57	0,0	-24,9	
							0,53	1908000	8,9	0,0	17,0	
							0,65	2340000	11,45	0,0	26,8	
							0,51	1836000	13,45	0,0	24,7	
							0,53	1908000	13,9	0,0	26,5	
							0,27	972000	14,5	0,0	14,1	
						-0,09	-324000	15,1	0,0	-4,9		
						-0,89	-3204000	6,19	0,0	-48,4		
						-1,58	-5688000	5,24	0,0	-35,2		
								113,9		-128,7		

	Parâmetro	µMol.L	Mol.L			Vazão m³/s	Vazão L/h	Q (Fluxo) mol	Q (Fluxo) kg	
06/09/2017	NH <sub>4</sub>	56,4	0,0000564			-2,02	-7272000	-410,1	-5,7	
		91,4	0,0000914			-2,23	-8028000	-733,8	-10,3	
		94,3	0,0000943			-2,79	-10044000	-947,1	-13,3	
		108,6	0,0001086			-2,34	-8424000	-914,8	-12,8	
		103,6	0,0001036			-2,24	-8064000	-835,4	-11,7	
		107,9	0,0001079			-1,65	-5940000	-640,9	-9,0	
		108,6	0,0001086			0,76	2736000	297,1	4,2	
		107,9	0,0001079			0,79	2844000	306,9	4,3	
		107,9	0,0001079			1,22	4392000	473,9	6,6	
		106,4	0,0001064			1,42	5112000	543,9	7,6	
		72,1	0,0000721			1,15	4140000	298,5	4,2	
		52,9	0,0000529			1,15	4140000	219,0	3,1	
									<b>-2342,9</b>	<b>-32,8</b>
	NO <sub>2+3</sub>	15	0,000015			-2,02	-7272000	-109,1	-1,5	
		13,57	0,00001357			-2,23	-8028000	-108,9	-1,5	
		10	0,000010			-2,79	-10044000	-100,4	-1,4	
		16,43	0,00001643			-2,34	-8424000	-138,4	-1,9	
		3,57	0,00000357			-2,24	-8064000	-28,8	-0,4	
		4,29	0,00000429			-1,65	-5940000	-25,5	-0,4	
		5,71	0,00000571			0,76	2736000	15,6	0,2	
		5,71	0,00000571			0,79	2844000	16,2	0,2	
		6,43	0,00000643			1,22	4392000	28,2	0,4	
		9,29	0,00000929			1,42	5112000	47,5	0,7	
		11,43	0,00001143			1,15	4140000	47,3	0,7	
	10	0,000010			1,15	4140000	41,4	0,6		
								<b>-314,8</b>	<b>-4,4</b>	
	NID	71,4	0,0000714			-2,02	-7272000	-519,2	-7,3	
		105	0,000105			-2,23	-8028000	-842,9	-11,8	
		104,3	0,0001043			-2,79	-10044000	-1047,6	-14,7	
		125	0,000125			-2,34	-8424000	-1053,0	-14,7	
		107,1	0,0001071			-2,24	-8064000	-863,7	-12,1	
		112,1	0,0001121			-1,65	-5940000	-665,9	-9,3	
		114,3	0,0001143			0,76	2736000	312,7	4,4	
		113,6	0,0001136			0,79	2844000	323,1	4,5	
		114,3	0,0001143			1,22	4392000	502,0	7,0	
		115,7	0,0001157			1,42	5112000	591,5	8,3	
		83,6	0,0000836			1,15	4140000	346,1	4,8	
		62,9	0,0000629			1,15	4140000	260,4	3,6	
									<b>-2656,5</b>	<b>-37,2</b>
		PID	2,4	0,0000024			-2,02	-7272000	-17,5	-0,2
			2,4	0,0000024			-2,23	-8028000	-19,3	-0,3
	1,8		0,0000018			-2,79	-10044000	-18,1	-0,3	
	3,1		0,0000031			-2,34	-8424000	-26,1	-0,4	
	2,2		0,0000022			-2,24	-8064000	-17,7	-0,2	
	2,8		0,0000028			-1,65	-5940000	-16,6	-0,2	
	5,6		0,0000056			0,76	2736000	15,3	0,2	
	2,9		0,0000029			0,79	2844000	8,2	0,1	
	1,9		0,0000019			1,22	4392000	8,3	0,1	
	1,8	0,0000018			1,42	5112000	9,2	0,1		
	1,4	0,0000014			1,15	4140000	5,8	0,1		
	1,9	0,0000019			1,15	4140000	7,9	0,1		
								<b>-60,5</b>	<b>-0,8</b>	

