UNIVERSIDADE SANTA CECÍLIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SUSTENTABILIDADE DE ECOSSISTEMAS COSTEIROS E MARINHOS

MARCOS DE CAMARGO

INFLUÊNCIA DA PLUVIOSIDADE E DA POPULAÇÃO FLUTUANTE NA QUALIDADE DA ÁGUA DE UM RIO COSTEIRO (TEJEREBA) LOCALIZADO NO GUARUJÁ-SP

SANTOS/SP
2019

MARCOS DE CAMARGO

INFLUÊNCIA DA PLUVIOSIDADE E DA POPULAÇÃO FLUTUANTE NA QUALIDADE DA ÁGUA DE UM RIO COSTEIRO (TEJEREBA) LOCALIZADO NO GUARUJÁ-SP

Dissertação apresentada à Universidade Santa Cecília como parte dos requisitos para obtenção do título de mestre no Programa de Pós-Graduação em Ecossistemas Costeiros e Marinhos sob orientação da Prof. Dra. Helen Sadauskas Henrique.

SANTOS/SP

2019

Autorizo a reprodução parcial ou total deste trabalho, por qualquer que seja o processo, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos.

628.21 Camargo, Marcos de. C179i Influência da pluviosidade e da população flutuante na qualidade da água de um rio costeiro (Tejereba) localizado no Guarujá-SP./ Marcos de Camargo. 2018. 63f.

Orientadora: Prof. Dra. Helen Sadauskas-Henrique.

Dissertação (Mestrado)--Universidade Santa Cecília, Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Santos, SP, 2018.

1. Efluentes domésticos. 2. qualidade da água. 3. Parâmetros físico-químicos.

I. Sadauskas-Henrique, Helen, orient. II. Influência da pluviosidade e da população flutuante na qualidade da água de um rio costeiro (Tejereba) localizado no Guarujá-SP.

Elaborada pelo SIBi – Sistema Integrado de Bibliotecas - Unisanta

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho a minha família pelo apoio, incentivo e compreensão já que por muitas vezes abdiquei do convívio familiar e mesmo assim tive apoio incondicional.

AGRADECIMENTOS

Agradeço especialmente a minha orientadora, Prof. Dra. Helen Sadauskas Henrique, pela confiança, dedicação e paciência, sempre presente e participativa com importantes contribuições no progresso desta pesquisa científica e todos os professores e coordenadores do curso bem como as equipes de laboratórios.

Agradeço a Deus por me dar força e sabedoria para enfrentar os desafios em minha vida.

A minha família, em especial a minha filha Julia Souza Gil de Camargo, minha sobrinha Marina Camargo e meu irmão Milton de Camargo.

Aos colegas do Programa de Mestrado Henrique Rocha de Souza e Maria das Graças Freitas dos Santos que tanto me apoiaram nesta jornada.

Aos que de alguma forma, mas não citados, tornaram possível esse trabalho.

RESUMO

A contaminação dos ambientes aquáticos é um dos principais problemas mundiais das últimas décadas. Além do problema da crescente urbanização e industrialização não planejada, alguns centros urbanos sofrem ainda com a presença de uma população flutuante. Esse aumento populacional pode levar a maior consumo dos recursos naturais, como a água, e aumento da carga de efluentes domésticos, muitas vezes, sobrecarregando os sistemas de tratamento de esgotos presente nessas cidades, levando a prejuízos na qualidade da água na qual recebem esses efluentes. Além disso, a qualidade das águas pode também ser influenciada pelos períodos com maior ou menor índices pluviométricos, uma vez que pode acontecer a diluição desses efluentes pela água da chuva. O presente estudo buscou avaliar a qualidade da água do rio Tejereba (Guarujá-SP), no qual deságua em uma praia muito apreciada por turistas, durante os períodos de alta (janeiro) e baixa (março e maio) pluviosidade e temporada de turistas no ano de 2018. Foi observado uma diminuição na qualidade da água nos meses de menor pluviosidade e baixa temporada (maio). A análise integrada dos dados (PCA) demonstrou correlações positivas entre os parâmetros físico-químicos e o mês de maio, no qual foram negativamente correlacionados com a pluviosidade e a porcentagem de turistas. Apesar de uma piora na qualidade da água no mês de maio, nenhum dos meses estudados apresentou toxidade para *Daphnia similis*. Nossos dados demonstram que a qualidade da água (parâmetros físico-químicos e microbiológicos) está muito mais relacionada com pluviosidade do que com a presença de turistas na cidade do Guarujá, nos meses estudados.

Palavras-Chave: Efluentes Domésticos. Qualidade da Água. Parâmetros Físico-Químicos.

ABSTRACT

The contamination of waterbodies is of world wild concern due increases in urbanization and industrialization of the cities without good management of the effluents. Touristic cities can suffer with increases in their population due high seasons periods, which can lead to increased use of natural resources and effluents discharges. Moreover, high and low raining seasons can also play an important role in waterbodies contaminations, once a dilution or concentrations of contaminants can take place. The aim of the present work was to evaluate the water quality of the Tejereba river (Guarujá-SP), with flows into a touristic beach, during the high (January) and low (May and March) raining periods and touristic season in 2018. Decreases in water quality was observed in the months with low pluviosity and low touristic season (May). The integrated data analysis (PCA) showed positive correlations between the physical and chemical parameters and the month with low pluviosity and low touristic season (May), which were negatively correlated with the pluviosity and the presence of tourists (%). Despite the decreases in the water quality in the collection of May, no toxicity to *Daphnia similis* observed. Our work showed that the water quality (physical chemical and microbiological parameters) is more related to the raining seasons than the presence of tourists in the Guarujá city in the studied months.

Keywords: Domestic Effluents. Water Quality. Physical-Chemical Parameters.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa demonstrando os pontos (P) de coleta no Rio Tejereba (Guarujá - São Paulo).....04

Figura 2: Placa de Pet ri contendo o meio de cultura Agar Biochrome coliforme, destacando colônia de *E Coli* e outros coliformes.....08

Figura 3: Exemplar de *Daphnia similis*.....09

Figura 4: População flutuante (%) e valores de pluviosidade (mm) na primeira (janeiro), segunda (março) e terceira (maio) coletas realizadas no município de Guarujá-SP no ano de 2018.....10

Figura 5: pH (média ± sem) das águas coletadas no Rio Tejereba no Guarujá - São Paulo nos diferentes pontos (P) das águas coletas no Rio Tejereba no Guarujá - São Paulo nos diferentes pontos (P) nos diferentes meses de coleta (A) e média dos valores de pH dos pontos por mês de coleta (B). Linha tracejada indica valores limite do CONAMA 357/05 para águas classe.....12

Figura 6: Turbidez (média ± sem) das águas coletadas no Rio Tejereba no Guarujá - São Paulo nos diferentes pontos (P) das águas coletas no Rio Tejereba no Guarujá - São Paulo nos diferentes pontos (P) nos diferentes meses de coleta (A) e média dos valores dos pontos por mês de coleta (B). Linha tracejada indica valores limite do CONAMA 357/05 para águas classe 2.....14

Figura 7: Concentração de Nitrogênio Amoniacal (média ± sem) das águas coletadas no Rio Tejereba no Guarujá - São Paulo nos diferentes pontos (P) nos diferentes meses de coleta (A) e média dos valores dos pontos por mês de coleta (B). Linha tracejada indica valores limite do CONAMA 357/05 para águas classe 2. Letras diferentes indicam diferença estatística entre as coletas.....16

Figura 8: Concentração de Nitrito (média ± sem) das águas coletadas no Rio Tejereba no Guarujá - São Paulo nos diferentes pontos (P) nos diferentes meses de coleta (A) e média dos valores dos pontos por mês de coleta (B). Linha tracejada indica valores limite do CONAMA 357/05 para águas classe 2. Letras diferentes indicam diferença estatística entre as coletas.....18

Figura 9: Concentração de Nitrato (média ± sem) das águas coletadas no Rio Tejereba no Guarujá - São Paulo nos diferentes pontos (P) nos diferentes meses de coleta (A) e média dos valores dos pontos por mês de coleta (B). Linha tracejada indica valores limite do CONAMA 357/05 para águas classe 2. Letras diferentes indicam diferença estatística entre as coletas.....20

Figura 10: Concentração de Fosfato (média ± sem) das águas coletadas no Rio Tejereba no Guarujá - São Paulo nos diferentes pontos (P) nos diferentes meses de coleta (A) e média dos valores dos pontos por mês de coleta (B). Linha tracejada indica valores limite do CONAMA 357/05 para águas classe 2. Letras diferentes indicam diferença estatística entre as coletas.....22

Figura 11:Média ± SEM de E. coli(A) e coliformes totais (B) na água do rio Tejereba (Guarujá-SP) coletadas ao longo de 3 períodos: Primeira (janeiro); Segunda (março) e Terceira (maio) coletas, no ano de 2018. Letras diferentes indicam diferença estatística entre as coletas.....24

Figura 12: Valores dos loadings para cada variáveis estudadas após análise de PCA.....25

Figura 13: Gráfico gerado através da análise de PCA, demonstrando os componentes 1 (37,1%) e 2 (15,4%) e as distribuição dos pontos e das varáveis estudadas.....26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Coordenadas dos pontos amostrais selecionados no Rio Tejereba (Guarujá - SP) e suas principais características.....05

Tabela 2: Resultados de caracterização microbiológica (*E coli* e coliformes totais) da água do Rio Tejereba (Guarujá - São Paulo) coletadas ao longo de 3 períodos: primeira (janeiro), segunda (março) e terceira (maio) coletas, no ano de 2018.....23

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

%	**Porcentagem**
ABES	**Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental**
ABNT	**Associação Brasileira de Normas Técnicas**
ANOVA	**Análise de Variância**
CETESB	**Companhia Ambiental do Estado de São Paulo**
CONAMA	**Conselho Nacional do Meio Ambiente**
DE	**Diluição empregada**
IBGE	**Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**
km	**Quilômetros**
m	**Metros**
mg	**Miligrama**
mg/L	**Miligrama por litro**
ml	**Mililitro**
mm	**Milímetro**
NBR	**Norma Brasileira**
nm	**Nanômetro**
NTC	**Número total de colônias**
P	**Ponto**
PCA	**Principal Component Analysis**
pH	**Potencial Hidrogeniônico**
ppm	**Parte por Milhão**
SABESP	**Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo**
SP	**São Paulo**
UFC	**Unidade formadora de colônia**
UNISANTA	**Universidade Santa Cecília**
UNT	**Unidades Nefelométricas de Turbidez**
VFA	**Volume filtrado da amostra (ml)**
µm	**Micrometro**

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....01
2. MATERIAL E MÉTODOS.....03
2.1. ÁREA DE ESTUDO.....03
2.2. PERÍODOS DE COLETA E AMOSTRAGEM DA ÁGUA.....04
2.3. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA.....06
2.4. CARACTERIZAÇÃO TOXICOLÓGICA.....08
2.5. ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....09
3. RESULTADOS.....09
3.1.1. POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (PH).....09
3.1.2. TURBIDEZ.....13
3.1.3. NITROGÊNIO AMONIACAL.....14
3.1.4. NITRATO E NITRITO.....17
3.1.5. FOSFATO.....21
3.2. CARACTERIZAÇÃO MICROBIOLÓGICA.....23
3.3. CARACTERIZAÇÃO TOXICOLÓGICAS.....24
3.4. ANÁLISE INTEGRADA (PCA).....24
4. DISCUSSÃO.....27
5. CONCLUSÃO.....31
6. ARTIGO SUBMETIDO.....31
7. REFERÊNCIAS.....60

1. INTRODUÇÃO

A contaminação dos ambientes aquáticos é um dos principais problemas mundiais das últimas décadas. A água é um recurso finito, apesar de renovável, sendo a criação de políticas públicas para o uso consciente desse recurso a única forma de se garantir a manutenção desse bem fornecido pelo ecossistema. A água é o solvente universal, sendo dotada de grande estabilidade. Devido a essas propriedades, quase todos os elementos e compostos químicos lançados nos ecossistemas aquáticos, por processos naturais ou por ação do homem, acabam sendo incorporados à água, passando a fazer parte da biota aquática. Muitos dos compostos lançados no ambiente podem ser danosos para o consumo humano, além de estarem associados a problemas de saúde pública, degradação visual e perda de funcionalidade desse ambiente. A crescente urbanização e industrialização não planejada dos grandes centros é um dos exemplos que leva a essa degradação dos corpos de água.

Além do problema da crescente urbanização e industrialização não planejadas, alguns centros urbanos sofrem ainda com a presença de uma população flutuante. Esse aumento populacional pode levar a um maior consumo dos recursos naturais, como a água, e aumento da carga de efluentes domésticos, muitas vezes, sobrecarregando os sistemas de tratamento de esgotos presente nessas cidades, levando a prejuízos na qualidade da água na qual recebem esses efluentes. Esse contingente é significativo, principalmente nos meses de férias de verão e nos finais de semana e pode influenciar diretamente na qualidade das águas da região. Nota-se, que para alguns municípios, a população flutuante, conjunto de indivíduos presentes no Território na data de referência, por um período de curta duração, por motivos recreativos, de turismo, visita a familiares ou de negócios, é maior do que a fixa, ou seja, em períodos de férias e feriados prolongados, a população desses municípios pode ser mais do que o dobro, possibilitando problemas na infraestrutura local de abastecimento de água e saneamento básico, que não foram dimensionados para esta população(ABES-SP, 2014). Além disso, a qualidade das águas também pode ser influenciada pelos períodos com maior ou menor índices pluviométricos, uma vez que pode acontecer a diluição dos efluentes domésticos pela água da chuva (COELHO, 2013).

Estudos imunológicos são importantes no sentido de melhor compreender os ambientes aquáticos e para o melhor planejamento de seu uso, uma vez que os ambientes aquáticos possuem grande importância ecológica, econômica e social. Ambientes aquáticos contaminados por efluentes domésticos *in natura* podem sofrer com aumento da presença de compostos orgânicos como nitratos, nitritos, fosfato, sulfato e amônia provindos de produtos de higiene pessoal e também de uso domésticos, como detergentes(MAROTTA ET AL., 2008).A presença desses compostos no ambiente aquático pode causar eutrofização dos corpos d'água, o que gera uma diminuição da concentração de oxigênio dissolvido, e consequente perda de funcionalidade desse corpo d'água. Além disso, efluentes domésticos *in natura* podem trazer grandes prejuízos à saúde humana quando se trata da presença de bactérias patogênicas(RIBEIRO; ROOCKE, 2010).No Brasil, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), tem como principal instrumento a elaboração de resoluções estabelecendo normas, critérios e padrões relativos ao controle e à manutenção da qualidade do meio ambiente. Com relação ao controle da poluição hídrica o CONAMA estabeleceu em 2005 a Resolução 357 que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e as diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e os padrões de lançamento de efluentes.

Nesse sentido, a cidade do Guarujá, localizada na Baixada Santista (São Paulo, Brasil), possui uma população de cerca de 318 mil habitantes (IBGE, 2018), podendo chegar a 2,5 milhões de habitantes nos períodos de alta temporada (meses dezembro a março) (Prefeitura, 2016). A cidade possui um sistema de tratamento de esgoto que conta com 325 km de redes coletoras, direcionando o efluente coletado para 24 estações elevatórias, onde o mesmo é concentrado e tratado na estação de tratamento e liberado no mar através de emissário (CETESB, 2017).No entanto, a estação de tratamento do Guarujá tem a capacidade de tratar uma vazão de 1,5 m^3/s de efluente, sendo que isso atende somente 78% dos domicílios. Os 22% restantes do total de esgoto produzido são despejados *in natura* em córregos e nascentes (ROVERI, 2013). Esse déficit pode estar relacionado com a presença de ocupações irregulares, e com o aumento da população flutuante durante os períodos de alta temporada, gerando problemas de saúde pública, degradação visual e perda de funcionalidade desses ambientes.

Levando em consideração o que foi apresentado, o objetivo do presente estudo foi avaliar a qualidade da água de um rio (Rio Tejereba), localizado próximo a áreas de ocupações irregulares, na cidade do Guarujá (São Paulo, Brasil), em 3 diferentes momentos de pluviosidade e temporada de turistas na região (janeiro, março e maio de 2018), através das análises físico-químicas, microbiológicas e toxicológicas da água.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. ÁREA DE ESTUDO

O rio Tejereba (23º59'01.49"S46º14'54.65"W) (Figura 1), localiza-se em um local de ampla ocupação imobiliária ilegal na cidade do Guarujá (São Paulo, Brasil), com cerca de 26 mil habitantes(IBGE, 2018), cujos assentamentos clandestinos podem trazer o agravamento do saneamento ambiental do município, acarretando em uma piora da saúde pública principalmente pela queda das condições de balneabilidade das praias, que implicam em resultados negativos também ao turismo e à economia (SOUZA; SILVA, 2015).

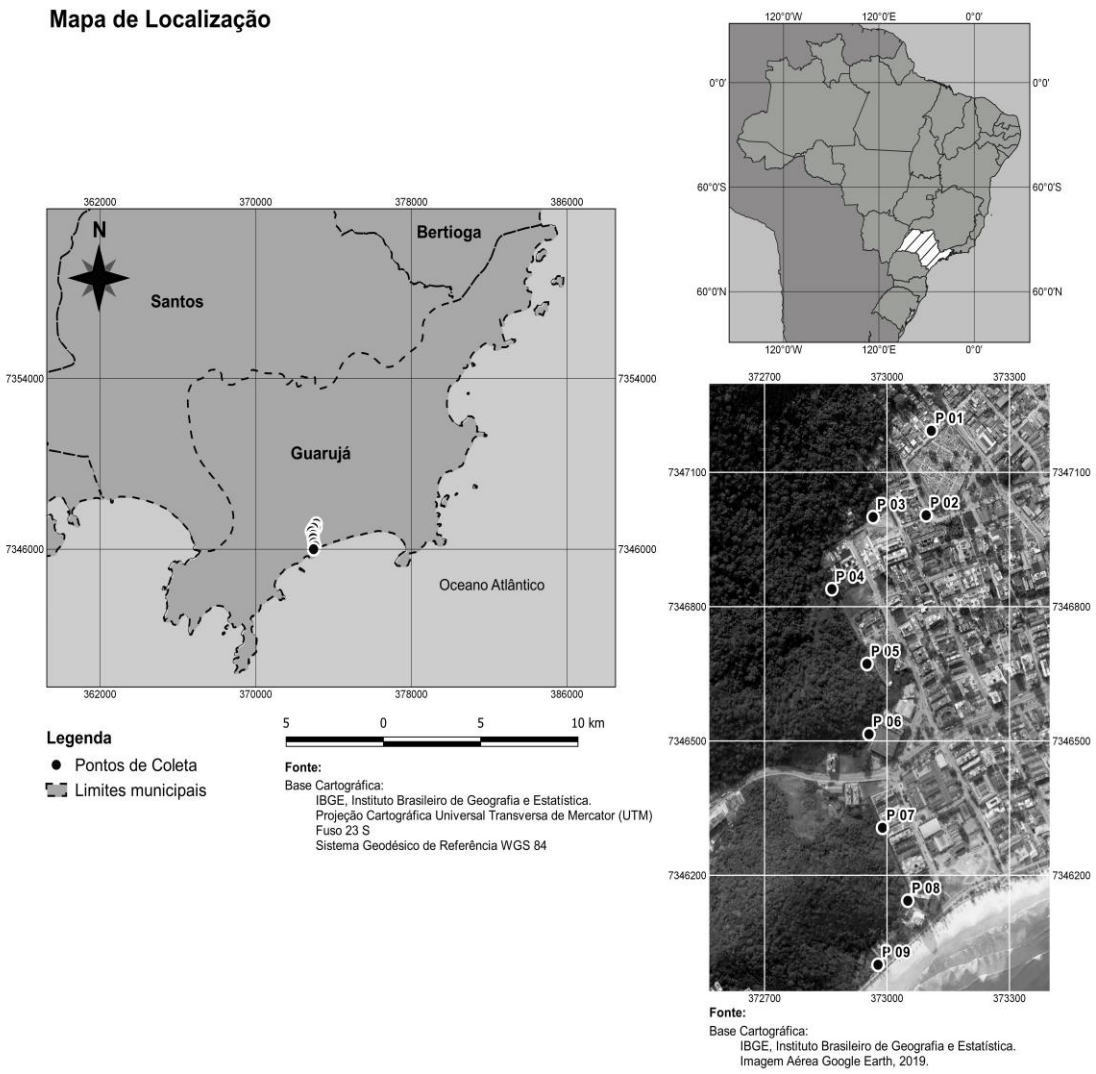


Figura 1. Mapa demonstrando os pontos (P) de coleta no rio Tejereba (Guarujá, São Paulo).

