



Artigo Original

e-ISSN 2177-4560

DOI: 10.19180/2177-4560.v14n22020p422-441

Submetido em: 03 mar. 2020

Aceito em: 12 set. 2020

Avaliação da qualidade da água em canal do estuário do Rio Paraíba do Sul, norte do Rio de Janeiro

Juliana Santos Alves de Souza  <https://orcid.org/0000-0001-5486-6182>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense. Engenheira Ambiental e Pós-graduanda em Gestão e Sustentabilidade de Recursos hídricos pelo Instituto Federal Fluminense – RJ - Brasil. E-mail: wjulianaalves@gmail.com

Marianna de Queiroz Louro de Oliveira  <https://orcid.org/0000-0002-0139-4860>

Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Doutora em Ecologia e Recursos Naturais pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – RJ - Brasil. E-mail: mariannalouro@yahoo.com.br

Resumo

As áreas costeiras sofrem diversos impactos oriundos da expansão urbana nos litorais. Esse avanço ocorre de forma irregular e sem adequado planejamento. Além disso, nesses ambientes, evidencia-se uma disposição de efluentes domésticos sem tratamento nos manguezais, como ocorre no estuário do Rio Paraíba do Sul. Dessa forma, o objetivo deste trabalho é avaliar a qualidade da água, utilizando o Método dos Tubos Múltiplos para análise de parâmetros microbiológicos (coliformes totais e termotolerantes) e potenciômetros para verificar os parâmetros físico-químicos (condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, pH, salinidade e temperatura). As médias de todos os parâmetros físico-químicos são similares às encontradas na literatura, exceto para as concentrações de oxigênio dissolvido. Os resultados de coliformes totais e termotolerantes apresentaram correlações significativas com o pH e a temperatura. O ponto com maior degradação tem afetado áreas mais preservadas. Assim, dada a sua importância para o equilíbrio ambiental e social, são necessárias ações que promovam a proteção desse ambiente.

Palavras-chave: Manguezal. Qualidade ambiental. Impacto Ambiental.

Evaluation of water quality in a channel in the Paraíba do Sul River estuary, northern Rio de Janeiro

Abstract

Coastal areas suffer several impacts from urban expansion along the coast. This advance occurs in an irregular way and without proper planning, in addition, in these environments there is evidence of untreated domestic effluents in the mangroves, as occurs in the Paraíba do Sul River estuary. Thus, the objective of this is to assess water quality, using the Multiple Tube Method to analyze microbiological parameters (total and thermotolerant coliforms), and potentiometers to check the physical-chemical parameters (electrical conductivity, dissolved oxygen, pH, salinity and temperature). The averages of all physical-chemical parameters are similar to those found in the literature, except for dissolved oxygen concentrations. The results of total and thermotolerant coliforms showed significant correlations with pH and temperature. The most degraded point has affected more preserved areas. Thus, actions are needed to promote the protection of this environment, due to its importance for environmental and social balance.

Keywords: Mangrove. Environmental Quality. Environmental Impact.



Evaluación de la calidad del agua en el cauce del estuario del río Paraíba do Sul, norte de Río de Janeiro

Resumen

Las áreas costeras sufren varios impactos de la expansión urbana a lo largo de la costa. Este avance se da de manera irregular y sin una planificación adecuada, además, en estos ambientes hay evidencia de efluentes domésticos no tratados en los manglares, como ocurre en el estuario del río Paraíba do Sul. El objetivo de este trabajo es evaluar la calidad del agua, utilizando el método de tubos múltiples para analizar parámetros microbiológicos (coliformes totales y termotolerantes), y potenciómetros para comprobar los parámetros físico-químicos (conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, pH, salinidad y temperatura). Los promedios de todos los parámetros físico-químicos son similares a los encontrados en la literatura, excepto por las concentraciones de oxígeno disuelto. Los resultados de coliformes totales y termotolerantes mostraron correlaciones significativas con el pH y la temperatura. El punto más degradado ha afectado a zonas más conservadas. Por lo tanto, se requieren acciones para promover la protección de este medio ambiente, por su importancia para el equilibrio ambiental y social.