Parâmetro				Vazão	Vazão	Cla	Cla	Q (Fluxo)
06/09/2017				m³/s	L/h	Microg.L	Kg.L	kg
	Cla			-2,02	-7272000	5,3	0,0	-0,0385416
				-2,23	-8028000	6,3	0,0	-0,0505764
				-2,79	-10044000	9,2	0,0	-0,0924048
				-2,34	-8424000	11,7	0,0	-0,0985608
				-2,24	-8064000	18,3	0,0	-0,1475712
				-1,65	-5940000	23,7	0,0	-0,140778
				0,76	2736000	0	0,0	0
				0,79	2844000	47,9	0,0	0,1362276
				1,22	4392000	38	0,0	0,166896
				1,42	5112000	25,1	0,0	0,1283112
				1,15	4140000	16,5	0,0	0,06831
				1,15	4140000	11,8	0,0	0,048852
							0,0	0,0
	MPS			-2,02	-7272000	89,75	0,0	-652,7
				-2,23	-8028000	73,33	0,0	-588,7
				-2,79	-10044000	73,75	0,0	-740,7
				-2,34	-8424000	55,07	0,0	-463,9
				-2,24	-8064000	34,07	0,0	-274,7
				-1,65	-5940000	25,75	0,0	-153,0
				0,76	2736000	19	0,0	52,0
				0,79	2844000	30	0,0	85,3
				1,22	4392000	43,33	0,0	190,3
				1,42	5112000	52,75	0,0	269,7
				1,15	4140000	108	0,0	218,4
				1,15	4140000	87,5	0,0	447,1
								-1610,9

Parâmetro		µMol.L	Mol.L	Vazão	Vazão	Q (Fluxo)	Q (Fluxo)
24/09/2017				m³/s	L/h	mol	kg
	NH <sub>4</sub>	107,9	0,0001079	-0,85	-3060000	-330,2	-4,6
		112,9	0,0001129	-1,6	-5760000	-650,3	-9,1
		112,1	0,0001121	-1,01	-3636000	-407,6	-5,7
		112,1	0,0001121	-2,14	-7704000	-863,6	-12,1
		112,1	0,0001121	-1,6	-5760000	-645,7	-9,0
		112,1	0,0001121	-1,48	-5328000	-597,3	-8,4
		111,4	0,0001114	-0,96	-3456000	-385,0	-5,4
		111,4	0,0001114	-0,71	-2556000	-284,7	-4,0
		111,4	0,0001114	0	0	0,0	0,0
		111,4	0,0001114	0,61	2196000	244,6	3,4
		111,4	0,0001114	0,48	1728000	192,5	2,7
		111,4	0,0001114	1,05	3780000	421,1	5,9
						-3306,2	-46,3
	NO <sub>2+3</sub>	7,14	0,00000714	-0,85	-3060000	-21,8	-0,3
		4,29	0,00000429	-1,6	-5760000	-24,7	-0,3
		10	0,00001	-1,01	-3636000	-36,4	-0,5
		5,71	0,00000571	-2,14	-7704000	-44,0	-0,6
		4,29	0,00000429	-1,6	-5760000	-24,7	-0,3
		4,29	0,00000429	-1,48	-5328000	-22,9	-0,3
		2,86	0,00000286	-0,96	-3456000	-9,9	-0,1
		3,57	0,00000357	-0,71	-2556000	-9,1	-0,1
		2,86	0,00000286	0	0	0,0	0,0
		4,29	0,00000429	0,61	2196000	9,4	0,1
		2,86	0,00000286	0,48	1728000	4,9	0,1
		5,71	0,00000571	1,05	3780000	21,6	0,3
						-157,5	-2,2