2.2 PERÍODOS DE COLETA E AMOSTRAGEM DA ÁGUA

As coletas das amostras de água ocorreram bimestralmente no período, sendo as coletas realizados nos meses janeiro (Primeira coleta), março (Segunda coleta) e maio (Terceira coleta) de 2018. Esses períodos compreendem os períodos e alta temporada (janeiro e março) e baixa temporada (maio), sendo maior precipitação encontrada nos meses de janeiro e março. O rio estudado tem uma extensão de 1,86 km e as coletas foram realizadas aproximadamente a cada 200 metros, totalizando uma quantidade de 9 pontos, conforme (Figura 1). A tabela I indica o nome dos pontos, suas respectivas coordenadas e o que as principais características de seu entorno.

Tabela 1: Coordenadas dos pontos amostrais selecionados no rio Tejereba (Guarujá-SP) e suas principais características.

Pontos	Coordenadas	Principais características
P1	23º58'55.04"S46º14'48.07"W	Ponto ao céu aberto, vegetação original degradada, presença de assentamentos clandestinos, água com coloração escura e com presença de espuma, odor forte característico de esgoto doméstico
P2	23º59'01.35"S46º14'51.29"W	Ponto ao céu aberto, vegetação original degradada, água com coloração escura e com presença de espuma, odor forte característico de esgoto doméstico. Localizado ao lado de um cemitério.
P3	23º59'01.49"S46º14'54.65"W	Ponto ao céu aberto, vegetação original degradada, água com coloração clara, odor forte característico de esgoto doméstico. Nenhuma ocupação urbana em seu entorno.
P4	23º59'07.67"S46º14'57.80"W	Ponto ao céu aberto, vegetação original degradada, água com coloração escura, odor forte característico de esgoto doméstico. Presença de ocupação urbana (prédios e casas) em seu entorno.
P5	23º59'11.10"S46º14'55.48"W	Ponto ao céu aberto, vegetação original degradada, água com coloração clara, odor forte característico de esgoto doméstico.
P6	23º59'14.67"S46º14'53.81"W	Ponto ao céu aberto, vegetação original degradada, água com

		coloração clara, odor forte característico de esgoto doméstico.
P7	23º59'22.62"S46º14'51.17"W	Localizado no morro Tejereba. Vegetação mais preservada. água com coloração clara, odor forte característico de esgoto doméstico.
P8	23º59'28.29"S46º14'50.78"W	Localizado no morro Tejereba. Vegetação mais preservada. água com coloração clara, odor forte característico de esgoto doméstico.
P9	23º59'31.16"S46º14'51.29"W	Localizado na praia da Enseada. Água com coloração escura e com presença de espuma. Odor forte característico de esgoto doméstico.

As amostras de água foram coletadas em triplicata utilizando um recipiente coletor amarrado em um barbante para possibilitar o alcance de locais com maior profundidade. Após a coleta, as amostras foram armazenadas em frascos âmbar e transportadas em um isopor com gelo até o Laboratório de Ecotoxicologia da Universidade Santa Cecília (UNISANTA, Santos-SP) onde foram analisadas.

Para avaliar a qualidade da água dos diferentes pontos nas três coletas, os parâmetros físico-químicos e microbiológicos foram comparados com os limites estabelecidos para água doce, uma vez que as águas coletadas se caracterizaram como tanto (salinidade de 0%), de acordo com a resolução CONAMA nº 357/2005.

2.3 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA

Foram realizadas as análises da salinidade (ppm), utilizando um refratômetro portátil (Shibuya145); do pH, utilizando de um pHmetro (MicronalB474) e a turbidez, utilizando um turbidímetro (PolicontrolAP2000).

Nitritos e Nitratos foram determinados pelo método do N(1-naftil) - etilenodiamina*(NTD), adaptado do *standard Methods* 21a ed4500b, 4-118(2005). As determinações foram realizadas efetuando-se a leitura em

espectrofotômetro (CELME-225-D) em comprimento de onda de 535 nm (ROVERI, 2013).

A concentração de amônia foi determinada como nitrogênio amoniacal pela metodologia volumétrica 4500-D com destilação preliminar como descrita no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1999). Primeiramente, 500 ml da amostra foram tamponados em pH 9,5 com 25 ml de tampão de borato. Em seguida, a amostra foi destilada e o nitrogênio amoniacal foi coletado em 50 ml de uma solução absorvente de ácido bórico. Esse destilado é titulado com o uso de um indicador colorido.

A determinação de fosfato foi realizada pelo método Azul de molibdênio. As determinações foram realizadas efetuando-se a leitura em espectrofotômetro (CELM E-225-D) em comprimento de onda de 650 nm. Os resultados dos teores de fosfato das amostras foram calculados por meio de curva padrão de fosfato (Alfakit), com concentrações que variaram de 0,3125 a 10 mg. L-1

Para a determinação de *Escherichia coli* e outros coliformes nas amostras, o método adotado foi da técnica da filtração em membranas (modificado de CETESB, 2004 e APHA, 2012). Para tanto, as amostras coletadas foram homogeneizadas manualmente, e diluídas 100000 x, em uma solução. Após a diluição, as amostras foram filtradas (10 ml) através de uma membrana quadriculada estéril (0,45 µm, Millipore), sendo as mesmas dispostas em placas de Petri contendo o meio de cultura Ágar Biochrome Coliformes (Biolog). O meio de cultura utilizado no ensaio trata-se de um meio cromogênico que permite uma rápida identificação e enumeração simultânea de *E. coli* e outros coliformes, onde a diferenciação é realizada a partir da coloração das colônias (MANAFI, 1996; APHA, 2012). Após as filtrações, as placas contendo o meio de cultura e a membrana foram colocadas em posição invertida em bandejas e incubadas a 35 ± 0,5ºC, durante 22-24 horas. Após o tempo de incubação, efetuou-se a contagem das colônias típicas de coliformes totais e *E. coli* (Figura 2). Os resultados foram expressos como Unidade Formadoras de Colônias (UFC)/100mL, de acordo com a equação (1):

$$\text{UFC/100ml} = \frac{\text{NTC x DE x 100}}{\text{VFA}}$$

Sendo:

UFC: unidade formadora de colônia;

NTC: número total de colônias;

DE: diluição empregada;

VFA: volume filtrado da amostra (ml).

Figura 2. Placa de Petri contendo o meio de cultura Ágar Biochrome Coliformes, destacando colônias de *E. coli* e os outros coliformes.

2.4 CARACTERIZAÇÃO TOXICOLÓGICA

Para as3 coletas realizadas, foram realizados testes toxicológicos utilizando a *Daphnia similis* como organismos modelo (Figura 3). Os testes de toxicidade são padronizados pela ABNT e CETESB, e consiste na exposição de indivíduos jovens de *Daphnia similis* a várias concentrações do agente tóxico, nas condições prescritas na norma (NBR12713). No presente estudo foram utilizados 4 indivíduos neonatais de *Daphnia similis* para cada ponto de coleta. Os testes foram realizados com a água *in natura*, sem diluições prévias. O lote não apresenta toxicidade se a taxa de imobilidade e/ou mortalidade não for superior a 10%, durante um período de 48 horas de exposição.

Figura 3. Exemplar de *Daphnia similis.*
Fonte: Google, 2018.

2.5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os resultados foram expressos como média ± desvio padrão para cada ponto analisado por coleta (N = 3). Diferença estatística (p> 0,05) entre as médias dos valores das variáveis físico-químicas da água por período de coleta (N = 9) foi determinada através de análise de variância (ANOVA), seguido pelo teste *a posteriori* de Tukey, e no caso de falhas na normalidade, do teste de Kruskal-Wallis. As análises estatísticas foram realizadas com o uso do software SigmaStat e os gráficos no programa SigmaPlot. Análise dos componentes principais foi realizada para se verificar relações entre as variáveis físico-químicas e microbiológicas da água com a população flutuante e o índice pluviométrico dos meses de coleta. Para tanto foi utilizado o programa PAST versão 2.17.

3. RESULTADOS

A primeira coleta foi realizada no dia 18 de janeiro, período de alta pluviosidade e de alta temporada no município, a média de precipitação para esse período foi de 229mm (ACCUWEATHER, 2018) e a população flutuante foi de 25,6% (Plano Diretor do Guarujá, 2018). A segunda coleta foi realizada no dia 23 de março, período de alta pluviosidade e de baixa temporada, a média de precipitação para esse período foi de 129mm (ACCUWEATHER, 2018) e a população flutuante foi de 4,8% (PLANO DIRETOR DO GUARUJÁ, 2018). A

terceira coleta foi realizada no dia 10 de maio, período de baixa pluviosidade e baixa temporada, a média de precipitação para esse período foi de 10mm (ACCUWEATHER, 2018) e a população flutuante foi de 4,4% (PLANO DIRETOR DO GUARUJÁ, 2018), como pode ser observado na figura 4.

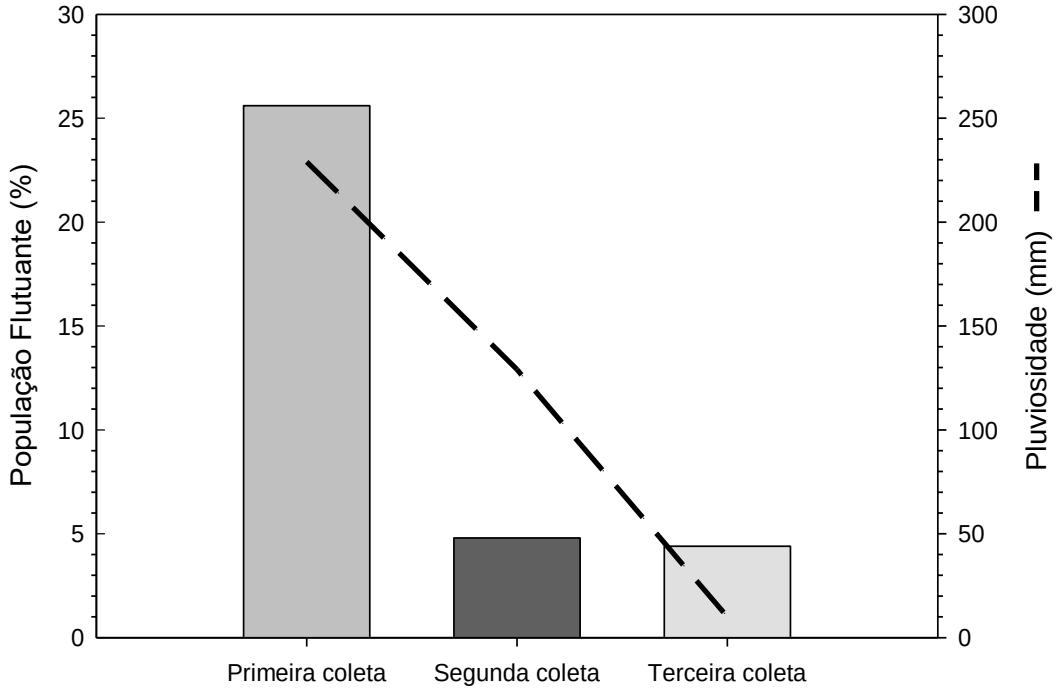


Figura 4:População flutuante (%) e valores de pluviosidade (mm) nas primeira (janeiro), segunda (março) e terceira (maio) coletas realizadas no Município do Guarujá-SP no ano de 2018.

3.1.1PONTECIAL HIDROGENIÔNICO (PH)

No presente estudo, os valore de pH variaram entre 6,90 e 8,03, não apresentando grandes oscilações, tendo um pequeno aumento no ponto 06 durante a segunda coleta, no mês de janeiro, em relação as outras coletas, e esteve menor no ponto 07 na primeira coleta realizada. A Resolução CONAMA nº 357/2005 estabelece que o pH deva variar entre 6,0 e 9,0 em corpos classificados como águas doces (classe 2), desta forma, todas as amostras estiveram dentro dos limites preconizados por esta norma (Figura5A). Quando analisado a média dos valores de pH dos pontos por mês de coleta não foi observada diferença significativa (Figura 5B).

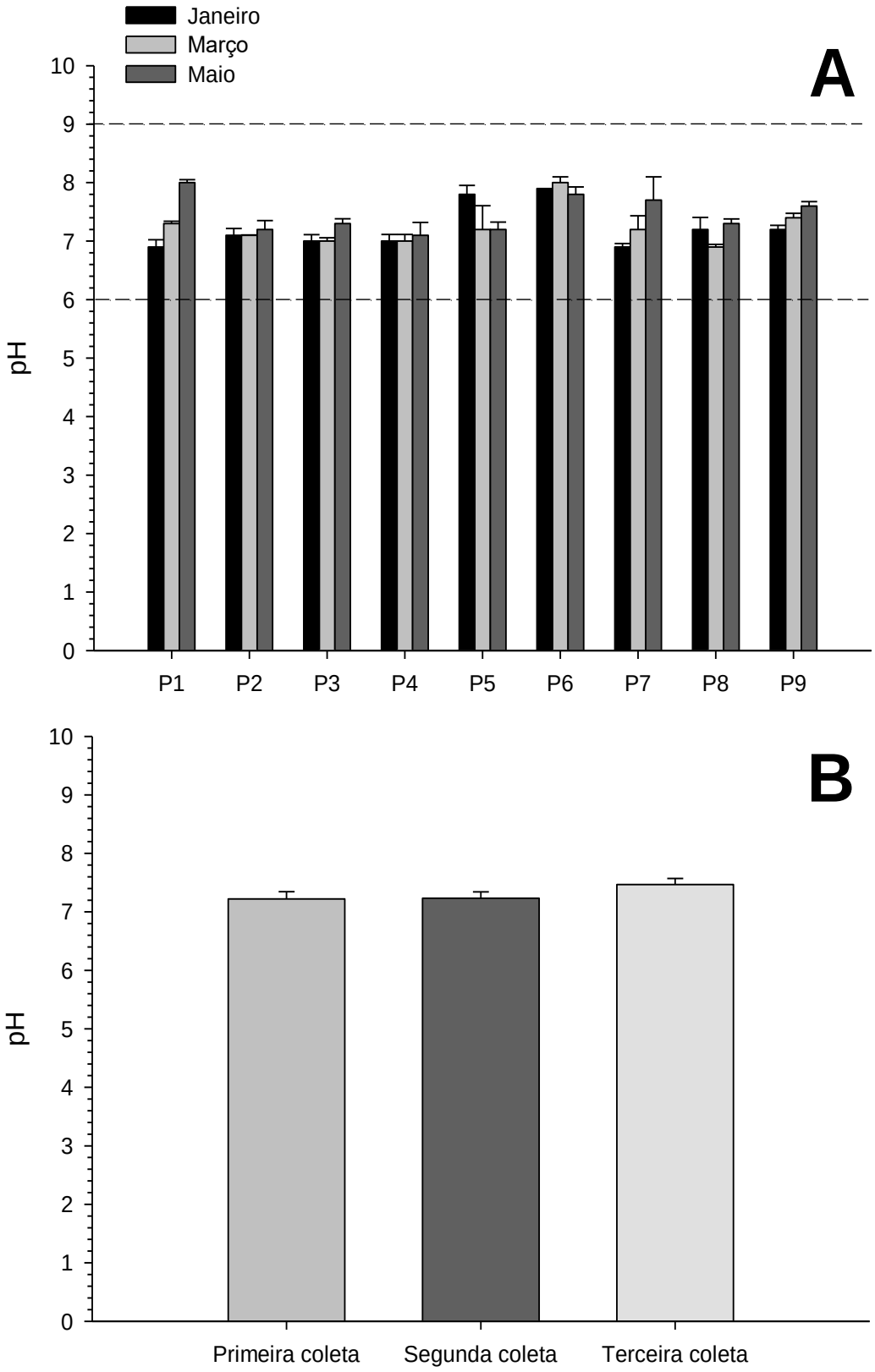


Figura 5. pH (média ± SEM) das águas coletadas no Rio Tejereba no Guarujá-SP nos diferentes pontos (P) nos diferentes meses de coleta (A) e média dos valores de pH dos pontos por mês de coleta (B). Linha tracejada indica valore limite do CONAMA 357/05 para águas classe 2.

3.1.2 TURBIDEZ

No presente estudo, a turbidez variou de 8,32 a 19,36 UNT, estando maior no ponto 01 da segunda coleta e menor no ponto 07 da primeira coleta, mantendo uma constância nos pontos 05, 06, 07 e 08 estando, portanto, dentro dos limites estabelecidos pela resolução do CONAMA nº 357/2005, na qual determina que o mesmo deve ser menor ou igual a 40 UNT (Figura 6A).Quando analisado a média dos valores de turbidez dos pontos por mês de coleta não foi observada diferença significativa (Figura 6B).

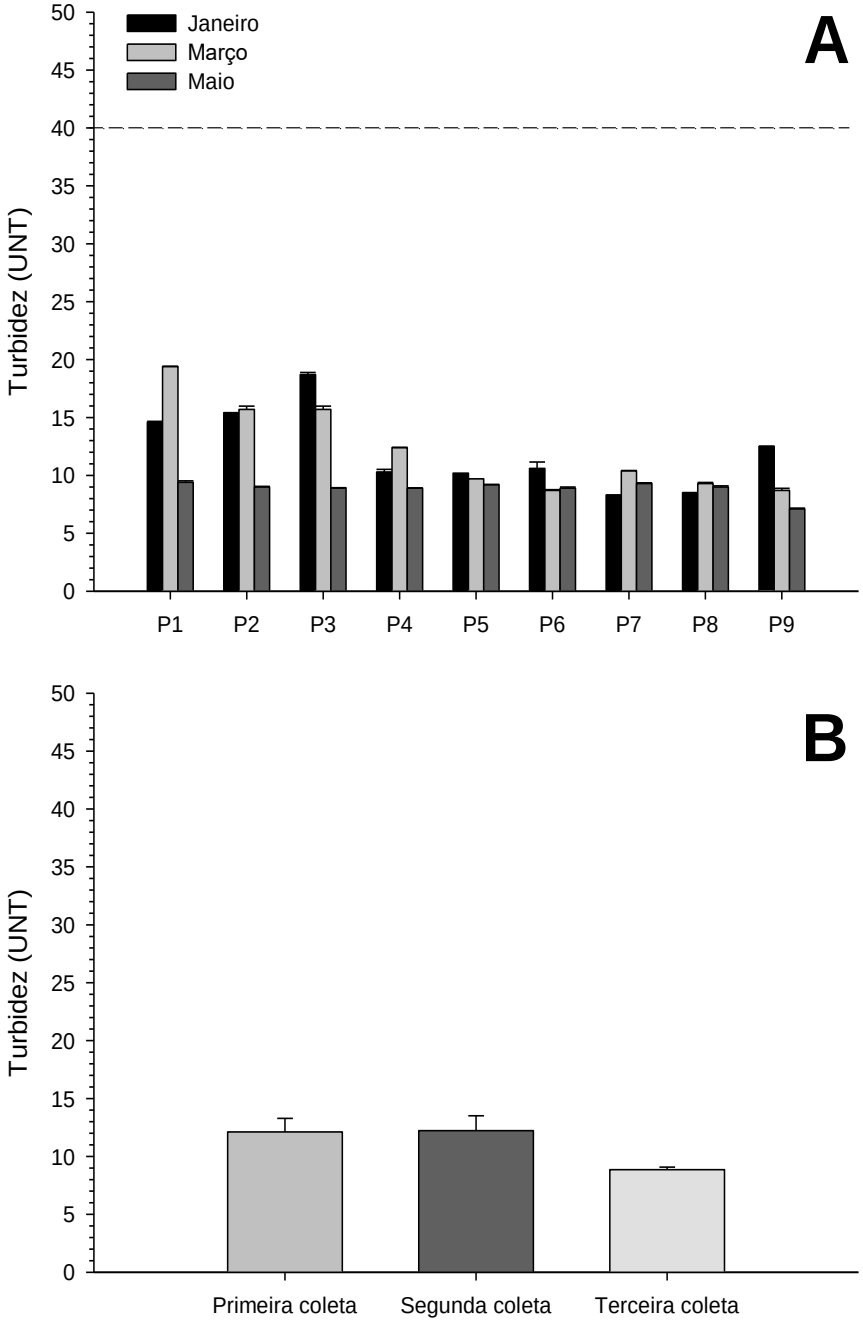


Figura 6:Turbidez (média ± SEM) das águas coletadas no Rio Tejereba no Guarujá-SP nos diferentes pontos (P) nos diferentes meses de coleta (A) e média dos valores dos pontos por mês de coleta (B). Linha tracejada indica valore limite do CONAMA 357/05 para águas classe 2.