Palabras clave: Manglar. Calidad del medio ambiente. Impacto ambiental.



Avaliação da qualidade da água em canal do estuário do Rio Paraíba do Sul, norte do Rio de Janeiro

Juliana Santos Alves de Souza, Marianna de Queiroz Louro de Oliveira

1 Introdução

As construções desordenadas nos litorais vêm afetando negativamente as restingas e os manguezais do país, pois, como se observa, há, nesses lugares, falta de planejamento sanitário adequado que concilie a ocupação urbana com a preservação do ecossistema. Além disso, a população residente desses ambientes torna-se sujeita às doenças provenientes de saneamento deficiente. Dessa forma, é possível observar a dimensão do problema, que afeta as regiões litorâneas no aspecto ecológico e também a saúde pública (FIRME, 2003; FNS, 2004).

Grande parte da comunidade do local da presente pesquisa (Gargaú, São Francisco de Itabapoana/RJ) necessita dos serviços oferecidos pelo manguezal, tornando-se, portanto, de fundamental relevância avaliar a qualidade dos compartimentos ambientais ali presentes. O contato com ambientes contaminados propicia ou facilita o aparecimento de doenças e, além disso, a qualidade ambiental interfere nos produtos oriundos desses meios.

Com base nisso, este estudo possui como objetivo avaliar a qualidade da água de dois pontos do canal do estuário do Rio Paraíba do Sul, Norte Fluminense, mediante análises microbiológicas (coliformes totais e termotolerantes) e de parâmetros físico-químicos (condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, pH, salinidade e temperatura), a fim de verificar resquícios de possível contaminação do canal.

2 Revisão Teórica

Os manguezais estão localizados nas zonas tropicais do globo em regiões como estuários, lagoas costeiras, baías e deltas; áreas onde acontece o encontro de águas dulcícolas com as salinas (ALVES, 2001). O Brasil apresenta aproximadamente 25.000 km² (quilômetros quadrados) de área desse ecossistema, e isso alberga grande parte do litoral do país (SANTOS; CAMARA, 2002).

A composição de seus sedimentos é oriunda dos rios e mares. Por conta da dinâmica estuarina, as partículas do solo do manguezal apresentam diâmetros inferiores e alta superfície específica, fator que auxilia no agrupamento dos grãos. Além da dinâmica, as raízes das espécies vegetais endêmicas funcionam como barreiras onde ocorre o acúmulo de material, proporcionando a retenção e estabilidade dos sedimentos (ALVES, 2001; MENEZES, 2006).

O endemismo é devido ao estresse salino, logo, as espécies vegetais apresentam maior tolerância à condição. Sendo essas classificadas como halófitas (NANNI *et al.*, 2005; SANTOS, 2016), sobrevivem em locais com concentrações de NaCl (Cloreto de Sódio) de 200 mM ou superiores a essa (FLOWERS; COLMER, 2008).

Nos manguezais é possível, também, encontrar moluscos, crustáceos e peixes que são importantes para comercialização. Além disso, algumas espécies de aves procuram os manguezais para abrigo e alimentação, em razão de estarem menos ameaçadas em meio à urbanização encontrada nos litorais brasileiros (NANNI *et al.*, 2005; SANTOS, 2016).

Outro fator importante é que esse ecossistema controla as interações entre a costa e o mar, evitando erosões provocadas pela força das marés. Ademais, a sinergia do manguezal proporciona a manutenção de canais do entorno, importante para navegação (ALVES, 2001; NANNI *et al.*, 2005; SANTOS; CAMARA, 2002).