	Parâmetro	$\mu\text{Mol.L}$	$\text{Mol.L}$	Vazão $\text{m}^3/\text{s}$	Vazão L/h	Q (Fluxo) mol	Q (Fluxo) kg	
24/09/2017	NID	115	0,000115	-0,85	-3060000	-351,9	-4,9	
		117,1	0,0001171	-1,6	-5760000	-674,5	-9,4	
		122,1	0,0001221	-1,01	-3636000	-444,0	-6,2	
		117,9	0,0001179	-2,14	-7704000	-908,3	-12,7	
		116,4	0,0001164	-1,6	-5760000	-670,5	-9,4	
		116,4	0,0001164	-1,48	-5328000	-620,2	-8,7	
		114,3	0,0001143	-0,96	-3456000	-395,0	-5,5	
		115	0,000115	-0,71	-2556000	-293,9	-4,1	
		114,3	0,0001143	0	0	0,0	0,0	
		115,7	0,0001157	0,61	2196000	254,1	3,6	
		114,3	0,0001143	0,48	1728000	197,5	2,8	
		117,1	0,0001171	1,05	3780000	442,6	6,2	
							<b>-3464,0</b>	<b>-48,5</b>
			PID	8,7	0,000087	-0,85	-3060000	-26,6
24,5	0,000245			-1,6	-5760000	-141,1	-4,4	
12,9	0,0000129			-1,01	-3636000	-46,9	-1,5	
20	0,00002			-2,14	-7704000	-154,1	-4,8	
22,3	0,0000223			-1,6	-5760000	-128,4	-4,0	
24,9	0,0000249			-1,48	-5328000	-132,7	-4,1	
35,5	0,0000355			-0,96	-3456000	-122,7	-3,8	
34,2	0,0000342			-0,71	-2556000	-87,4	-2,7	
37,1	0,0000371			0	0	0,0	0,0	
33,6	0,0000336			0,61	2196000	73,8	2,3	
32,9	0,0000329			0,48	1728000	56,9	1,8	
30,4	0,0000304			1,05	3780000	114,9	3,6	
							<b>-594,4</b>	<b>-18,4</b>

	Parâmetro	Vazão $\text{m}^3/\text{s}$	Vazão L/h	Cla Microg.L	Cla Kg.L	Q (Fluxo) kg	
24/09/2017	Cla	-0,85	-3060000	7,6	0,0	-0,023256	
		-1,6	-5760000	10,1	0,0	-0,058176	
		-1,01	-3636000	12,5	0,0	-0,04545	
		-2,14	-7704000	14,1	0,0	-0,1086264	
		-1,6	-5760000	20,8	0,0	-0,119808	
		-1,48	-5328000	21,1	0,0	-0,1124208	
		-0,96	-3456000	21,1	0,0	-0,0729216	
		-0,71	-2556000	28,8	0,0	-0,0736128	
		0	0	21,5	0,0	0	
		0,61	2196000	16,6	0,0	0,0364536	
		0,48	1728000	18	0,0	0,031104	
		1,05	3780000	18	0,0	0,06804	
						<b>0,0</b>	<b>-0,5</b>
			MPS	-0,85	-3060000	82,19	0,0
-1,6	-5760000			35,66	0,0	-205,4	
-1,01	-3636000			30,73	0,0	-111,7	
-2,14	-7704000			23,44	0,0	-180,6	
-1,6	-5760000			24,1	0,0	-138,8	
-1,48	-5328000			15	0,0	-79,9	
-0,96	-3456000			13,65	0,0	-47,2	
-0,71	-2556000			8,42	0,0	-21,5	
0	0			7,48	0,0	0,0	
0,61	2196000			11,56	0,0	25,4	
0,48	1728000			13,27	0,0	20,0	
1,05	3780000			23,85	0,0	50,2	
						<b>-941,1</b>	

Fonte: Elaboradas pela autora (2020).