3.1.3 NITROGÊNIO AMONIACAL

No presente estudo, o nitrogênio amoniacal variou de 0,36 a 1,93 sendo as maiores concentrações encontradas nos pontos 01 e 09, nas coletas de maio (Figura7A). A concentração de nitrogênio amoniacal, não ultrapassou os valores de 2 mg/L, permitidos pela resolução CONAMA nº 357/2005. Quando avaliada a

média do nitrogênio amoniacal por período de coleta, foi verificado aumento significativo ($p < 0,05$) na terceira coleta em relação à primeira e a segunda, assim como aumento significativo ($p < 0,05$) na primeira coleta em relação a segunda coleta (Figura 7B).

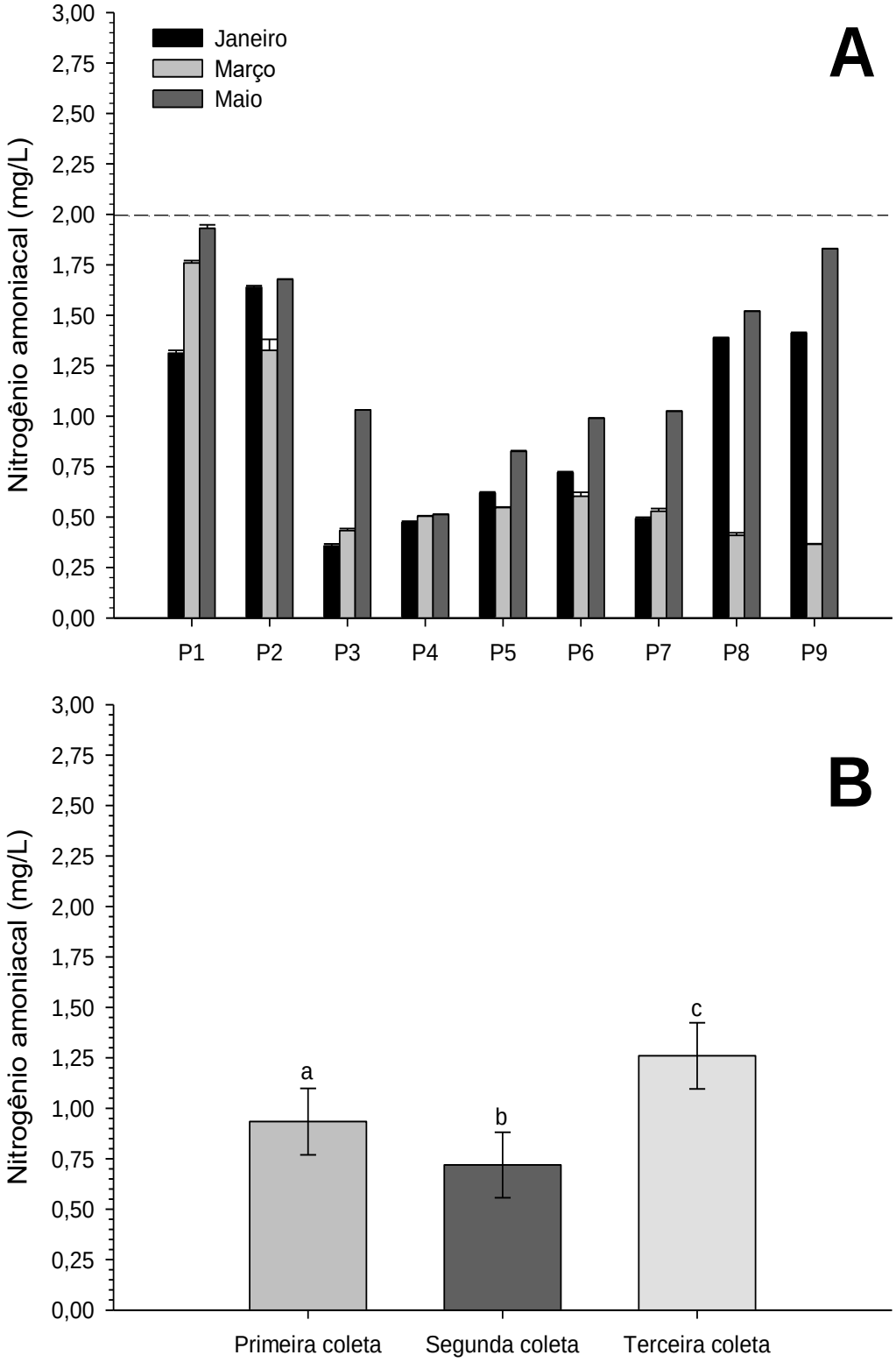


Figura 7. Concentração do nitrogênio amoniacal (média ± SEM) das águas coletadas no rio Tejereba no Guarujá-SP nos diferentes pontos (P) nos diferentes meses de coleta (A) e média dos valores dos pontos por mês de coleta (B). Linha tracejada indica valore limite do CONAMA 357/05 para águas classe 2. Letras diferentes indicam diferença estatística entre as coletas.

3.1.4 NITRITO e NITRATO

No presente estudo, verificou-se que o nitrito variou de 0,008 a 1,6 mg/L, estando dentro da faixa estabelecida pela resolução do CONAMA nº 357/2005de 2,5 mg/L (Figura 8A). Quando avaliamos os valores médios por coleta, verificamos que na Segunda (março) coleta o valor médio do nitrito foram maiores ($P < 0,05$) em relação apenas à terceira coleta (maio) (Figura 8B).

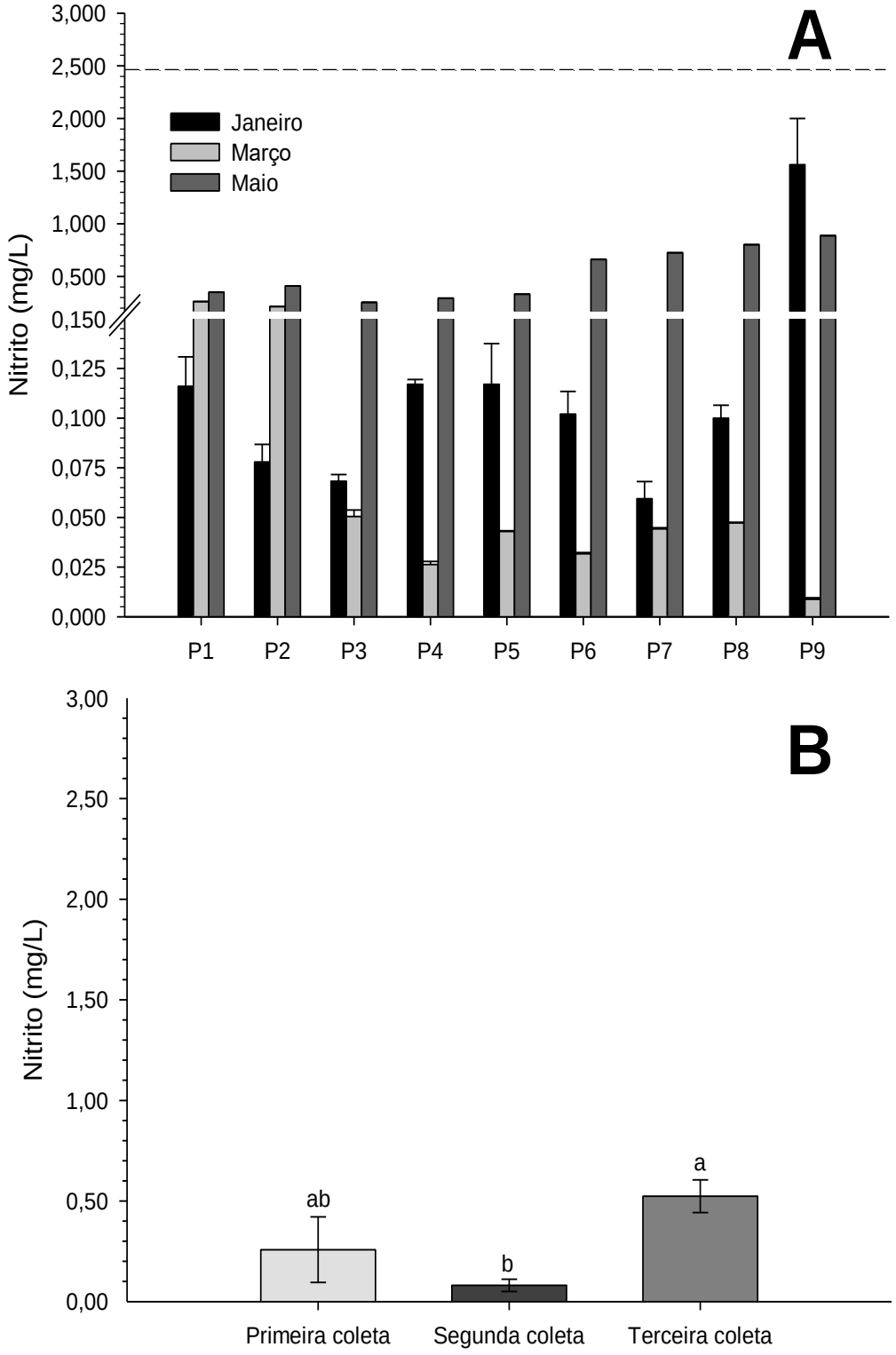


Figura 8: Concentração de nitrito (média ± SEM) das águas coletadas no rio Tejereba no Guarujá-SP nos diferentes pontos (P) nos diferentes meses de coleta (A) e média dos valores dos pontos por mês de coleta (B). Linha tracejada indica valore limite do CONAMA 357/05 para águas classe 2. Letras diferentes indicam diferença estatística entre as coletas.

Já o nitrato variou de 0,09 a 8,35 mg/L (Figura 9B), muito abaixo de 10 mg/L, valor estabelecido pela resolução do CONAMA nº 357/2005(Figura 9A).Quando avaliamos os valores médios por coleta, verificamos que na primeira (janeiro) coleta os valores médios do nitrato foram maiores ($p < 0,05$) em relação à segunda (março) e terceira (maio) coletas. No entanto, esses valores foram menores na segunda coleta (março) em relação à primeira (janeiro) e a terceira coletas (maio) (Figura 10B).

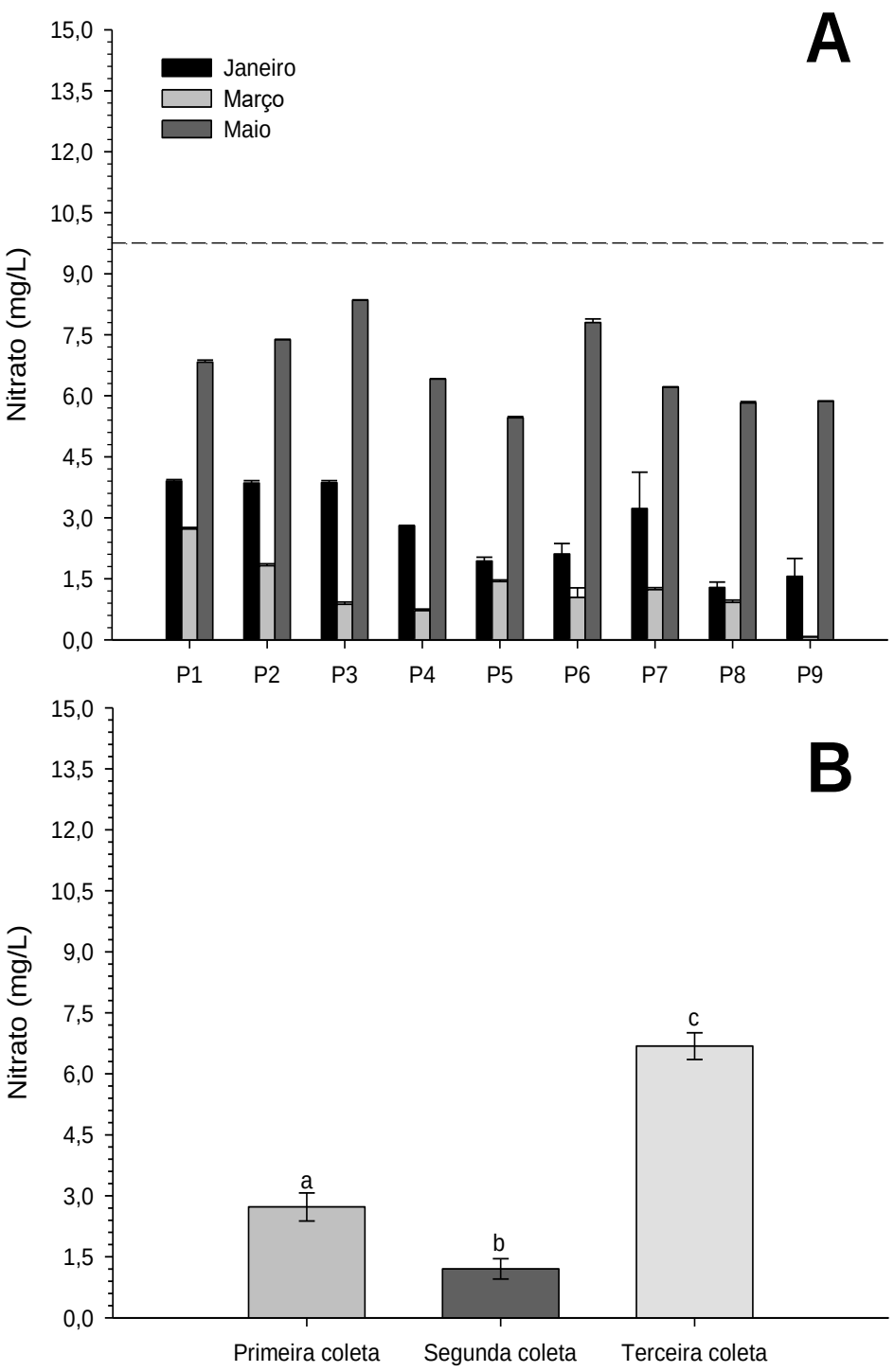


Figura 9: Concentração de nitrato (média ± SEM) das águas coletadas no rio Tejereba no Guarujá-SP nos diferentes pontos (P) nos diferentes meses de coleta (A) e média dos valores dos pontos por mês de coleta (B). Linha tracejada indica valore limite do CONAMA 357/05 para águas classe 2. Letras diferentes indicam diferença estatística entre as coletas.

3.1.5 FOSFATO

Os resultados de fosfato dissolvido demonstram valores acima dos padrões estabelecidos pela resolução do CONAMA nº 357/2005 (0,05 mg/L) nas três coletas realizadas. Verificou-se também a grande concentração nos pontos 05 e 06 no mês de janeiro, chegando a 10 vezes mais do que o padrão estabelecido pela norma nacional (Figura 10A). Quando avaliada a média do fosfato por período de coleta, não foi verificado alterações significativas ($p < 0,05$) entre as coletas (Figura 10B).

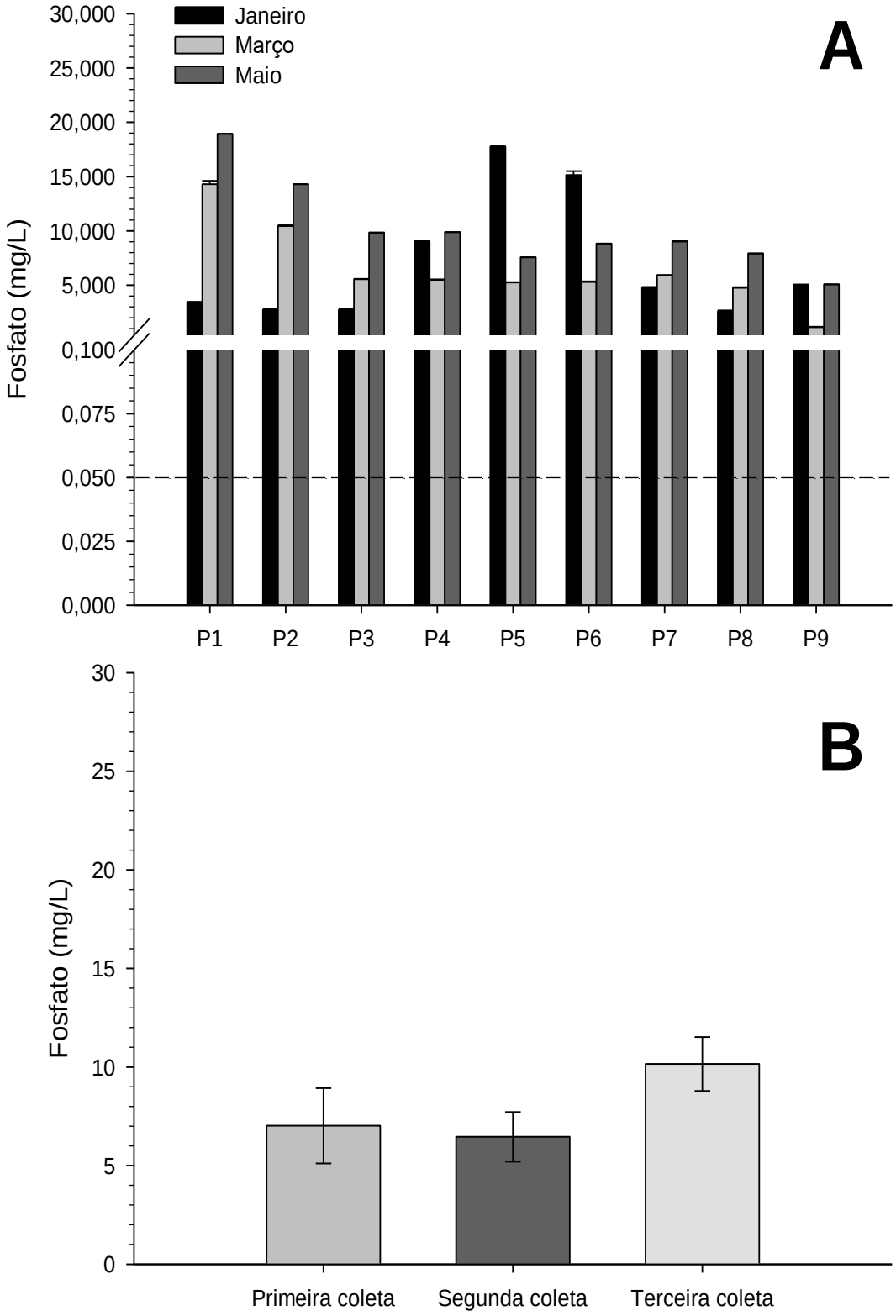


Figura 10: Concentração de fosfato (média ± SEM) das águas coletadas no rio Tejereba no Guarujá-SP nos diferentes pontos (P) nos diferentes meses de coleta (A) e média dos valores dos pontos por mês de coleta (B). Linha tracejada indica valore limite do CONAMA 357/05 para águas classe 2. Letras diferentes indicam diferença estatística entre as coletas.

3.2CARACTERIZAÇÃO MICROBIOLÓGICA

No presente estudo, foram detectados coliformes totais e *E. coli* em todas as amostras e meses de coletas, conforme tabela a seguir (Tabela 2).

Tabela 2: Resultados de caracterização microbiológica (E. coli e Coliformes totais) da água do rio Tejereba (Guarujá-SP) coletadas ao longo de 3 períodos: Primeira (janeiro); Segunda (março) e Terceira (maio) coletas, no ano de 2018.