No panorama da região Norte Fluminense, a pesca e coleta de crustáceo é uma das principais atividades para sustento das famílias dessa região, sendo que 23,3% dessas pertencem ao município de São Francisco de Itabapoana (CAMPOS; TIMÓTEO; 2017), sendo, porém, necessário que os usuários que usufruem desses recursos possuam



Avaliação da qualidade da água em canal do estuário do Rio Paraíba do Sul, norte do Rio de Janeiro

Juliana Santos Alves de Souza, Marianna de Queiroz Louro de Oliveira

consciência ambiental para que promovam a sustentabilidade, evitando maiores degradações durante o desenvolvimento de suas atividades (ROCHA, 2015).

As contaminações por fontes ricas em nitrogênio e fósforos nos corpos hídricos que se encontram próximos aos manguezais podem vir a influenciar em sua dinâmica, ciclos reprodutivos, cadeia alimentar e na ciclagem de nutrientes, pois a poluição poderá causar maior proliferação dos produtores primários e de bactérias, o que, em contrapartida, aumentará a demanda por oxigênio de um solo já deficitário desse nutriente (SANTOS, 2016).

Agropecuária, mineração, construção de áreas portuárias, aterros, lixões e a carcinicultura constituem atividades potencialmente prejudiciais ao ecossistema, além de as pavimentações, que são resultantes do crescente avanço da urbanização em zonas costeiras, também o serem (FREITAS *et al.*, 2017; SANTOS, 2016; SANTOS *et al.*, 2017; SANTOS; CAMARA, 2002).

Além dos fatos citados, deve-se atentar para os impactos acarretados pela presença da comunidade próxima aos manguezais, dos quais destacam-se a disposição inadequada dos efluentes domésticos e as construções nos limites dos manguezais. Esses são agentes que, aliados, podem provocar prováveis episódios de inundações e aumentar as chances de proliferação de doenças, situação já propícia nesses ambientes em razão de suas particularidades, como a alta taxa de umidade (FREITAS *et al.*, 2017).

Os coliformes, bactérias anaeróbicas e aeróbicas facultativas gram-negativas, não produzem endosporos, apresentam morfologia bacteriana em forma de bacilo e fermentam a lactose quando incubadas (MOREIRA *et al.*, 2015; TORTORA *et al.*, 2012), e são utilizados como bioindicadores para detecção de contaminação por fezes humanas. A quantidade dessas nas amostras indicará possíveis casos de contaminação por esgotos domésticos (CASTRO; CORREIA, 2008).

O município de São Francisco de Itabapoana apresenta 41.354 habitantes, densidade demográfica de 36,84 habitantes por km² (quilômetro quadrado), possuindo condições de esgotamento adequado apenas 13% da população (IBGE, 2010). Silva e Oliveira (2014) demonstram que há grande quantitativo de fossas gerando contaminação dos corpos hídricos no município. Segundo uma entrevista realizada por Santos (2017) com vinte catadores de caranguejo que vivem em Gargaú, 85% deles não são atendidos por coleta e tratamento do efluente doméstico e, desses, 25% direcionam os esgotos diretamente no manguezal.

Segundo Pinheiro (2017), há uma extrema necessidade de inserção de valoração ao manguezal de Gargaú, pois, como já citado, até os beneficiários diretos do manguezal vêm lhe gerando degradação de forma acentuada. Corroborando para tal afirmação, Bernini *et al.* (2010) mostram que existe uma grande fragmentação no manguezal de Gargaú, consequência da atividade pecuária e da extração de madeira. Além disso, apontam que, entre as áreas do manguezal do Rio Paraíba do Sul, Gargaú enquadra-se na necessidade de implementação de medidas de conservação.