## Apêndice F - Nível do mar meteorológico nas campanhas

### a) Valores horários:

Ano	Mês	Dia	Hora	Nível Meteorológico	Ano	Mês	Dia	Hora	Nível Meteorológico	Ano	Mês	Dia	Hora	Nível Meteorológico
2017	5	9	06:00	-12	2017	5	23	06:00	-2	2017	7	11	06:00	-8
2017	5	9	07:00	-10	2017	5	23	07:00	-2	2017	7	11	07:00	-8
2017	5	9	08:00	-8	2017	5	23	08:00	-3	2017	7	11	08:00	-8
2017	5	9	09:00	-6	2017	5	23	09:00	-3	2017	7	11	09:00	-7
2017	5	9	10:00	-4	2017	5	23	10:00	-3	2017	7	11	10:00	-7
2017	5	9	11:00	-3	2017	5	23	11:00	-3	2017	7	11	11:00	-6
2017	5	9	12:00	2	2017	5	23	12:00	-3	2017	7	11	12:00	-6
2017	5	9	13:00	3	2017	5	23	13:00	-3	2017	7	11	13:00	-5
2017	5	9	14:00	6	2017	5	23	14:00	-3	2017	7	11	14:00	-4
2017	5	9	15:00	8	2017	5	23	15:00	-3	2017	7	11	15:00	-3
2017	5	9	16:00	11	2017	5	23	16:00	-3	2017	7	11	16:00	-1
2017	5	9	17:00	13	2017	5	23	17:00	-3	2017	7	11	17:00	0
Ano	Mês	Dia	Hora	Nível Meteorológico	Ano	Mês	Dia	Hora	Nível Meteorológico	Ano	Mês	Dia	Hora	Nível Meteorológico
2017	8	4	06:00	27	2017	9	6	06:00	17	2017	9	24	06:00	2
2017	8	4	07:00	26	2017	9	6	07:00	17	2017	9	24	07:00	2
2017	8	4	08:00	25	2017	9	6	08:00	17	2017	9	24	08:00	1
2017	8	4	09:00	25	2017	9	6	09:00	17	2017	9	24	09:00	1
2017	8	4	10:00	24	2017	9	6	10:00	17	2017	9	24	10:00	1
2017	8	4	11:00	23	2017	9	6	11:00	16	2017	9	24	11:00	0
2017	8	4	12:00	22	2017	9	6	12:00	16	2017	9	24	12:00	0
2017	8	4	13:00	21	2017	9	6	13:00	15	2017	9	24	13:00	0
2017	8	4	14:00	20	2017	9	6	14:00	15	2017	9	24	14:00	0
2017	8	4	15:00	19	2017	9	6	15:00	15	2017	9	24	15:00	-1
2017	8	4	16:00	17	2017	9	6	16:00	14	2017	9	24	16:00	-1
2017	8	4	17:00	16	2017	9	6	17:00	14	2017	9	24	17:00	-1

Ativa

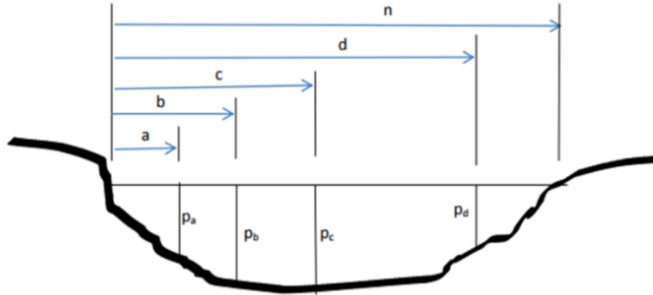
Fonte: Elaboradas pela autora (2020).

## Apêndice G - Memorial descritivo dos cálculos

Campanha 09/05/2017

### a) cálculo seção transversal

Método de Gauss



$$A = \frac{(a \cdot p_b + b \cdot p_c + c \cdot p_d) - (b \cdot p_a + c \cdot p_b + d \cdot p_c + n p_d)}{2}$$

$$= (B21 \cdot E22 + B22 \cdot E23 + B23 \cdot E24 + B24 \cdot E25 + B25 \cdot E26 + B26 \cdot E27 + B27 \cdot E28 + B28 \cdot E29 + B29 \cdot E30 + B30) - (B22 \cdot E21 + B23 \cdot E22 + B24 \cdot E23 + B25 \cdot E24 + B26 \cdot E25 + B27 \cdot E26 + B28 \cdot E27 + B29 \cdot E28 + B30 \cdot E29 + B31 \cdot E30) / 2$$

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Medida em 09/05 6:10										
	Base (cm)			Profund. (cm)		Cálculo Seção Transversal				
a	100		pa	1		69780	cm²			
b	200		pb	12		6.978	m²			
c	400		pc	41						
d	600		pd	53						
e	800		pe	63						
f	1000		pf	62						
g	1200		pg	61						
h	1400		ph	54						
f	1600		pi	22						
j	1800		pf	6						
l	1940		pg	47						