PARÂMETRO CONAMA nº 357/2005: $0{,}2x10^4$ UFC/100ml

	Primeira coleta		**Segunda coleta**		**Terceira coleta**	
	***E. coli* (UFC/100mL)**	**Coliformes totais (UFC/100mL)**	***E. coli* (UFC/100mL)**	**Coliformes totais (UFC/100mL)**	***E. coli* (UFC/100mL)**	**Coliformes totais (UFC/100mL)**
Ponto 1 (P01)	8.325.094	4.186.925	8.879.615	4.542.008	7.121.480	4.121.320
Ponto 2 (P02)	7.521.359	2.108.995	8.121.890	2.897.045	8.531.130	5.251.380
Ponto 3 (P03)	7.932.012	2.587.222	7.321.295	4.194.037	9.121.775	4.931.150
Ponto 4 (P06)	7.877.002	2.678.531	9.333.182	3.145.639	8.475.381	6.003.970
Ponto 5 (P04)	6.321.183	2.518.998	9.981.063	3.867.431	6.950.370	5.871.340
Ponto 6 (P04)	7.930.012	2.975.336	8.647.219	4.721.983	7.450.873	5.930.000
Ponto 7 (P03)	8.285.072	3.861.667	8.156.972	4.395.831	8.005.594	6.280.981
Ponto 8 (P02)	9.286.171	4.201.133	8.031.153	4.095.032	6.992.005	6.950.320
Ponto 9 (P01)	7.705.001	2.568.334	12.611	731.024	8.579.758	4.931.352

As amostras coletadas apresentaram valores de *E. coli* acima dos limites estabelecidos pela resolução CONAMA nº 375/2005 ($0{,}2x10^4$ UFC/100mL). Os níveis de coliformes totais também estão acima do limite permitido, alcançando, por exemplo, 9.981.063UFC/100 ml no ponto 05.Quando avaliada a média de *E. coli*(Figura11A) e dos coliformes totais (Figura11B) por período de coleta, foi verificado aumento significativo ($p< 0{,}05$) na terceira coleta em relação à primeira e a segunda somente para os coliformes totais (Figura 11B).

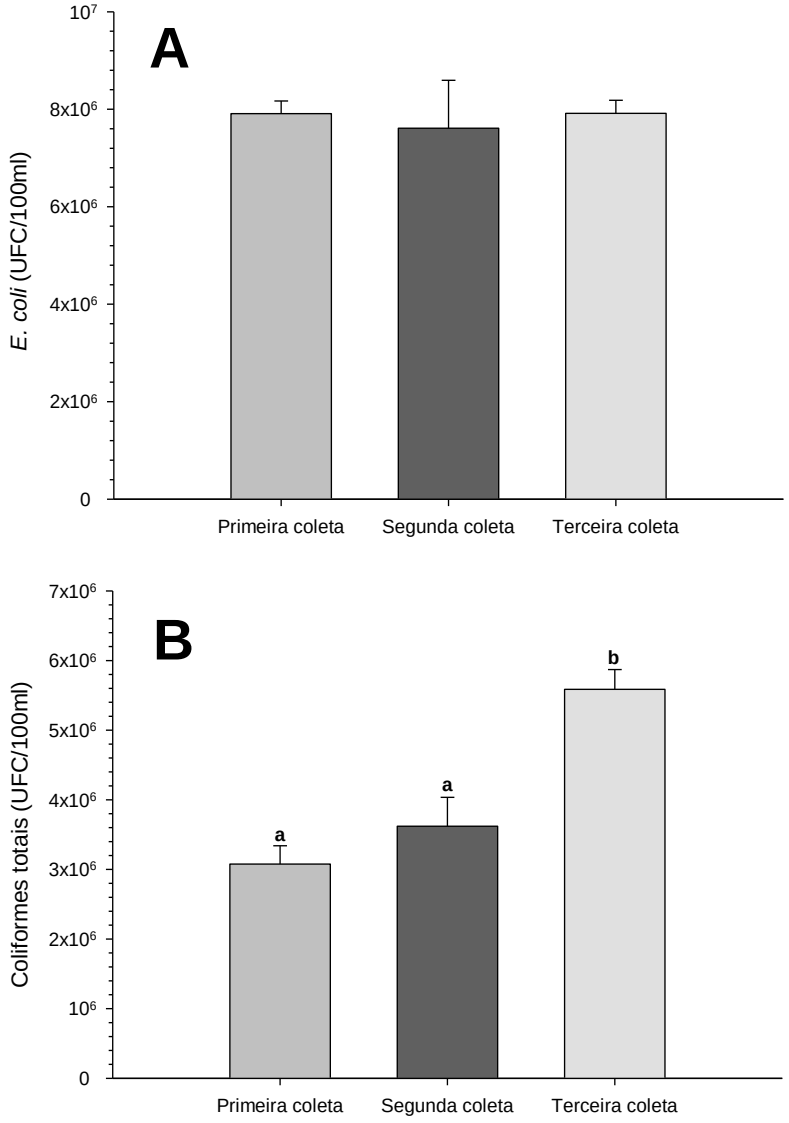


Figura 11: Média ± SEM de *E. coli*(A) e coliformes totais (B) na água do rio Tejereba (Guarujá-SP) coletadas ao longo de 3 períodos: Primeira (janeiro); Segunda (março) e Terceira (maio) coletas, no ano de 2018. Letras diferentes indicam diferença estatística entre as coletas.

3.3 CARACTERIZAÇÃO TOXICOLÓGICAS

As águas coletadas nos meses de janeiro, março e maio de 2018 no rio do Tejereba - Guarujá, SP não apresentaram toxicidade, uma vez que o índice de imobilidade e/ou mortalidade foi nulo (0%) para *Daphinia similis*.

3.4 ANÁLISE INTEGRADA (PCA)

Com o objetivo de gerar uma visão geral e integrada dos dados, uma análise dos componentes principais foi realizada (PCA) utilizando os valores dos

parâmetros físico-químicos, a pluviosidade e a população flutuante nos meses estudados (janeiro, março e maio). A análise demonstrou que os dois primeiros eixos da PCA explicam juntos cerca de 50% da variabilidade dos dados (eixo 1; 37,1% e eixo 2; 15,44%).A pluviosidade, a porcentagem da população flutuante e turbidez foram negativamente relacionadas as outras variáveis físico-químicas (nitrato, nitrito, nitrogênio amoniacal, fosfato, *E. coli*, coliformes totais e pH), ou seja, quanto menor a porcentagem da população flutuante, menor pluviosidade, e menor a turbidez da água, maior é a concentração das outras variáveis estudadas(Figuras 12 e 13).

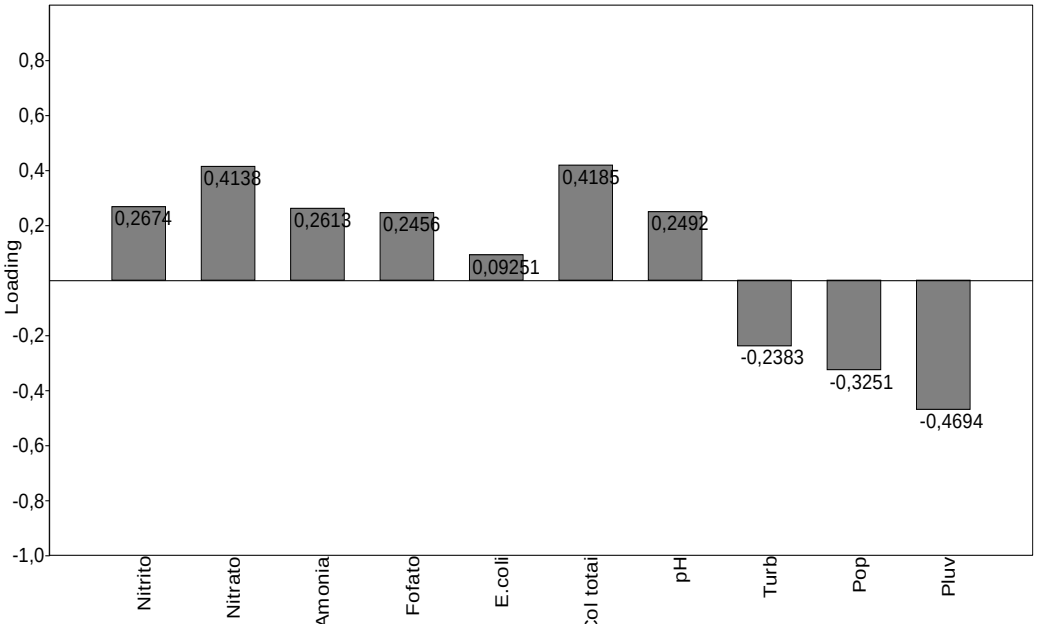


Figura 12: Valores dos *loadings* para cada variáveis estudadas após análise de PCA.

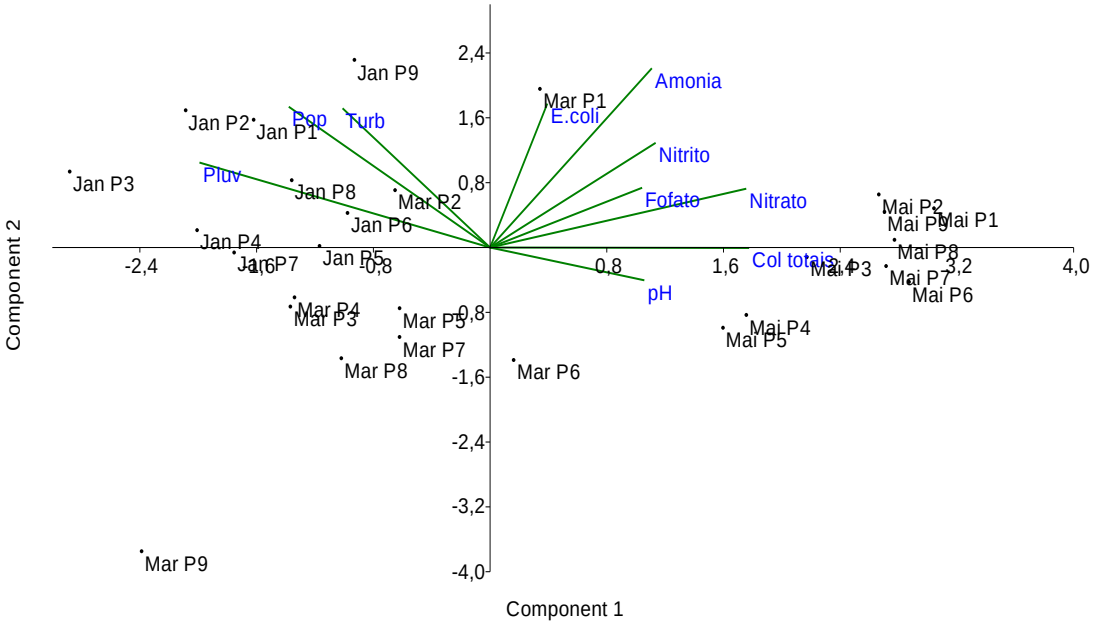


Figura 13: Gráfico gerado através da análise de PCA, demonstrando os componentes 1 (37,1%) e 2 (15,4%) e as distribuição dos pontos e das varáveis estudadas.

4. DISCUSSÃO

O presente estudo buscou avaliar a qualidade da água do rio Tejereba (Guarujá-SP), no qual deságua em uma praia muito apreciada por turistas, durante os períodos de alta (janeiro) e baixa (maio e março) pluviosidade e temporada de turistas no ano de 2018. O rio estudado escoa ao longo de 1,86 km até chegar ao mar, mais especificamente na praia da Enseada, muito apreciada por banhistas. Ao longo de seu percurso, o rio passa por diferentes tipos de ocupações humanas, onde a mata ciliar desse rio já é ausente. O clima da região no qual esse rio está inserido se caracteriza como uma região de alta pluviosidade, onde chove durante 220 dias do ano, com precipitação média de 163mm (MINUZZI ET AL., 2007). A população flutuante na cidade do Guarujá varia em média de 162.109 a 222.245mil habitantes nos períodos de alta temporada (SABESP, 2018).As concentrações de amônia, nitrito, nitrato e coliformes totais nas águas coletados nos diferentes pontos nesse rio foram significativamente maiores no mês de maio (baixa temporada, menor pluviosidade) em relação ao mês de janeiro e março (alta/média temporada, maiores pluviosidades). A análise integrada dos dados (PCA) demonstrou agrupamentos positivamente correlacionados entre os parâmetros físico-químicos e o mês de maio, no qual foram negativamente correlacionados com a pluviosidade e a porcentagem de turistas na cidade durante esses meses. Apesar de uma piora na qualidade da água no mês de maio, nenhum dos meses estudados apresentou toxidade medida através do teste padronizado (ABNT e CETESB) com *Daphnia similis*. Nossos dados demonstraram que a qualidade da água (parâmetros físico-químicos e microbiológicos) do rio Tejereba (Guarujá-SP) está mais relacionada com pluviosidade do que com a presença de turistas nos meses estudados.

Apesar de o rio Tejereba não ser utilizado para recreação ou para abastecimento urbano, ele deságua em uma praia muito apreciada por turistas. Dessa forma, a qualidade da água de rios que deságuam em locais turísticos deve ser monitorada. Os parâmetros físico-químicos e microbiológicos quantificam o quanto um corpo hídrico pode estar sendo modificado devido à adição direta ou indireta de substâncias, causando prejuízos aos usos que lhe conferem (D'ÁGUILA, 1996; SPERLING, 2005). Problemas com a manutenção da qualidade da água e integridade dos corpos d'água é um problema mundial,

sendo que diversos trabalhos já foram realizados no sentido de avaliar a qualidade desses ambientes. No presente estudo, de todos os parâmetros físicos, químicos e microbiológicos avaliados, apenas o fosfato; coliformes totais e fecais se apresentaram acima do limite estabelecido pelas diretrizes do CONAMA nº 357/2005 para águas classe 2 (águas doces), em todas as coletas. Sendo que, o pH, a turbidez, o nitrito, nitrato e o nitrogênio amoniacal, apresentaram-se dentro dos limites estabelecidos por essa resolução.

Alterações no pH, pode estar relacionado a fatores naturais (dissolução de rochas, absorção de gases atmosféricos, oxidação da matéria orgânica e fotossíntese) e, também, a fatores antropogênicos, como por exemplo, pelo despejo de esgotos domésticos (SPERLING, 2005). Os resultados de pH do rio Tejereba não indicaram riscos para este ecossistema (pH próximo a neutralidade ao longo de todo o estudo). Quando são detectados valores de pH muito ácidos ou básicos, pode haver um desequilíbrio na cadeia alimentar e, portanto, uma inibição da atividade bentônica e planctônica. Já o pH na faixa encontrada neste estudo (entre 6,5 e 8,5), pode ser considerado como uma condição normal (sem impacto) de um curso d'água (HERMES; SILVA, 2004). Entretanto, pondera-se que, como as substâncias que eventualmente são dispostas neste córrego (seja pelo aporte de esgoto clandestino, seja pelo escoamento de águas pluviais) podem ter características ácidas ou básicas, elas podem estar se neutralizando após serem dispostas neste córrego. Desta forma, o fato de as amostras apresentarem um pH próximo a neutralidade, não é garantia da ausência de substâncias poluidoras sendo despejadas no rio Tejereba. Estes resultados são similares a de outros trabalhos realizados nas águas deste mesmo córrego, em 2013, cujos valores variaram entre 6,80 e 7,33 (ROVERI, 2013). Da mesma forma, McKenzie e Young (2013) ao monitorarem o escoamento superficial urbano em duas áreas distintas (área urbana e rodovias), detectaram pH entre 7,0 a 8,2, resultados similares aos encontrados no rio Tejereba.

Embora o córrego sofra interferência de esgotos clandestinos domésticos, drenagem de águas pluviais e atividades comerciais (inclusive de cemitério entre os pontos 02 e 03), a turbidez não indicou variou muito entre os pontos e se encontraram a baixo do limite estabelecido pela CONAMA 357/2015. Mesmo durante o período chuvoso (1º e 2º campanhas de coleta deste estudo) quando seria esperado maiores valores de turbidez, devido ao maior transporte de

partículas por escoamento superficial para os corpos d'água (DUSSART-BAPTISTA ET AL., 2003; SILVA ET AL., 2003; VALDES ET AL., 2005), não foi observada grandes alterações desta variável no rio estudado.

Com relação a série de nitrogênio, em todas as campanhas, foi observada a predominância de nitrato em relação ao nitrogênio amoniacal, sugerindo uma possível poluição antiga ou de fontes distantes (CASSANEGO; DROSTE, 2017; ZOTOU ET AL., 2018). Esta condição pode se justificar pelo fato deste canal ser lêntico e, também, já receber o aporte de esgotos domésticos há muitos anos. Desta forma, trata-se de uma poluição antiga nesse rio (ROVERI, 2013). As concentrações somadas de nitrogênio amoniacal, nitrito e nitrato do córrego Tejereba, superam as concentrações máximas de nitrogênio total detectadas em estudos sobre escoamento de águas pluviais urbanas, na Flórida/Estados Unidos (Estado com amplo atendimento do saneamento ambiental): 1.09 mg/L de nitrogênio total (BADRUZZAMAN ET AL., 2012), o que sugere, novamente, que as concentrações obtidas no presente estudo, podem ter relação direta com a presença de esgotos clandestinos advindos do morro da Enseada. Estudos conduzidos por Han et al. (2017), demonstraram que o aporte de cargas difusas de nitrato nos corpos de água, são responsáveis pela eutrofização, mortandade de peixes e perda da biodiversidade aquática. Pelo fato de o córrego desaguar nas praias da Enseada, a presença deste poluente pode estar contribuindo para o desequilíbrio do ecossistema marinho.

As altas concentrações de fosfatos são preocupantes neste estudo, pois assim como a série de nitrogênio, o aporte de fosfatos no ambiente marinho pode contribuir para a eutrofização deste ecossistema (CETESB, 2007) e causar a proliferação de algas tóxicas, com reflexos diretos à biocenose (ZOTOU ET AL., 2018). Além disso, a eutrofização poderá atrapalhar atividades recreativas na praia da Enseada. Em casos mais extremos, algumas toxinas geradas pelo grande aporte de fosfatos, podem contribuir para problemas neurológicos ou respiratórios em seres humanos (KIRKPATRICK ET AL., 2004).

A concentração de coliformes totais e fecais se apresentaram acima do limite estabelecido (0,2 x 10^4 UFC/100ml). A presença de bactérias do tipo coliformes totais pode ser também associada com contaminação fecal e, no presente estudo, excedeu o limite estabelecido em 4000x, nas três coletas realizadas (janeiro, março e abril). Já a concentração de coliformes fecais

excedeu o limite estabelecido pela legislação em 1500x; 1750x e 3000x nos meses de janeiro, março e maio, respectivamente. Apesar de todos os meses terem violado as diretrizes da CONAMA para coliformes totais e fecais, houve um aumento na concentração de coliformes fecais no mês de maio. De uma forma inesperada, esse mês apresentou menor porcentagem de turistas em relação aos outros meses (cerca de 5% menos turistas) e, ao mesmo tempo, menores índices pluviométricos. Por outro lado, Crabill et al. (1999) estudando a qualidade da água do rio Oak no Arizona (EUA) encontraram aumento na concentração de coliformes totais, sendo esse aumento relacionado com maiores períodos de pluviosidade e maior uso recreacional. É possível de se especular que, no presente estudo, a diminuição da pluviosidade tenha causada uma diminuição na diluição das águas, levando a uma maior concentração de coliformes fecais nesses ambientes, mesmo quando esse período está relacionado com menor porcentagem de turistas.