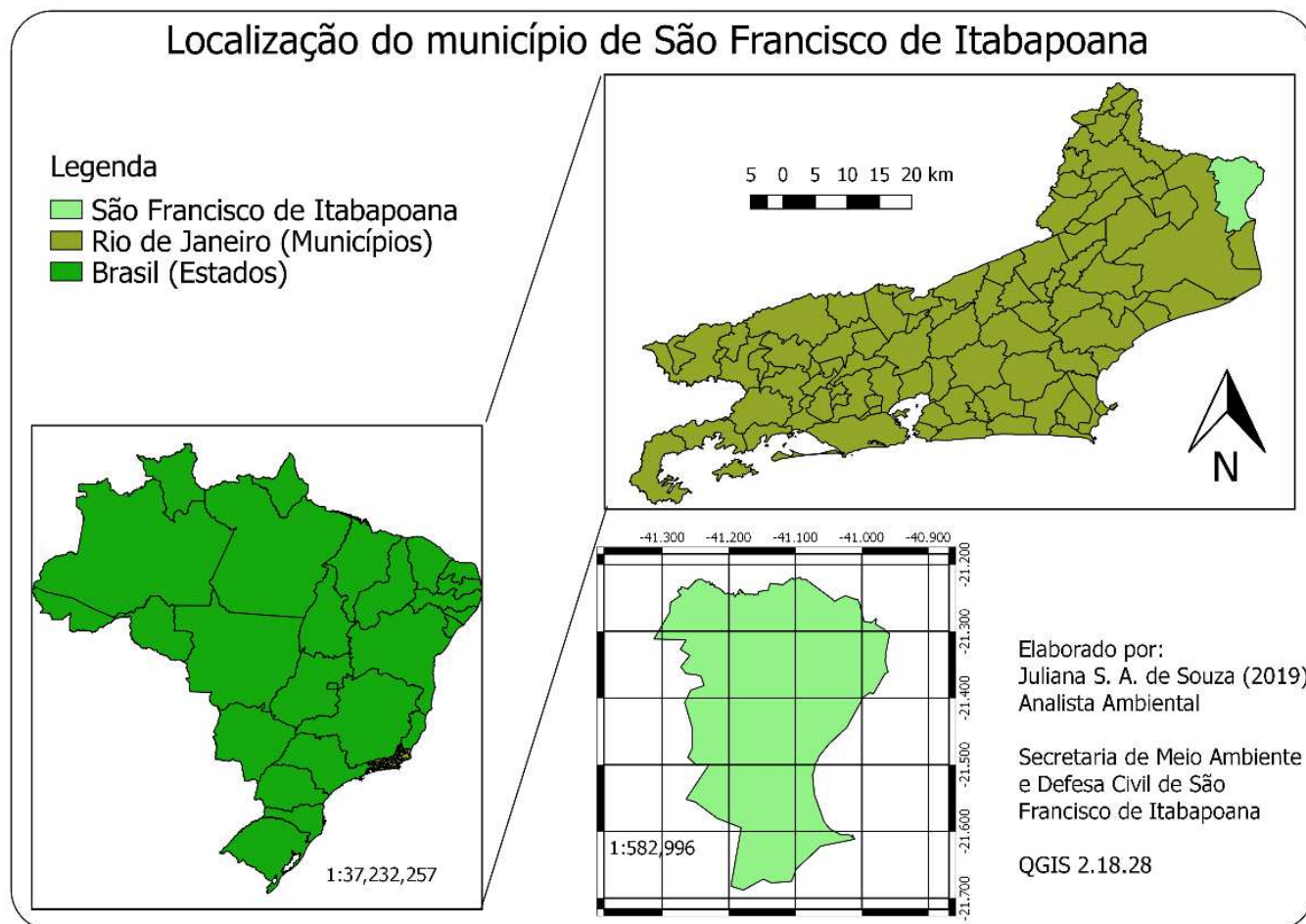
3 Material e Métodos

3.1 Área de estudo

A área de pesquisa pertence ao estuário secundário do Rio Paraíba do Sul, no manguezal de Gargaú, no município de São Francisco de Itabapoana, Rio de Janeiro, Brasil (Figura 1).