**b) cálculo do transporte líquido de materiais**

0 : X ✓ fx =H10\*D10

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
		Q=	velocidade x área da seção x	concentração material									
		mol/h	m/s	m <sup>2</sup>	μMol.L	e	mg.L	(nutrientes)	μg.L	(clorofila e feofitina)			
				m <sup>3</sup> /s									
				transformar para L/h	transformar para Mol/L	transformar para kg/L	transformar para kg/L						
				Média por hora em um ciclo de maré									
	Parâmetro	μMol.L	Mol.L	Velocidade m/s	Área m <sup>2</sup>	Vazão m <sup>3</sup> /s	Vazão L/h	Q (Fluxo) mol/h	Q (Fluxo) kg/h				
09/05/2017	NH <sub>4</sub>	108,9	0,0001089	0,08	7,98	0,64	2298240	250,3	3,5				
	NO <sub>2+3</sub>	3,3	0,0000033	0,08	7,98	0,64	2298240	7,6	0,1				
	NID	112,4	0,0001124	0,08	7,98	0,64	2298240	258,3	3,6				
	PID	6,0	0,000006	0,08	7,98	0,64	2298240	13,8	0,4				
	Cla			0,08	7,98	0,64	2298240		0,02				
	Fea			0,08	7,98	0,64	2298240		0,0				
	MPS			0,08	7,98	0,64	2298240		9,9				

**c) cálculo do TRIX**

1 : X ✓ fx =100-23,6

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
	Coleta	ad%OD	PID (mg.m-3)	NID (mg.m-3)	Cloro a	ad%OD log	PID log	NID log		Cloro log			Nível trófico
N1	1	76,4	190	1600	12,9	2	2	3		1	299610240	8	6,40
N1	2	59,9	170	1600	7,4	2	2	3		1	120566720	8	5,44
N1	3	84,1	170	1600	3,7	2	2	3		1	84638240	8	5,06
N1	4	87,7	180	1600	3,7	2	2	3		1	93453120	8	5,17
N1	5	87,5	210	1500	2,8	2	2	3		0	77175000	8	4,97
N1	6	65,7	180	1500	31,4	2	2	3		1	557004600	9	7,05
N1	7	61,5	210	1600	16,6	2	2	3		1	343022400	9	6,54
N1	8	69,4	210	1600	24,5	2	2	3		1	571300800	9	7,08
N1	9	47,7	220	1600	46,5	2	2	3		2	780753600	9	7,40
N1	10	10,9	80	1600	5,5	1	2	3		1	7673600	7	2,54
N1	11	34	100	1600	7,4	2	2	3		1	40256000	8	4,28
N1	12	57,3	210	1500	29,1	2	2	3		1	525240450	9	6,99

2 : X ✓ fx =LOG10(C2)

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
	Coleta	ad%OD	PID (mg.m-3)	NID (mg.m-3)	Cloro a	ad%OD log	PID log	NID log		Cloro log			Nível trófico
N1	1	76,4	190	1600	12,9	2	2	3		1	299610240	8	6,40
N1	2	59,9	170	1600	7,4	2	2	3		1	120566720	8	5,44
N1	3	84,1	170	1600	3,7	2	2	3		1	84638240	8	5,06
N1	4	87,7	180	1600	3,7	2	2	3		1	93453120	8	5,17
N1	5	87,5	210	1500	2,8	2	2	3		0	77175000	8	4,97
N1	6	65,7	180	1500	31,4	2	2	3		1	557004600	9	7,05
N1	7	61,5	210	1600	16,6	2	2	3		1	343022400	9	6,54
N1	8	69,4	210	1600	24,5	2	2	3		1	571300800	9	7,08
N1	9	47,7	220	1600	46,5	2	2	3		2	780753600	9	7,40
N1	10	10,9	80	1600	5,5	1	2	3		1	7673600	7	2,54
N1	11	34	100	1600	7,4	2	2	3		1	40256000	8	4,28
N1	12	57,3	210	1500	29,1	2	2	3		1	525240450	9	6,99