Por outro lado, a presença de coliformes totais em altas concentrações em todos os meses amostrados, independente do período de maiores ou menores chuvas/população flutuante, pode ser devido ao contínuo despejo de efluentes domésticos nesse rio. A presença destas bactérias nos canais de Tejereba, indicam potenciais riscos à saúde, uma vez que estas águas desembocam direto em uma praia muito apreciada por turistas. Estudos realizados na Europa (FEDERIGIET AL., 2016) demonstraram que estes patógenos, quando conduzidos para as praias via canais de drenagem pluviais durante episódios de chuva, são responsáveis pela perda sistemática da balneabilidade das praias. Apresentam, também, um potencial risco para a saúde pública pois a exposição à eles nestas águas recreacionais está associada ao aumento de risco de doenças gastrointestinais, infecções respiratórias, de olhos, ouvidos, pele, além de meningite e hepatite (SCHETS ET AL., 2011), sendo que durante o verão, quando há um aumento de turistas e de descargas de esgotos no mar, os eventos de gastroenterite são agravados (SUNDERLAND ET AL., 2007). O fato de *E. Coli* ter sido detectada em altas concentrações em todas as campanhas, indicam, portanto, uma interferência antrópica advinda dos esgotos clandestinos do morro da Enseada, já que a bactéria é um importante marcador de esgotos domésticos, e está presente nas fezes humanas em percentuais entre 96 a 99% (VITORINO, 2018). Estes

resultados são muito semelhantes a outro trabalho realizado nas águas deste mesmo córrego, em 2013, que também detectaram altas concentrações de *E.coli* nestes canais de drenagem (ROVERI, 2013), demonstrando que após 5 anos, as condições de saneamento da praia da Enseada não apresentaram melhora. A CETESB monitora 8 das 26 praias do município, com frequência semanal (aos domingos), onde utiliza o indicador microbiológico *Enterococos*. Já os canais, 31 dos 43 (dentre eles o rio Tejereba) são amostrados uma vez por semestre (duas vezes ao ano) e são analisados através do indicador microbiológico *E. coli*. Os resultados de *E.coli*, monitorados pela CETESB, corroboram com este estudo também, apresentando alta concentração dessa bactéria neste rio (CETESB, 2017).

5. CONCLUSÃO

O rio Tejeraba, mostrou-se contaminado quando comparado com os limites estabelecidos pela resolução CONAMA 357/2015, principalmente a concentração de fosfato e presença de coliformes totais e fecais. Houve uma relação entre a pluviosidade e o aumento nas concentrações desses parâmetros, onde nos meses de menores pluviosidades, houve maiores concentrações de coliformes totais e nitrato, como evidenciado pela PCA. Não foram encontradas relações significativas entre a população flutuante e os parâmetros analisados.

6. TRABALHO SUBMETIDO (REVISTA OECOLOGIA AUSTRALIS)

INFLUÊNCIA DA PLUVIOSIDADE E DA POPULAÇÃO FLUTUANTE NA QUALIDADE DA ÁGUA DE UM RIO COSTEIRO (TEJEREBA, GUARUJÁ, BRASIL)

INFLUENCE OF THE PLUVIOSITY AND HIGH SEASON POPULATION ON THE WATER QUALITY OF A COASTAL RIVER (TEJEREBA, GUARUJÁ, BRASIL)

Marcos de Camargo[1]; Luciana Lopes Guimarães[1] & Helen Sadauskas-Henrique[1]*

[1]Universidade Santa Cecília (Unisanta), Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade de Ecossistemas Costeiros e Marinhos (PPG-ECOMAR). Rua Oswaldo Cruz, 277, Boqueirão, Santos, Brasil, CEP 11045907

E-mails: *mdecamargo@globo.com; lucianafarm@unisanta.br; helensadauskas@gmail.com*

Running title: *Qualidade da água de um rio costeiro*

RESUMO

A contaminação dos ambientes aquáticos tem sido um dos principais problemas mundiais das últimas décadas. Além do problema da crescente urbanização e industrialização não planejada, alguns centros urbanos sofrem ainda com a presença de uma população flutuante. Esse aumento populacional pode levar a maior consumo dos recursos naturais, como a água, e aumento da carga de efluentes domésticos, muitas vezes, sobrecarregando os sistemas de tratamento de esgotos presente nessas cidades, levando a prejuízos na qualidade da água na qual recebem esses efluentes. Além disso, a qualidade das águas também pode ser influenciada pelos períodos com maior ou menor índices pluviométricos, uma vez que pode acontecer a diluição desses efluentes pela água da chuva. O presente estudo buscou avaliar a qualidade da água do rio Tejereba (Guarujá-SP), no qual deságua em uma praia muito apreciada por turistas, durante os períodos de alta (janeiro) e baixa (maio e março) pluviosidade e temporada de turistas no ano de 2018. Foi observado uma diminuição na qualidade da água nos meses de menor pluviosidade e baixa temporada (maio). A análise integrada dos dados (PCA) demonstrou correlações positivas entre os parâmetros físico-químicos e o mês de maio, no qual foram negativamente correlacionados com a pluviosidade e a porcentagem de turistas. Apesar de uma piora na qualidade da água no mês de maio, nenhum dos meses estudados apresentou toxidade para *Daphnia similis*. Nossos dados demonstram que a qualidade da água (parâmetros físico-químicos e microbiológicos) está muito

mais relacionada com pluviosidade do que com a presença de turistas na cidade do Guarujá, nos meses estudados.

Palavras-Chave: Efluentes domésticos; qualidade da água; parâmetros físico-químicos.

ABSTRACT

The contamination of waterbodies is of world wild concern due increases in urbanization and industrialization of the cities without good management of the effluents. Touristic cities can suffer with increases in their population due high seasons periods, which can lead to increased use of natural resources and effluents discharges. Moreover, high and low raining seasons can also play an important role in waterbodies contaminations, once a dilution or concentrations of contaminants can take place. The aim of the present work was to evaluate the water quality of the Tejereba river (Guarujá-SP), with flows into a touristic beach, during the high (January) and low (May and March) raining periods and touristic season in 2018. Decreases in water quality was observed in the months with low pluviosity and low touristic season (May). The integrated data analysis (PCA) showed positive correlations between the physical and chemical parameters and the month with low pluviosity and low touristic season (May), which were negatively correlated with the pluviosity and the presence of tourists (%). Despite the decreases in the water quality in the collection of May, no toxicity to *Daphnia similis* were observed. Our work showed that the water quality (physical chemical and microbiological parameters) is more related to the raining seasons than the presence of tourists in the Guarujá city in the studied months.

Keywords: Domestic effluents; water quality; physical, chemical and microbiological parameters.

INTRODUÇÃO

A contaminação dos ambientes aquáticos tem sido um dos principais problemas mundiais das últimas décadas. A água é um recurso finito, apesar de renovável, sendo a criação de políticas públicas para o uso consciente desse recurso a única forma de se garantir a manutenção desse bem fornecido pelo ecossistema. A água é o solvente universal, sendo dotada de grande estabilidade. Devido a essas propriedades, quase todos os elementos e compostos químicos lançados nos ecossistemas aquáticos, por processos naturais ou por ação do homem, acabam sendo incorporados à água, passando a fazer parte da biota aquática. Muitos dos compostos lançados no ambiente podem ser danosos para o consumo humano, além de estarem associados a problemas de saúde pública, degradação visual e perda de funcionalidade desse ambiente. A crescente

urbanização e industrialização não planejada dos grandes centros é um dos exemplos que leva a essa degradação dos corpos de água.

Além do problema da crescente urbanização e industrialização não planejada, alguns centros urbanos sofrem ainda com a presença de uma população flutuante. Esse aumento populacional pode levar a maior consumo dos recursos naturais, como a água, e aumento da carga de efluentes domésticos, muitas vezes, sobrecarregando os sistemas de tratamento de esgotos presente nessas cidades, levando a prejuízos na qualidade da água na qual recebem esses efluentes. Esse contingente é significativo, principalmente nos meses de férias de verão e nos finais de semana e pode influenciar diretamente na qualidade das águas da região. Nota-se, que para alguns municípios, a população flutuante é maior do que a fixa, ou seja, em períodos de férias e feriados prolongados, a população desses municípios pode ser mais do que o dobro, possibilitando problemas na infraestrutura local de abastecimento de água e saneamento básico, que não foram dimensionados para esta população(ABES-SP 2014). Além disso, a qualidade das águas também pode ser influenciada pelos períodos com maior ou menor índices pluviométricos, uma vez que pode acontecer a diluição dos efluentes domésticos pela água da chuva (Coelho 2013).

Estudos imunológicos são importantes no sentido de melhor compreender os ambientes aquáticos e para o melhor planejamento de seu uso, uma vez que os ambientes aquáticos possuem grande importância ecológica, econômica e social. Ambientes aquáticos contaminados por efluentes domésticos *in natura* podem sofrer com aumento da presença de compostos orgânicos como nitratos, nitritos, fosfato, sulfato e amônia provindos de produtos de higiene pessoal e também de uso domésticos, como detergentes(MAROTTA, ET AL.2008).A presença desses compostos no ambiente aquático pode causar eutrofização dos corpos d'água, gerando uma diminuição da concentração de oxigênio dissolvido, e consequente perda de funcionalidade desse corpo d'água. Além disso, efluentes domésticos *in natura* podem trazer grandes prejuízos à saúde humana quando se trata da presença de bactérias patogênicas (RIBEIRO ET AL.,2010).No Brasil, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), tem como principal instrumento a elaboração de resoluções estabelecendo normas, critérios e padrões relativos ao controle e à manutenção da qualidade do meio ambiente. Com relação ao controle da poluição hídrica o CONAMA estabeleceu

em 2005 a Resolução 357 que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e as diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e os padrões de lançamento de efluentes.

Nesse sentido, a cidade do Guarujá, localizada na Baixada Santista (São Paulo, Brasil), possui uma população de cerca de 318 mil habitantes (IBGE 2018), podendo chegar a 2,5 milhões de habitantes nos períodos de alta temporada (Meses dezembro a março - (Prefeitura, 2016). A cidade possui um sistema de tratamento de esgoto que conta com 325 km de redes coletoras, direcionando o efluente coletado para 24 estações elevatórias, onde o mesmo é concentrado e tratado na estação de tratamento e liberado no mar através de emissário (CETESB 2017).No entanto, a estação de tratamento do Guarujá tem a capacidade de tratar uma vazão de 1,5 m^3/s de efluente, sendo que isso atende somente 78% dos domicílios. Os 22% restantes do total de esgoto produzido são despejados *in natura* em córregos e nascentes (Roveri 2013). Esse déficit pode estar relacionado com a presença de ocupações irregulares, e também com o aumento da população flutuante durante os períodos de alta temporada, gerando problemas de saúde pública, degradação visual e perda de funcionalidade desses ambientes.

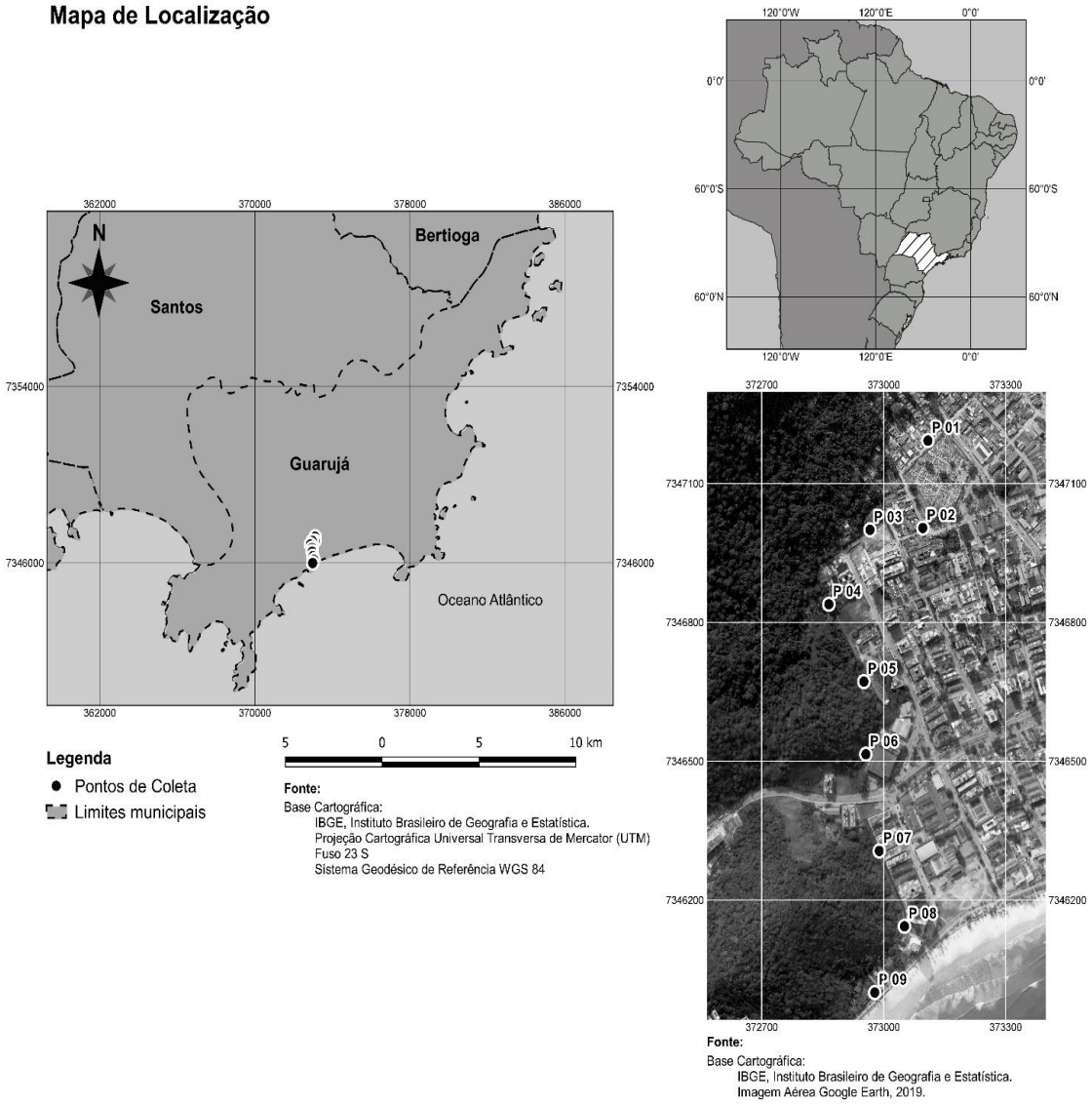
Levando em consideração o que foi apresentado, o objetivo do presente estudo foi avaliar a qualidade da água de um rio (rio Tejereba), localizado próximo a áreas de ocupações irregulares, na cidade do Guarujá (São Paulo, Brasil), em 3 diferentes momentos de pluviosidade e temporada de turistas na região (janeiro, março e maio de 2018), através das análises físico-químicas, microbiológicas e toxicológicas da água.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O rio Tejereba (23º59'01.49"S46º14'54.65"W) (Figura 1), localiza-se em um local de ampla ocupação imobiliária ilegal na cidade do Guarujá (São Paulo, Brasil), com cerca de 26 mil habitantes (IBGE, 2018), cujos assentamentos clandestinos podem trazer o agravamento do saneamento ambiental do município, acarretando em uma piora da saúde pública principalmente pela queda das condições de balneabilidade das praias, que implicam em resultados negativos também ao turismo e à economia (Souza & Silva 2015). O rio estudado escoa

ao longo de 1,86 km até chegar ao mar, mais especificamente na praia da Enseada, muito apreciada por banhistas. Ao longo de seu percurso, o rio passa por diferentes tipos de ocupações humanas, onde a mata ciliar desse rio já é ausente. O clima da região no qual esse rio está inserido se caracteriza como uma região de alta pluviosidade, onde chove durante 220 dias do ano, com precipitação média de 163mm (MINUZZIET AL.,2007). A população flutuante na cidade do Guarujá varia em média de 162.109 a 222.245mil habitantes nos períodos de alta temporada (SABESP, 2018).



Períodos de coleta e amostragem da água

As coletas das amostras de água ocorreram bimestralmente no período, sendo as coletas realizados nos meses janeiro (Primeira coleta), março (Segunda coleta) e maio

(Terceira coleta) de 2018. Esses períodos compreendem os períodos e alta temporada (janeiro e março) e baixa temporada (maio), sendo maior precipitação encontrada nos meses de janeiro e março. O rio estudado tem uma extensão de 1,86 km e as coletas foram realizadas aproximadamente a cada 200 metros, totalizando uma quantidade de 9 pontos (Figura 1). A tabela I indica o nome dos pontos, suas respectivas coordenadas e o que as principais características de seu entorno.

Tabela Coordenadas dos pontos amostrais selecionados no rio Tejereba (Guarujá-SP) e suas principais características.

Pontos	Coordenadas	Principais características
P1	23º58'55.04"S46º14'48.07"W	Ponto ao céu aberto, vegetação original degradada, presença de assentamentos clandestinos, água com coloração escura e com presença de espuma, odor forte característico de esgoto doméstico
P2	23º59'01.35"S46º14'51.29"W	Ponto ao céu aberto, vegetação original degradada, água com coloração escura e com presença de espuma, odor forte característico de esgoto doméstico. Localizado ao lado de um cemitério.
P3	23º59'01.49"S46º14'54.65"W	Ponto ao céu aberto, vegetação original degradada, água com coloração clara, odor forte característico de esgoto doméstico. Nenhuma ocupação urbana em seu entorno.
P4	23º59'07.67"S46º14'57.80"W	Ponto ao céu aberto, vegetação original degradada, água com coloração escura, odor forte característico de esgoto doméstico. Presença de ocupação urbana (prédios e casas) em seu entorno.
P5	23º59'11.10"S46º14'55.48"W	Ponto ao céu aberto, vegetação original degradada, água com coloração clara, odor forte característico de esgoto doméstico.
P6	23º59'14.67"S46º14'53.81"W	Ponto ao céu aberto, vegetação original degradada, água com coloração clara, odor forte característico de esgoto doméstico.

P7	23º59'22.62"S46º14'51.17"W	Localizado no morro Tejereba. Vegetação mais preservada. água com coloração clara, odor forte característico de esgoto doméstico.
P8	23º59'28.29"S46º14'50.78"W	Localizado no morro Tejereba. Vegetação mais preservada. água com coloração clara, odor forte característico de esgoto doméstico.
P9	23º59'31.16"S46º14'51.29"W	Localizado na praia da Enseada. Água com coloração escura e com presença de espuma. Odor forte característico de esgoto doméstico.

As amostras de água foram coletadas em treplica utilizando um recipiente coletor amarrado em um barbante para possibilitar o alcance de locais com maior profundidade. Após a coleta, as amostras foram armazenadas em frascos âmbar e transportadas em um isopor com gelo até o Laboratório de Ecotoxicologia da Universidade Santa Cecília (UNISANTA, Santos-SP) onde foram analisadas.

Caracterização físico-química e microbiológica

Foram realizadas as análises da salinidade (ppm), utilizando um refratômetro portátil (Shibuya145); do pH, utilizando de um pHmetro (MicronalB474) e a turbidez, utilizando um turbidímetro (PolicontrolAP2000).

Nitritos e Nitratos foram determinados pelo método do N (1-naftil) - etilenodiamina*(NTD), adaptado do *standard Methods* 21a ed4500b, 4-118(2005). As determinações foram realizadas efetuando-se a leitura em espectrofotômetro (CELME-225-D) em comprimento de onda de 535 nm (Roveri 2013).

A concentração de amônia foi determinada como nitrogênio amoniacal pela metodologia volumétrica 4500-D com destilação preliminar como descrita no Standard *Methods for the Examination of Water and Waste water* (APHA, 1999). Primeiramente, 500 mL da amostra foram tamponados em pH 9,5 com 25 mL de tampão de borato. Em seguida, a amostra foi destilada e o nitrogênio amoniacal foi coletado em 50 mL de uma solução absorvente de ácido bórico. Esse destilado é titulado com o uso de um indicador colorido.

A determinação de fosfato foi realizada pelo método Azul de molibdênio. As determinações foram realizadas efetuando-se a leitura em espectrofotômetro (CELM E-225-D) em comprimento de onda de 650 nm. Os resultados dos teores de fosfato das amostras foram calculados por meio de curva padrão de fosfato (Alfakit), com concentrações que variaram de 0,3125 a 10 mg. L^{-1}.

Para a determinação de *Escherichia coli* e outros coliformes nas amostras, o método adotado foi da técnica da filtração em membranas (modificado de CETESB 2004 e APHA 2012). Para tanto, as amostras coletadas foram homogeneizadas manualmente, e diluídas 100000 x, em uma solução. Após a diluição, as amostras foram filtradas (10 ml) através de uma membrana quadriculada estéril (0,45 µm, Millipore), sendo as mesmas dispostas em placas de Petri contendo o meio de cultura Ágar Biochrome Coliformes (Biolog). O meio de cultura utilizado no ensaio trata-se de um meio cromogênico que permite uma rápida identificação e enumeração simultânea de *E. coli* e outros coliformes, onde a diferenciação é realizada a partir da coloração das colônias (Manafi 1996; APHA, 2012). Após as filtrações, as placas contendo o meio de cultura e a membrana foram colocadas em posição invertida em bandejas e incubadas a 35 ± 0,5ºC, durante 22-24 horas. Após o tempo de incubação, efetuou-se a contagem das colônias típicas de coliformes totais e *E. coli* (Figura 16). Os resultados foram expressos como Unidade Formadoras de Colônias (UFC)/100mL, de acordo com a equação (1): UFC/100ml = NTC x DE x 100/VFA. Sendo: UFC: unidade formadora de colônia; NTC: número total de colônias; DE: diluição empregada; VFA: volume filtrado da amostra (mL).

Caracterização toxicológica

Para as 3 coletas realizadas, foram realizados testes toxicológicos utilizando a *Daphnia similis* como organismos modelo. Os testes de toxicidade são padronizados pela ABNT e CETESB, e consiste na exposição de indivíduos jovens de *Daphnia similis* a várias concentrações do agente tóxico, nas condições prescritas na norma (NBR12713). No presente estudo foram utilizados 4 indivíduos neonatais de *Daphnia similis* para cada ponto de coleta. Os testes foram realizados com a água *in natura*, sem diluições prévias. O lote não apresenta toxicidade se a taxa de imobilidade e/ou mortalidade não for superior a 10%, durante um período de 48 horas de exposição.

Análises estatísticas

Os resultados foram expressos como média ± desvio padrão para cada ponto analisado por coleta (N = 3). Diferença estatística ($p > 0,05$) entre as médias dos valores das variáveis físico-químicas da água por período de coleta (N = 9) foi determinada através de análise de variância (ANOVA), seguido pelo teste *a posteriori* de Tukey, e no caso de falhas na normalidade, do teste de Kruskal-Wallis. As análises estatísticas foram realizadas com o uso do software SigmaStat e os gráficos no programa SigmaPlot. Análise dos componentes principais foi realizada para se verificar relações entre as variáveis físico-químicas e microbiológicas da água com a população flutuante e o índice

pluviométrico dos meses de coleta. Para tanto foi utilizado o programa PAST versão 2.17.

RESULTADOS

A primeira coleta foi realizada no dia 18 de janeiro, período de alta pluviosidade e de alta temporada no município, a média de precipitação para esse período foi de 229mm (ACCUWEATHER, 2018) e a população flutuante foi de 25,6% (PLANO DIRETOR DO GUARUJÁ, 2018). A segunda coleta foi realizada no dia 23 de março, período de alta pluviosidade e de baixa temporada, a média de precipitação para esse período foi de 129mm (ACCUWEATHER, 2018) e a população flutuante foi de 4,8% (PLANO DIRETOR DO GUARUJÁ, 2018). A terceira coleta foi realizada no dia 10 de maio, período de baixa pluviosidade e baixa temporada, a média de precipitação para esse período foi de 10mm (ACCUWEATHER, 2018) e a população flutuante foi de 4,4% (PLANO DIRETOR DO GUARUJÁ, 2018).Para avaliar a qualidade da água dos diferentes pontos nas três coletas, os parâmetros físico químicos e microbiológicos foram comparados com os limites estabelecidos para água doce, uma vez que as águas coletadas se caracterizaram como tanto (salinidade de 0%), de acordo com a resolução CONAMA 357/05.

Potencial hidrogeniônico (pH)

No presente estudo, os valore de pH variaram entre 6,90 e 8,03, não apresentando grandes oscilações, tendo um pequeno aumento no ponto 06 durante a segunda coleta, no mês de janeiro, em relação as outras coletas, e esteve menor no ponto 07 na primeira coleta realizada. A Resolução CONAMA nº 357/2005 estabelece que o pH deva variar entre 6,0 e 9,0 em corpos classificados como águas doces de classe 2, desta forma, todas as amostras estiveram dentro dos limites preconizados por esta norma (Figura 3A). Quando analisado a média dos valores de pH dos pontos por mês de coleta não foi observada diferença significativa (Figura 3B).

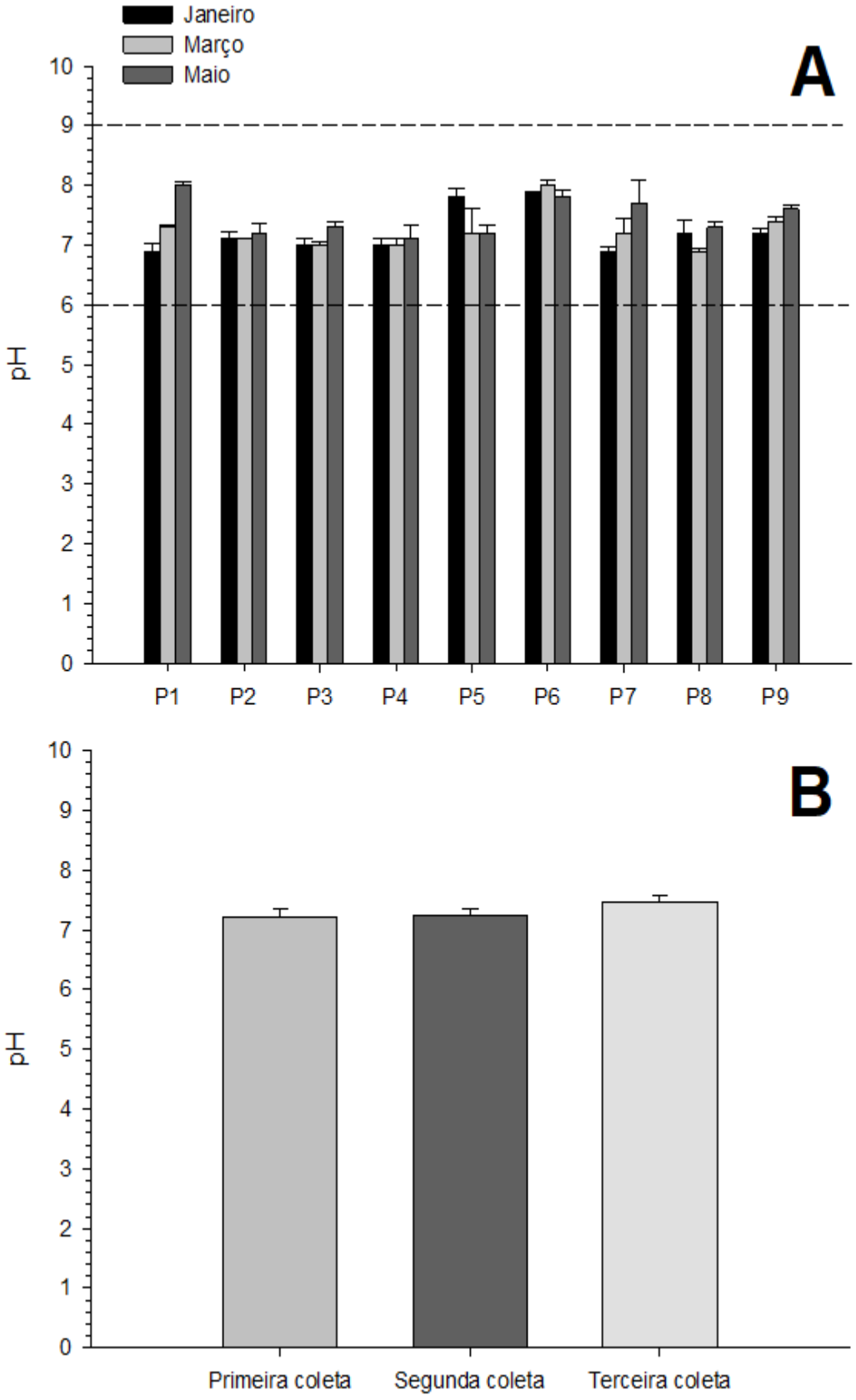


Figura 3. pH (média ± SEM) das águas coletadas no rio Tejereba no Guarujá-SP nos diferentes pontos (P) nos diferentes meses de coleta (A) e média dos valores de pH dos pontos por mês de coleta (B). Linha tracejada indica valore limite do CONAMA 357/2005 para águas classe 2.

Turbidez

No presente estudo, a turbidez variou de 8,32 a 19,36 UNT, estando maior no ponto 01 da segunda coleta e menor no ponto 07 da primeira coleta, mantendo uma constância nos pontos 05, 06, 07 e 08 estando, portanto, dentro dos limites estabelecidos pela resolução do CONAMA, na qual determina que o mesmo deve ser menor ou igual a 40 UNT (Figura 4A).Quando analisado a média dos valores de turbidez dos pontos por mês de coleta não foi observada diferença significativa (Figura 4B).

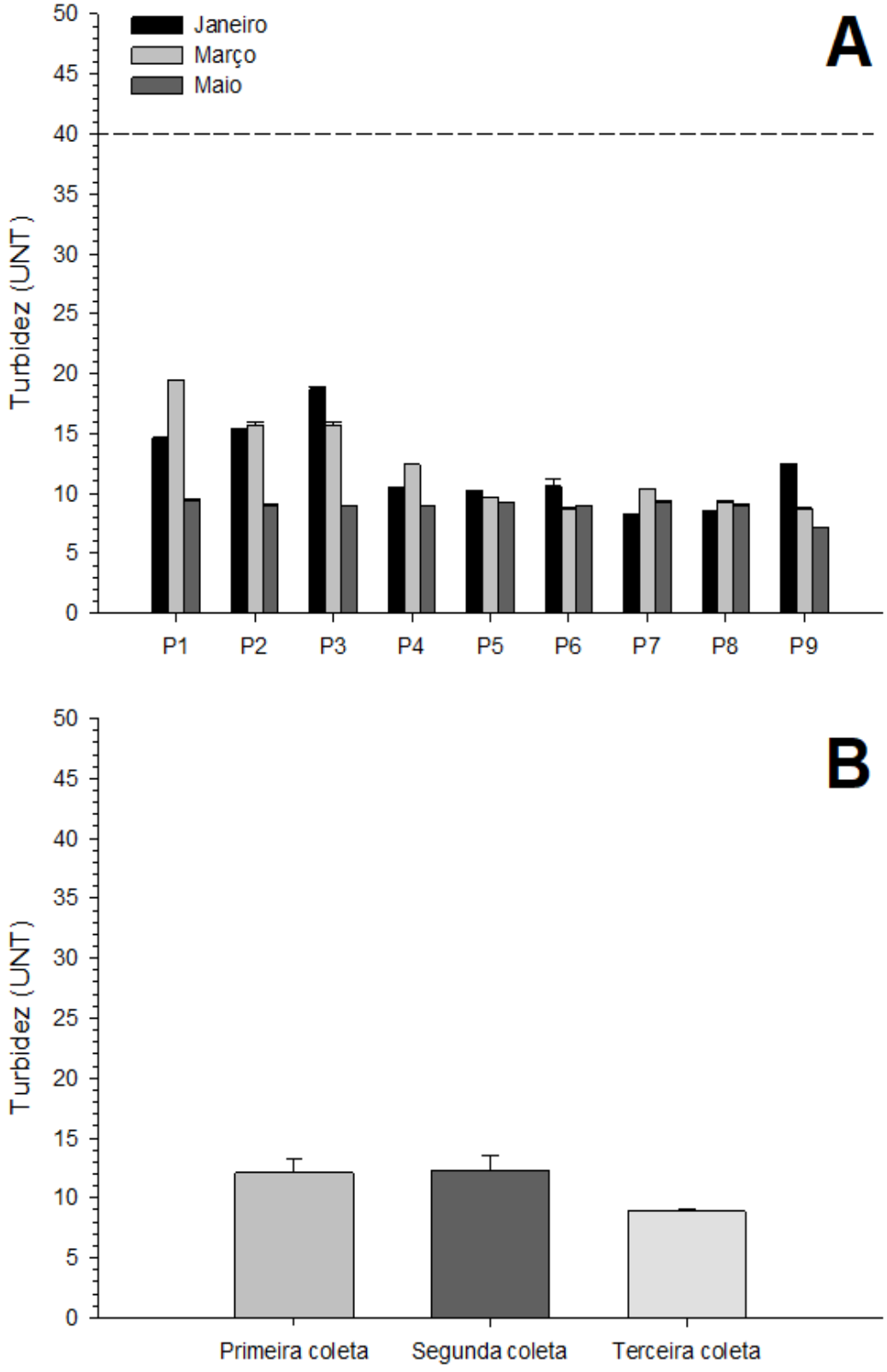


Figura 4. Turbidez (média ± SEM) das águas coletadas no rio Tejereba no Guarujá-SP nos diferentes pontos (P) nos diferentes meses de coleta (A) e média dos valores dos pontos por mês de coleta (B). Linha tracejada indica valore limite do CONAMA 357/2005 para águas classe 2

Nitrogênio amoniacal

No presente estudo, o nitrogênio amoniacal variou de 0,36 a 1,93 sendo as maiores concentrações encontradas nos pontos 01 e 09, nas coletas de maio (Figura 5A). A concentração de nitrogênio amoniacal, não ultrapassou os valores de 2 mg/L, permitidos pela resolução CONAMA nº 357/2005. Quando avaliada a média do nitrogênio amoniacal por período de coleta, foi verificado aumento significativo ($p < 0,05$) na terceira coleta em relação à primeira e a segunda, assim como aumento significativo ($p < 0,05$) na primeira coleta em relação a segunda coleta (Figura 5B).

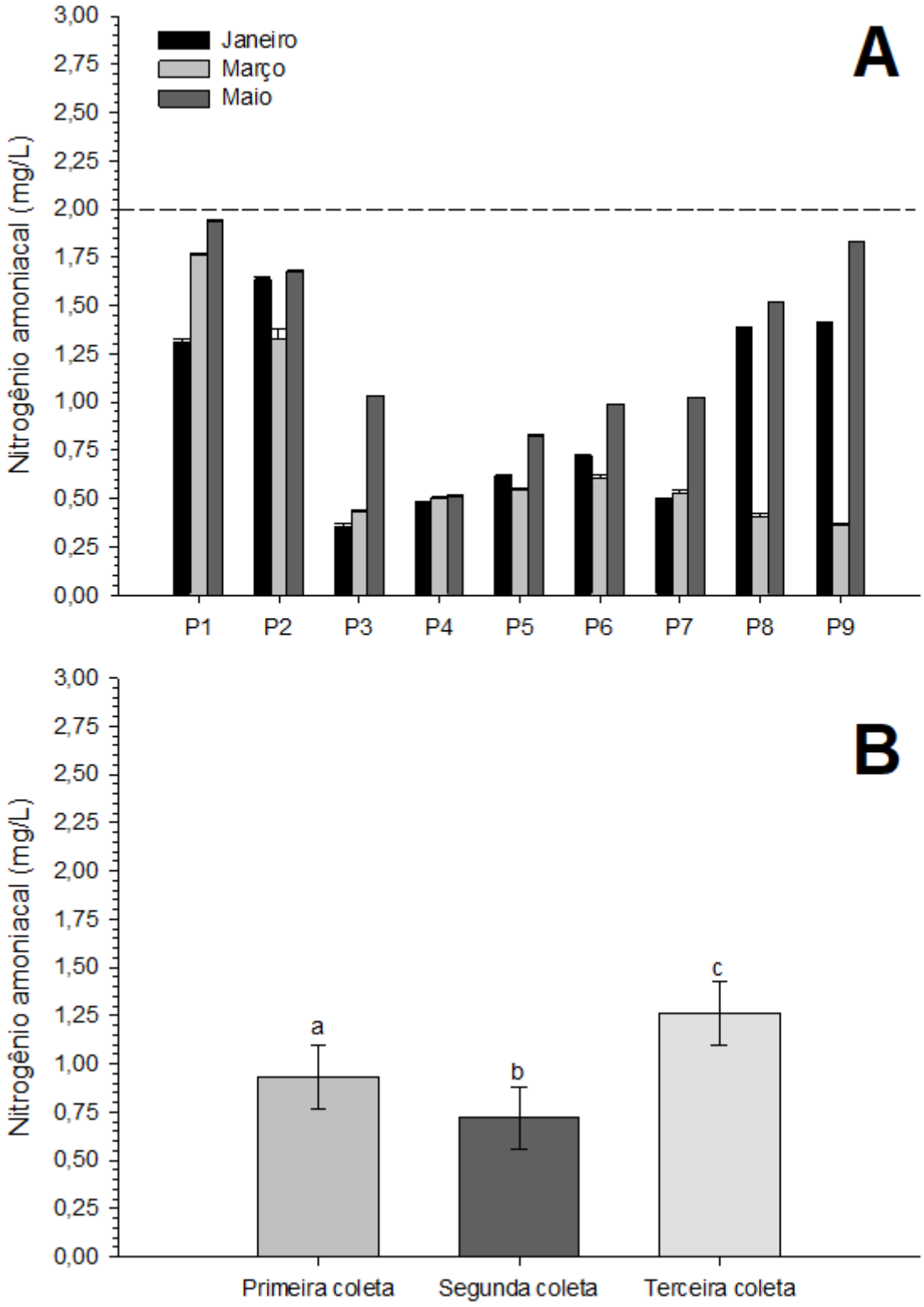


Figura 5. Concentração do nitrogênio amoniacal (média ± SEM) das águas coletadas no rio Tejereba no Guarujá-SP nos diferentes pontos (P) nos diferentes meses de coleta (A) e média dos valores dos pontos por mês de coleta (B). Linha tracejada indica valore limite do CONAMA 357/2005 para águas classe 2. Letras diferentes indicam diferença estatística entre as coletas.

Nitrito e nitrato

No presente estudo, verificou-se que o nitrito variou de 0,008 a 1,6 mg/L, estando dentro da faixa estabelecida pela resolução do CONAMA 357/2015 de 2,5 mg/L (Figura 6A). Quando avaliamos os valores médios por coleta, verificamos que na Segunda (março) coleta o valor médio do nitrito foram maiores ($P < 0,05$) em relação apenas à terceira coleta (maio) (Figura 6B).

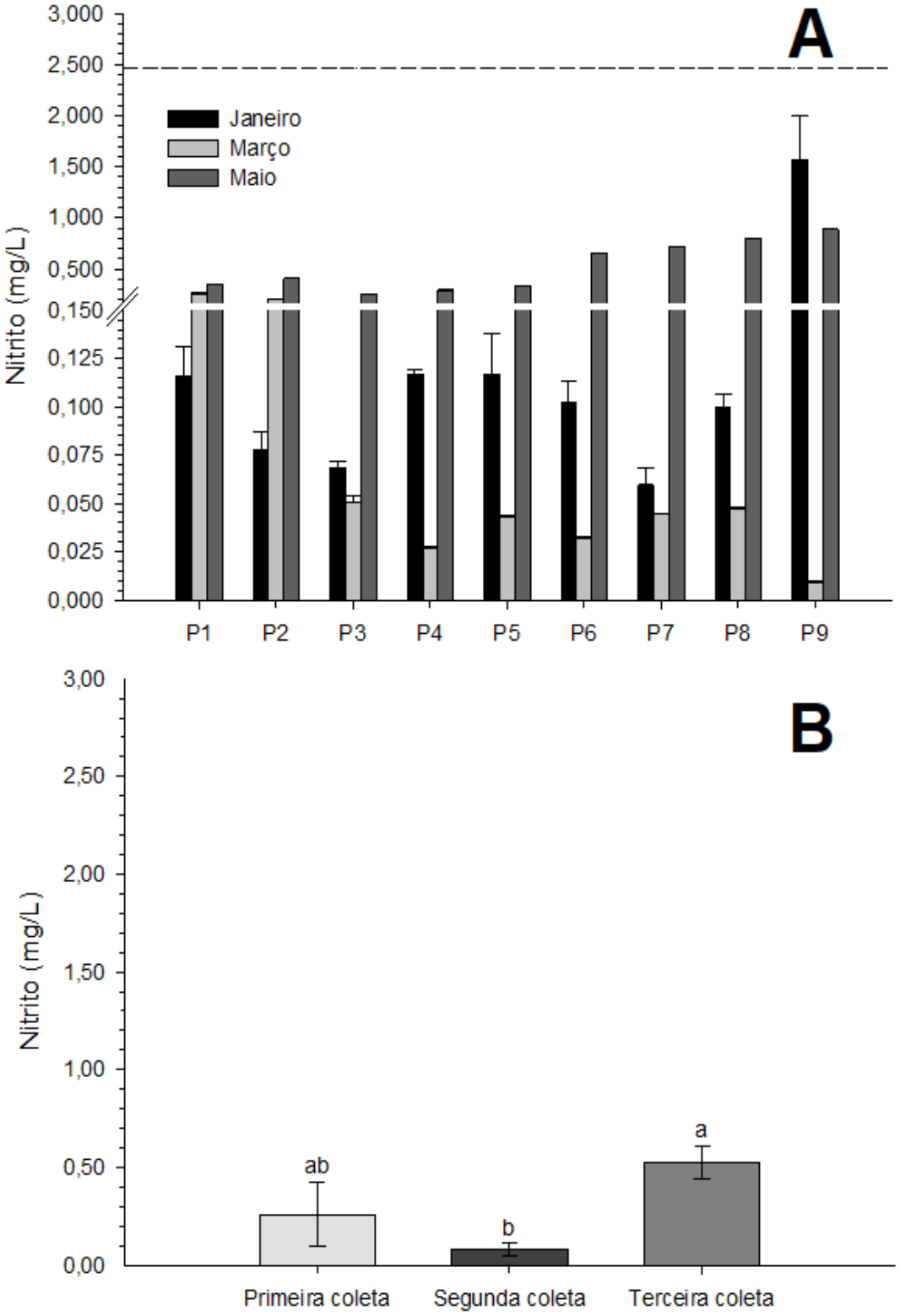


Figura 6. Concentração de nitrito (média ± SEM) das águas coletadas no rio Tejereba no Guarujá-SP nos diferentes pontos (P) nos diferentes meses de coleta (A) e média dos valores dos pontos por mês de coleta (B). Linha tracejada indica valore limite do CONAMA 357/2005 para águas classe 2. Letras diferentes indicam diferença estatística entre as coletas.