3 : X ✓ fx =C2\*D2\*E2\*F2

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
	Coleta	ad%OD	PID (mg.m-3)	NID (mg.m-3)	Cloro a	ad%OD log	PID log	NID log		Cloro log			Nível trófico
N1	1	76,4	190	1600	12,9	2	2	3		1	299610240	8	6,40
N1	2	59,9	170	1600	7,4	2	2	3		1	120566720	8	5,44
N1	3	84,1	170	1600	3,7	2	2	3		1	84638240	8	5,06
N1	4	87,7	180	1600	3,7	2	2	3		1	93453120	8	5,17
N1	5	87,5	210	1500	2,8	2	2	3		0	77175000	8	4,97
N1	6	65,7	180	1500	31,4	2	2	3		1	557004600	9	7,05
N1	7	61,5	210	1600	16,6	2	2	3		1	343022400	9	6,54
N1	8	69,4	210	1600	24,5	2	2	3		1	571300800	9	7,08
N1	9	47,7	220	1600	46,5	2	2	3		2	780753600	9	7,40
N1	10	10,9	80	1600	5,5	1	2	3		1	7673600	7	2,54
N1	11	34	100	1600	7,4	2	2	3		1	40256000	8	4,28
N1	12	57,3	210	1500	29,1	2	2	3		1	525240450	9	6,99

$=\text{LOG10}(L2)$

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
	Coleta	ad%OD	PID (mg.m-3)	NID (mg.m-3)	Clo a	ad%OD log	PID log	NID log			Clo ro log		Nível trófico
N1	1	76,4	190	1600	12,9	2	2	3		1	299610240	8	6,40
N1	2	59,9	170	1600	7,4	2	2	3		1	120566720	8	5,44
N1	3	84,1	170	1600	3,7	2	2	3		1	84638240	8	5,06
N1	4	87,7	180	1600	3,7	2	2	3		1	93453120	8	5,17
N1	5	87,5	210	1500	2,8	2	2	3		0	77175000	8	4,97
N1	6	65,7	180	1500	31,4	2	2	3		1	557004600	9	7,05
N1	7	61,5	210	1600	16,6	2	2	3		1	343022400	9	6,54
N1	8	69,4	210	1600	24,5	2	2	3		1	571300800	9	7,08
N1	9	47,7	220	1600	46,5	2	2	3		2	780753600	9	7,40
N1	10	10,9	80	1600	5,5	1	2	3		1	7673600	7	2,54
N1	11	34	100	1600	7,4	2	2	3		1	40256000	8	4,28
N1	12	57,3	210	1500	29,1	2	2	3		1	525240450	9	6,99

$=(M2-D\$81)/B\$82$

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
	Coleta	ad%OD	PID (mg.m-3)	NID (mg.m-3)	Clo a	ad%OD log	PID log	NID log			Clo ro log		Nível trófico
N1	1	76,4	190	1600	12,9	2	2	3		1	299610240	8	6,40
N1	2	59,9	170	1600	7,4	2	2	3		1	120566720	8	5,44
N1	3	84,1	170	1600	3,7	2	2	3		1	84638240	8	5,06
N1	4	87,7	180	1600	3,7	2	2	3		1	93453120	8	5,17
N1	5	87,5	210	1500	2,8	2	2	3		0	77175000	8	4,97
N1	6	65,7	180	1500	31,4	2	2	3		1	557004600	9	7,05
N1	7	61,5	210	1600	16,6	2	2	3		1	343022400	9	6,54
N1	8	69,4	210	1600	24,5	2	2	3		1	571300800	9	7,08
N1	9	47,7	220	1600	46,5	2	2	3		2	780753600	9	7,40
N1	10	10,9	80	1600	5,5	1	2	3		1	7673600	7	2,54
N1	11	34	100	1600	7,4	2	2	3		1	40256000	8	4,28
N1	12	57,3	210	1500	29,1	2	2	3		1	525240450	9	6,99

$=(C81-D81)*0,1$

A	B	C	D	E
	Média	Limite Máx	Limite Min	
ad%OD lo	2	2	1	
PID log	2	3	2	
NID log	3	3	3	
Clo ro log	1	2	0	
Soma		10	6	(k)
Range log	0,41			(m)