Já o nitrato variou de 0,09 a 8,35 mg/L (Figura 10B), muito abaixo de 10 mg/L, valor estabelecido pela resolução do CONAMA no 357/05 (Figura 7A).Quando avaliamos os valores médios por coleta, verificamos que na Primeira (janeiro) coleta os valores médios do nitrato foram maiores ($p < 0,05$) em relação à Segunda (março) e Terceira (maio) coletas. No entanto, esses valores foram menores na Segunda coleta (março) em relação à Primeira (janeiro) e a Terceira coletas (maio) (Figura 7B).

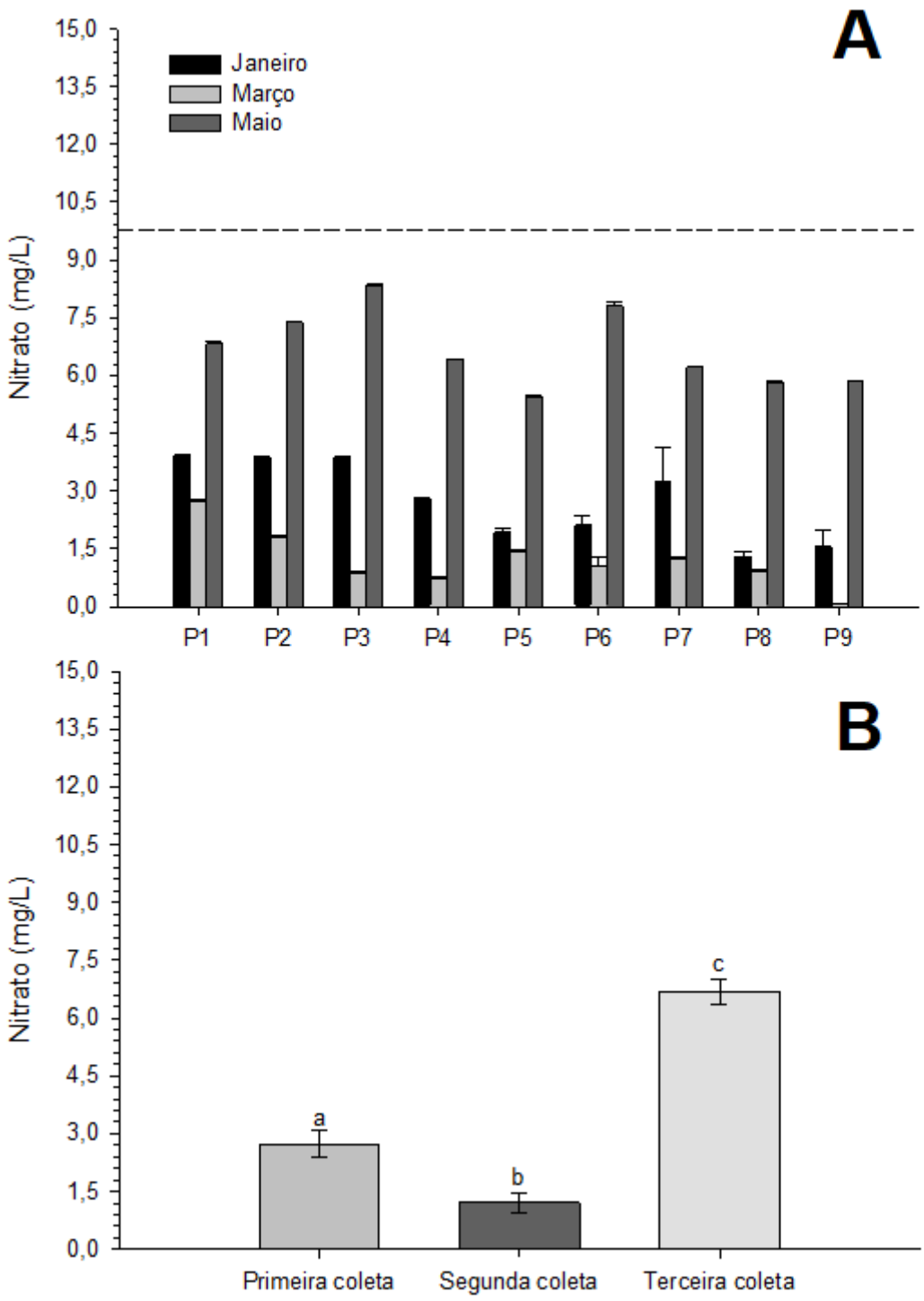


Figura 7. Concentração de nitrato (média ± SEM) das águas coletadas no rio Tejereba no Guarujá-SP nos diferentes pontos (P) nos diferentes meses de coleta (A) e média dos valores dos pontos por mês de coleta (B). Linha tracejada indica valore limite do CONAMA 357/2005 para águas classe 2. Letras diferentes indicam diferença estatística entre as coletas.

Fosfato

Os resultados de fosfato dissolvido demonstram valores acima dos padrões estabelecidos pela resolução do CONAMA nº 357/2005 (0,05 mg/L) nas três coletas realizadas. Verificou-se também a grande concentração nos pontos 05 e 06 no mês de janeiro, chegando a 10 vezes mais do que o padrão estabelecido pela norma nacional (Figura 8A). Quando avaliada a média do fosfato por período de coleta, não foi verificado alterações significativas ($p < 0,05$) entre as coletas (Figura 8B).

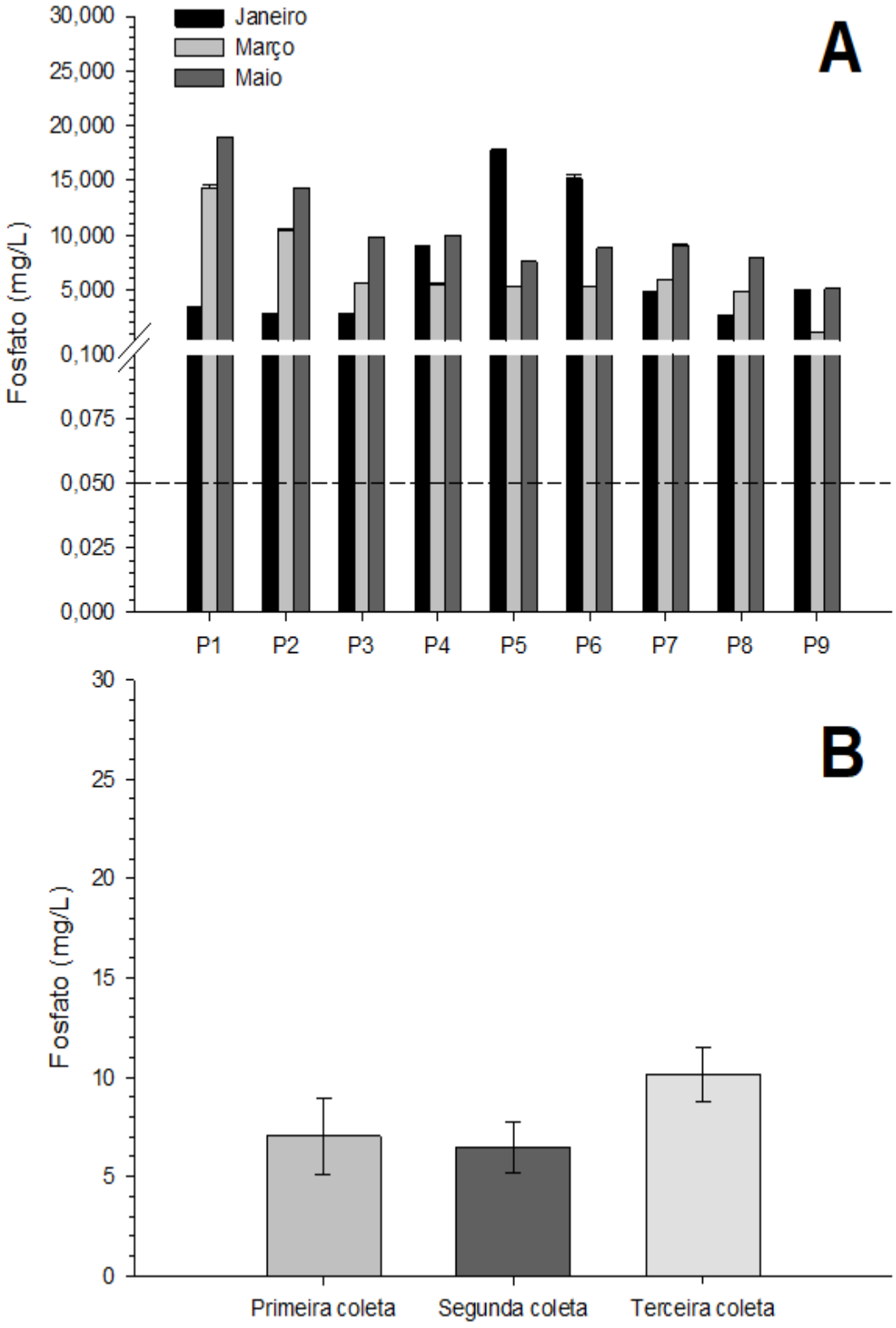


Figura 8. Concentração de fosfato (média ± SEM) das águas coletadas no rio Tejereba no Guarujá-SP nos diferentes pontos (P) nos diferentes meses de coleta (A) e média dos valores dos pontos por mês de coleta (B). Linha tracejada indica valore limite do CONAMA 357/2005 para águas classe 2. Letras diferentes indicam diferença estatística entre as coletas.

Caracterização microbiológica

No presente estudo, foi detectado coliformes totais e *E. coli* em todas as amostras e meses de coletas, conforme tabela a seguir (Tabela II). As amostras coletadas apresentaram valores de *E. coli* acima dos limites estabelecidos pela resolução CONAMA nº 375/2005 ($0{,}2x10^4$ UFC/100mL). Os níveis de coliformes totais também estão acima do limite permitido, alcançando, por exemplo, 9.981.063UFC/100 mL no ponto 05.Quando avaliada a média de *E. coli* (Figura 9A) e dos coliformes totais (Figura 9B) por período de coleta, foi verificado aumento significativo ($p < 0{,}05$) na terceira coleta em relação à primeira e a segunda somente para os coliformes totais (Figura 9B).

Tabela II. Resultados de caracterização microbiológica (*E. coli* e coliformes totais) da água do rio Tejereba (Guarujá-SP) coletadas ao longo de 3 períodos: Primeira (janeiro); Segunda (março) e Terceira (maio) coletas, no ano de 2018.

PARÂMETRO CONAMA nº 357/2005: $0{,}2x10^4$ UFC/100ml

	Primeira coleta		**Segunda coleta**		**Terceira coleta**	
	***E. coli* (UFC/100mL)**	**Coliformes totais (UFC/100mL)**	***E. coli* (UFC/100mL)**	**Coliformes totais (UFC/100mL)**	***E. coli* (UFC/100mL)**	**Coliformes totais (UFC/100mL)**
P1	8.325.094	4.186.925	8.879.615	4.542.008	7.121.480	4.121.320
P2	7.521.359	2.108.995	8.121.890	2.897.045	8.531.130	5.251.380
P3	7.932.012	2.587.222	7.321.295	4.194.037	9.121.775	4.931.150
P4	7.877.002	2.678.531	9.333.182	3.145.639	8.475.381	6.003.970
P5	6.321.183	2.518.998	9.981.063	3.867.431	6.950.370	5.871.340
P6	7.930.012	2.975.336	8.647.219	4.721.983	7.450.873	5.930.000
P7	8.285.072	3.861.667	8.156.972	4.395.831	8.005.594	6.280.981
P8	9.286.171	4.201.133	8.031.153	4.095.032	6.992.005	6.950.320
P9	7.705.001	2.568.334	12.611	731.024	8.579.758	4.931.352

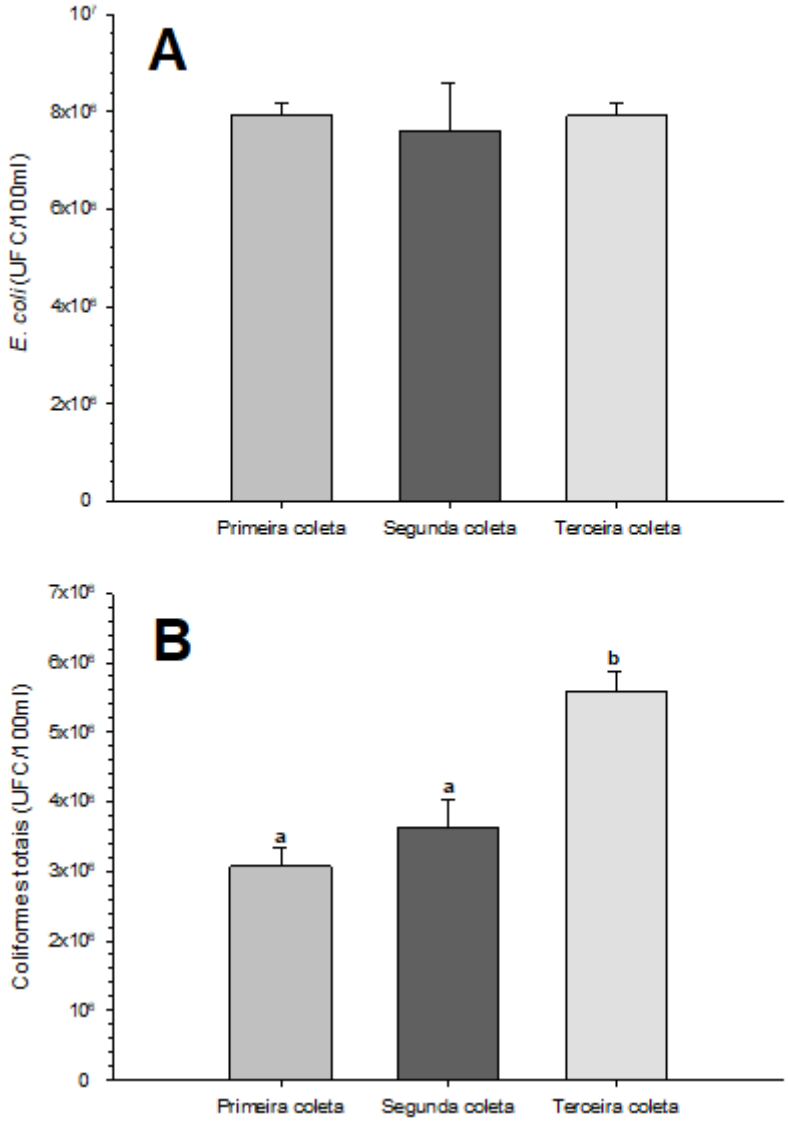


Figura 9. Média ± SEM de *E. coli* (A) e coliformes totais (B) na água do rio Tejereba (Guarujá-SP) coletadas ao longo de 3 períodos: Primeira (janeiro); Segunda (março) e Terceira (maio) coletas, no ano de 2018. Letras diferentes indicam diferença estatística entre as coletas.

Caracterização toxicológica

As águas coletadas nos meses de janeiro, março e maio de 2018 no rio do Tejereba - Guarujá, SP não apresentaram toxicidade, uma vez que o índice de imobilidade e/ou mortalidade foi nulo (0%) para *Daphinia similis*.

Análise integrada dos dados

Com o objetivo de gerar uma visão geral e integrada dos dados, uma análise dos componentes principais foi realizada (PCA) utilizando os valores dos parâmetros físico-químicos, a pluviosidade e a população flutuante nos meses estudados (janeiro, março

e maio). A análise demonstrou que os dois primeiros eixos da PCA explicam juntos cerca de 50% da variabilidade dos dados (eixo 1; 37,1% e; eixo 2; 15,44%).A pluviosidade, a porcentagem da população flutuante e turbidez foram negativamente relacionadas as outras variáveis físico-químicas (nitrato, nitrito, nitrogênio amoniacal, fosfato, *E. coli*, coliformes totais e pH), ou seja, quanto menor a porcentagem da população flutuante, menor pluviosidade, e menor a turbidez da água, maior é a concentração das outras variáveis estudadas(Figuras 10 e 11).

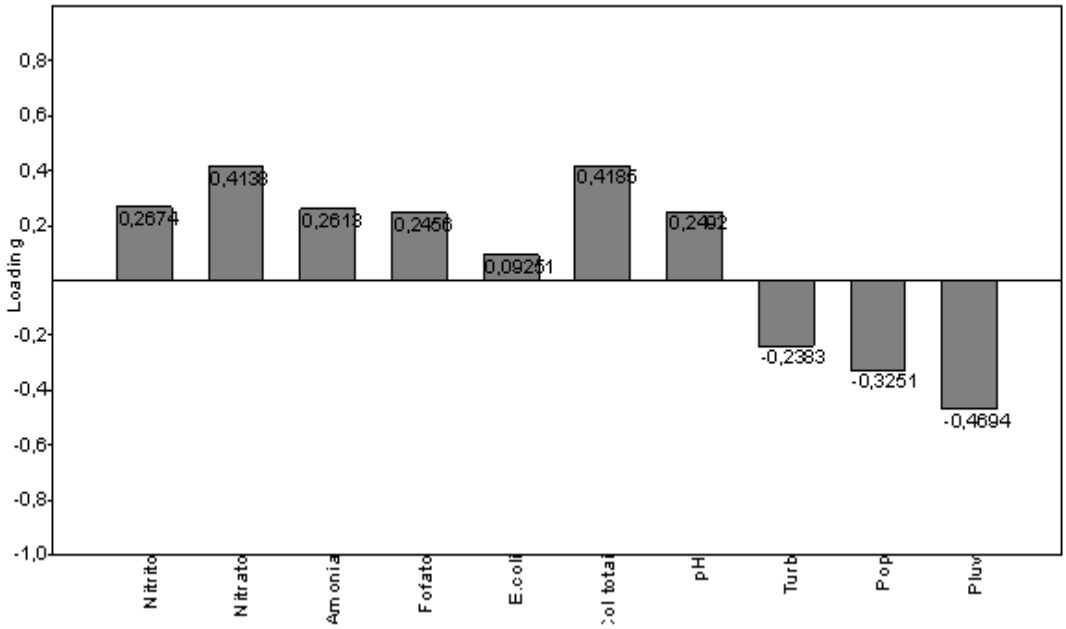


Figura 10. Valores dos *loadings* para cada variáveis estudadas após análise de PCA.

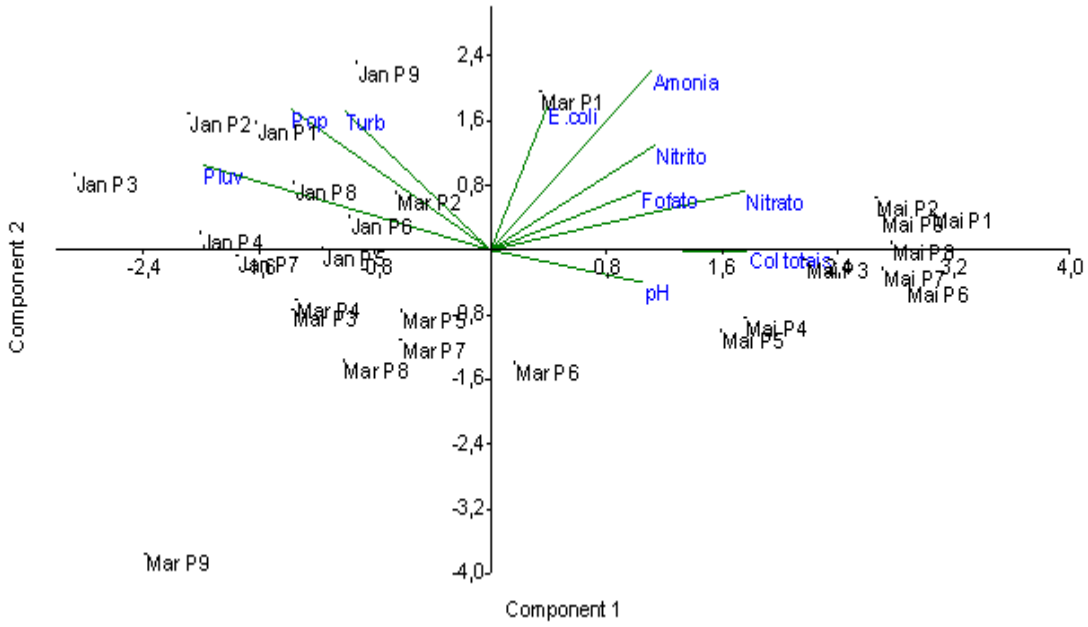


Figura 11. Gráfico gerado através da análise de PCA, demonstrando os componentes 1 (37,1%) e 2 (15,4%) e as distribuição dos pontos e das varáveis estudadas nas primeira (janeiro), segunda (fevereiro) e terceira (maio) coletas no Guarujá-SP no ano de 2018.

DISCUSSÃO

O presente estudo buscou avaliar a qualidade da água do rio Tejereba (Guarujá-SP), no qual deságua em uma praia muito apreciada por turistas, durante os períodos de alta (janeiro) e baixa (maio e março) pluviosidade e temporada de turistas no ano de 2018. As concentrações de amônia, nitrito, nitrato e coliformes totais nas águas coletados nos diferentes pontos nesse rio foram significativamente maiores no mês de maio (baixa temporada, menor pluviosidade) em relação ao mês de janeiro e março (alta/média temporada, maiores pluviosidades). A análise integrada dos dados (PCA) demonstrou agrupamentos positivamente correlacionados entre os parâmetros físico-químicos e o mês de maio, no qual foram negativamente correlacionados com a pluviosidade e a porcentagem de turistas na cidade durante esses meses. Apesar de uma piora na qualidade da água no mês de maio, nenhum dos meses estudados apresentou toxidade medida através do teste padronizado (ABNT e CETESB) com *Daphinia similis*. Nossos dados demonstraram que a qualidade da água (parâmetros físico-químicos e microbiológicos) do rio Tejereba (Guarujá-SP) está mais relacionada com pluviosidade do que com a presença de turistas nos meses estudados.

Apesar de o rio Tejereba não ser utilizado para recreação ou para abastecimento urbano, ele deságua em uma praia muito apreciada por turistas. Dessa forma, a

qualidade da água de rios que deságuam em locais turísticos deve ser monitorada. Os parâmetros físico-químicos e microbiológicos quantificam o quanto um corpo hídrico pode estar sendo modificado devido à adição direta ou indireta de substâncias, causando prejuízos aos usos que lhe conferem (D'ÁGUILA, 1996; SPERLING, 2005). Problemas com a manutenção da qualidade da água e integridade dos corpos d'água é um problema mundial, sendo que diversos trabalhos já foram realizados no sentido de avaliar a qualidade desses ambientes. No presente estudo, de todos os parâmetros físicos, químicos e microbiológicos avaliados, apenas o fosfato; coliformes totais e fecais se apresentaram acima do limite estabelecido pelas diretrizes do CONAMA 357/2015 para águas classe 2 (águas doces), em todas as coletas. Sendo que, o pH, a turbidez, o nitrito, nitrato e o nitrogênio amoniacal, apresentaram-se dentro dos limites estabelecidos por essa resolução.

Alterações no pH, pode estar relacionado a fatores naturais (dissolução de rochas, absorção de gases atmosféricos, oxidação da matéria orgânica e fotossíntese) e, também, a fatores antropogênicos, como por exemplo, pelo despejo de esgotos domésticos (SPERLING, 2005). Os resultados de pH do rio Tejereba não indicaram riscos para este ecossistema (pH próximo a neutralidade ao longo de todo o estudo). Quando são detectados valores de pH muito ácidos ou básicos, pode haver um desequilíbrio na cadeia alimentar e, portanto, uma inibição da atividade bentônica e planctônica. Já o pH na faixa encontrada neste estudo (entre 6,5 e 8,5), pode ser considerado como uma condição normal (sem impacto) de um curso d'água (HERMES; SILVA, 2004). Entretanto, pondera-se que, como as substâncias que eventualmente são dispostas neste córrego (seja pelo aporte de esgoto clandestino, seja pelo escoamento de águas pluviais) podem ter características ácidas ou básicas, elas podem estar se neutralizando após serem dispostas neste córrego. Desta forma, o fato de as amostras apresentarem um pH próximo a neutralidade, não é garantia da ausência de substâncias poluidoras sendo despejadas no rio Tejereba. Estes resultados são similares a de outros trabalhos realizados nas águas deste mesmo córrego, em 2013, cujos valores variaram entre 6,80 e 7,33 (ROVERI 2013). Da mesma forma, (MCKENZIE; YOUNG,2013) ao monitorarem o escoamento superficial urbano em duas áreas distintas (área urbana e rodovias), detectaram pH entre 7,0 a 8,2, resultados similares aos encontrados no rio Tejereba.

Embora o córrego sofra interferência de esgotos clandestinos domésticos, drenagem de águas pluviais e atividades comerciais (inclusive de cemitério entre os pontos 02 e 03), a turbidez não indicou variou muito entre os pontos e se encontraram a baixo do limite estabelecido pela CONAMA 357/2015. Mesmo durante o período chuvoso (1º e 2º campanhas de coleta deste estudo) quando seria esperado maiores valores de turbidez,

devido ao maior transporte de partículas por escoamento superficial para os corpos d'água (DUSSARTET AL., 2003; SILVA ET AL., 2003; VALDES ET AL., 2005), não foi observada grandes alterações desta variável no rio estudado.

Com relação a série de nitrogênio, em todas as campanhas, foi observada a predominância de nitrato em relação ao nitrogênio amoniacal, sugerindo uma possível poluição antiga ou de fontes distantes (CASSANEGO,2017; ZOTOUET AL.,2018). Esta condição pode se justificar pelo fato deste canal ser lêntico e, também, já receber o aporte de esgotos domésticos há muitos anos. Desta forma, trata-se de uma poluição antiga nesse rio. As concentrações somadas de nitrogênio amoniacal, nitrito e nitrato do córrego Tejereba, superam as concentrações máximas de nitrogênio total detectadas em estudos sobre escoamento de águas pluviais urbanas, na Flórida/Estados Unidos (Estado com amplo atendimento do saneamento ambiental): 1.09 mg/L de nitrogênio total (BADRUZZAMANET AL.,2012), o que sugere, novamente, que as concentrações obtidas no presente estudo, podem ter relação direta com a presença de esgotos clandestinos advindos do morro da Enseada. Estudos conduzidos por Hanet al. (2017) demonstraram que o aporte de cargas difusas de nitrato nos corpos de água, são responsáveis pela eutrofização, mortandade de peixes e perda da biodiversidade aquática. Pelo fato de o córrego desaguar nas praias da Enseada, a presença deste poluente pode estar contribuindo para o desequilíbrio do ecossistema marinho (HAN ET AL.,2017).

As altas concentrações de fosfatos são preocupantes neste estudo, pois assim como a série de nitrogênio, o aporte de fosfatos no ambiente marinho pode contribuir para a eutrofização deste ecossistema (CETESB, 2007) e causar a proliferação de algas tóxicas, com reflexos diretos à biocenose Zotouet al. (2018). Além disso, a eutrofização poderá atrapalhar atividades recreativas na praia da Enseada. Em casos mais extremos, algumas toxinas geradas pelo grande aporte de fosfatos, podem contribuir para problemas neurológicos ou respiratórios em seres humanos (KIRKPATRICK ET AL., 2004).

A concentração de coliformes totais e fecais se apresentaram acima do limite estabelecido (0,2 x 10^4 UFC/100ml). A presença de bactérias do tipo coliformes totais pode ser também associada com contaminação fecal e, no presente estudo, excedeu o limite estabelecido em 4000x, nas três coletas realizadas (janeiro, março e abril). Já a concentração de coliformes fecais excedeu o limite estabelecido pela legislação em 1500x; 1750x e 3000x nos meses de janeiro, março e maio, respectivamente. Apesar de todos os meses terem violado as diretrizes da CONAMA para coliformes totais e fecais, houve um aumento na concentração de coliformes fecais no mês de maio. De uma forma inesperada, esse mês apresentou menor porcentagem de turistas em

relação aos outros meses (cerca de 5% menos turistas) e, ao mesmo tempo, menores índices pluviométricos. Por outro lado, Crabillet al., (1999) estudando a qualidade da água do rio Oak no Arizona (EUA) encontraram aumento na concentração de coliformes totais, sendo esse aumento relacionado com maiores períodos de pluviosidade e maior uso recreacional. É possível de se especular que, no presente estudo, a diminuição da pluviosidade tenha causada uma diminuição na diluição das águas, levando a uma maior concentração de coliformes fecais nesses ambientes, mesmo quando esse período está relacionado com menor porcentagem de turistas (CRABILLET ET AL.,1999).

Por outro lado, a presença de coliformes totais em altas concentrações em todos os meses amostrados, independente do período de maiores ou menores chuvas/população flutuante, pode ser devido ao contínuo despejo de efluentes domésticos nesse rio. A presença destas bactérias nos canais de Tejereba, indicam um potencial riscos à saúde, uma vez que estas águas desembocam direto em uma praia muito apreciada por turistas. Estudos realizados na Europa demonstraram que estes patógenos, quando conduzidos para as praias via canais de drenagem pluviais durante episódios de chuva, são responsáveis pela perda sistemática da balneabilidade das praias (FEDERIGIET AL.,2016). Apresentam, também, um potencial risco para a saúde pública pois a exposição à eles nestas águas recreacionais está associada ao aumento de risco de doenças gastrointestinais, infecções respiratórias, de olhos, ouvidos, pele, além de meningite e hepatite (SCHETS ET AL., 2011), sendo que durante o verão, quando há um aumento de turistas e de descargas de esgotos no mar, os eventos de gastroenterite são agravados (SUNDERLAND ET AL.,2007). O fato de *E. Coli* ter sido detectada em altas concentrações em todas as campanhas, indicam, portanto, uma interferência antrópica advinda dos esgotos clandestinos do morro da Enseada, já que a bactéria é um importante marcador de esgotos domésticos, e está presente nas fezes humanas em percentuais entre 96 a 99% (VITORINO, 2018). Estes resultados são muito semelhantes a outro trabalho realizado nas águas deste mesmo córrego, em 2013, que também detectaram altas concentrações de *E.coli* nestes canais de drenagem (ROVERI, 2013), demonstrando que após 5 anos, as condições de saneamento da praia da Enseada não apresentaram melhora. A CETESB monitora 8 das 26 praias do município, com frequência semanal (aos domingos), onde utiliza o indicador microbiológico Enterococos. Já os canais, 31 dos 43 (dentre eles o rio Tejereba) são amostrados uma vez por semestre (duas vezes ao ano) e são analisados através do indicador microbiológico *E. coli*. Os resultados de *E.coli*, monitorados pela CETESB, corroboram com este estudo também, apresentando alta concentração dessa bactéria neste rio (CETESB, 2017).

O rio Tejeraba, apresentou certo grau de contaminação quando comparados com os limites estabelecidos pela resolução CONAMA 357/2015, principalmente a concentração de fosfato e presença de coliformes totais e fecais. Houve uma relação entre a pluviosidade e o aumento nas concentrações desses parâmetros, onde nos meses de menores pluviosidades, houve maiores concentrações de coliformes totais e nitrato, como evidenciado pela PCA. Não foram encontradas relações significativas entre a população flutuante e os parâmetros analisados.

7. REFERÊNCIAS

ABES-SP. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Disponível em: <http://abes-sp.org.br/noticias/19-noticias-abes/6251-artigo-como-pode-faltar-agua-nabaixada-santista-com-tanto-investimento> Acesso em: 09 Jan. 2019.

ACCUWEATHER. Disponível em: <https://www.accuweather.com/pt/br/guaruja/36349/weather-forecast/36349>Acesso em: 09 Ago. 2018.

APHA -**Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water.** 22nd Edition, American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. 2012.

APHA -**Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.** 20th Edition, American Public Health Association, Washington DC. 1999.

BADRUZZAMAN, M., PINZON, J., OPPENHEIMER, J., JACANGELO, J.G., 2013. **Sources of nutrients impacting surface waters in Florida**: A review. J. Environ. Manage. 109, 80–92.

CASSANEGO, M.B.B., DROSTE, A., 2017. **Assessing the spatial pattern of a river water quality in southern Brazil by multivariate analysis of biological and chemical indicators** 77, 118–126. Brazilian Journal of Biology. Vol. 77. 118-126. 2017.

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Coliformes totais – determinação pela técnica de membrana filtrante – método de ensaio.** Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/praias/balneabilidadeesaude/>Acesso em: 09 Fev. 2019.

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Relatório de qualidade das águas litorâneas no Estado de São Paulo: balneabilidade das praias**. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/praias/balneabilidadeesaude/>Acesso em: 09 Fev. 2019.

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Relatório de qualidade das praias litorâneas do Estado de São Paulo**. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/praias/balneabilidadeesaude/>Acesso em: 09 Fev. 2019.

COELHO, R, F.; **Caracterização físico-química, microbiológica e ecotoxicológica das águas dos canais de drenagem urbana de Santos (São Paulo, Brasil).** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Universidade Santa Cecília. Santos, 2013.

CONAMA. CONSENHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 357. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil.** Brasília, DF, 18 mar. 2005.

<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459> Acesso em: 09 Jan. 2018

CRABILL, C.; DONALD, R.; SNELLING, J.; FOUST, R.; SOUTHAM, G.; **The impact of sediment fecal coliform reservoirs on seasonal water quality in Oak Creek, Arizona.** In: Water Research. Vol. 33: 2163- 2171.1999.

D'AGUILA, P. S.; **Pseudomonas aeruginosa como Indicador em Análises Bacteriológicas de Águas de Abastecimento Público.** Dissertação de Mestrado, Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz.Rio de Janeiro,1996.

DUSSART-BAPTISTA, L.; MASSEIA; N. DUPONT, J.-P; JOUENNE, T. **Transfer of bacteriacontaminated particles in a karst aquifer: evolution of contaminated materials from a sinkhole to a spring**. In: Journal of Hydrology. Vol. 284: 285–295. 2003.

FEDERIGI, I., VERANI, M., CARDUCCI, A. **Sources of bathing water pollution in northern Tuscany (Italy): Effects of meteorological variables**. In: Marine Pollution Bulletin. Vol. 114. 843-848. 2016.

HAN, L.; HUANG, M.; MA, M., WEI, J., HU, W., CHOUHAN, S. **Evaluating Sources and Processing of Nonpoint Source Nitrate in a Small Suburban Watershed in China. J. Hydrol.** In: Jornal of Hydrology. Vol. 559. 661-668. 2017.

HERMES, L. C.; SILVA, A. S. **Avaliação da qualidade das águas: manual prático.** Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 55p.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/guaruja/historico>Acesso em: 30 Nov. 2018.

KIRKPATRICK, B.; FLEMING, L. E.; SQUICCIARINI, D.; BACKER, L.C.; CLARK, R.; ABRAHAM, W.; BENSON, J.; SUNG, Y.; JOHNSON, D.; PIERCE, R.; ZAIAS, J.; BOSSART, G.D.; BADEN, D.G.; **Literature review of Florida red tide: implications for human health effects 3**. In: Harmful Algal. Vol. 3. 99-115. 2004.

MANAFI, M; **Fluorogenic and chromogenic enzyme substrates in culture media and identification tests.**International Journal of Food Microbiology. Vol. 31, n. 1, p. 45-58, 1996.

MAROTTA, H.;DOS SANTOS, R.O; ENRICH-PRAST, A. **Monitoramento limnológico: um instrumento para a conservação dos recursos hídricos no planejamento e na gestão urbano-ambientais.** Ambiente &Sociedade, Vol. 11, n. 1, 2008.

MCKENZIE, E.R., YOUNG, T.M., **A novel fractionation approach for water constituents-distribution of storm event metals.** In: Environmental Science: Processes & Impacts.Vol. 15. 1006-1016. 2013.

MINUZZI, R. B.; SEDIYAMA, G. C.; BARBOSA, E. M.; JUNIOR, J. C. F. M.; **Climatologia do comportamento do período chuvoso da região sudeste do Brasil.** Universidade Federal de Viçosa, Dep. Engenharia Agrícola; Revista Brasileira de Meteorologia, Vol. 22, n.3, 338-344, 2007.

PLANO DIRETOR DO GUARUJÁ - **Plano diretor de saneamento básico**. Disponível em: <http://www.guaruja.sp.gov.br/wp-content/uploads/2016/09/Plano-de-Saneamento-B%C3%A1sico-14.09.2016.pdf>Acesso em: 30 Ago. 2018.

RIBEIRO, J. W.; ROOKE, J. M. S. **Saneamento Básico e sua relação com o meio ambiente e a saúde pública.** Faculdade de Engenharia da UFJF; 2010.

ROVERI, V. **Avaliação Físico-Química, Microbiológica e Ecotoxicológica das Águas dos Canais de Drenagem Urbana da Praia da Enseada, Guarujá/SP**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Universidade Santa Cecília. Santos, 2013.

SABESP - **Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo** Disponível em: <http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaoId=49> Acesso em: 11 Out. 2018.

SCHETS, F.M., SCHIJVEN, J.F., RODA HUSMAN, D.R. **Exposure assessment for swimmers in bathing waters and swimming pools.** In: Water Res. Vol. 45. 2392–2400. 2011.

SILVA, A. M., SCHULZ, H. E. e CAMARGO, P. B. **Erosão e Hidrossedimentologia em Bacias Hidrográficas.** São Carlos: Rima. 11-45; 83-91. 2003.

SOUZA, J.L; SILVA, I.R; **AVALIAÇÃO DA QUALIDADE AMBIENTAL DAS PRAIAS DA ILHA DE ITAPARICA, BAÍA DE TODOS OS SANTOS, BAHIA.** Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia, Brasil & Universidade Católica de Salvador, Salvador, Bahia, Brasil. 2015.

SPERLING, M.V.**Introdução à Qualidade das Águas e Tratamento de Esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; 2005.

SUNDERLAND, D., GRACZYK, T.K., TAMANG, L., BREYSSE, P.N. **Impact of bathers on levels of Cryptosporidium parvum oocysts and Giardia lamblia cysts in recreational beach waters.** Vol.41. 3483–3489. 2007.

VALDES, P. J.; BEERLING, D. J.; JOHNSON, C. E.; **The ice age methane budget, Geophys.** Geophysical Research Letters, Vol. 32, n. 2, 2005.

VITORINO, M.I.**Avaliação sazonal da qualidade das águas superficiais e subterrâneas na área de influência do Lixão de Salinópolis, PA**. In: Revista Ambiente e Água, Vol. 13, n. 2, 2018.

ZOTOU, I., TSIHRINTZIS, V.A., GIKAS, G.D.**Comparative Assessment of Various Water Quality Indices (WQIs) in Polyphytos Reservoir-Aliakmon River**, Greece. In: Multidisciplinary Digital Publishing Institute Proceedings. 2018. p. 611.