Avaliação da qualidade da água em canal do estuário do Rio Paraíba do Sul, norte do Rio de Janeiro
Juliana Santos Alves de Souza, Marianna de Queiroz Louro de Oliveira

Figura 1: Localização do município de São Francisco de Itabapoana, Rio de Janeiro, Brasil



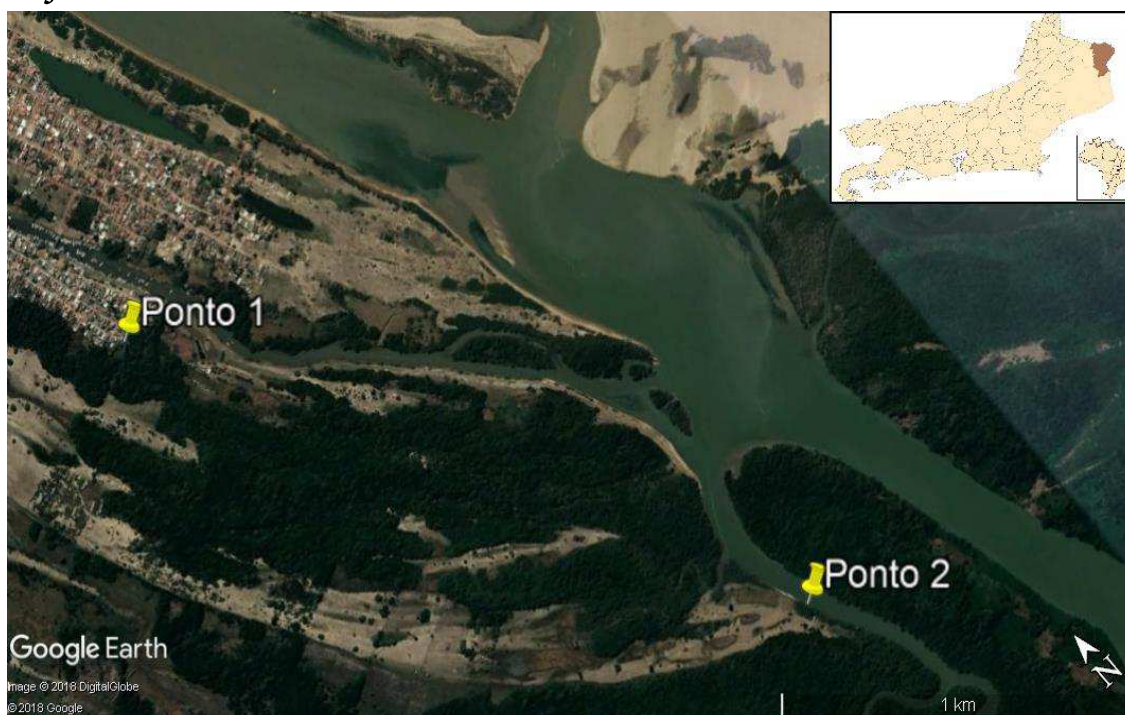
Fonte: Os autores (2019)

O clima característico é o Aw, classificação de Köppen (1990), com inverno seco e verão chuvoso. Os pontos (Figura 2, Quadro 1) foram selecionados de modo a avaliar a influência de um local com maior degradação e desmatamento (Ponto 1) para um ponto mais conservado do ecossistema (Ponto 2). Além disso, uma área localiza-se na parte interna do canal, com maior influência do manguezal (Ponto 1), e outra (Ponto 2) é de transição entre o manguezal e o mar, sendo mais afetado pelas águas salinas. Como existe diferença nas dinâmicas das águas entre os pontos, torna-se relevante verificar a qualidade do canal nesses trechos com suas respectivas particularidades.

Avaliação da qualidade da água em canal do estuário do Rio Paraíba do Sul, norte do Rio de Janeiro

Juliana Santos Alves de Souza, Marianna de Queiroz Louro de Oliveira

Figura 2: Localização dos pontos amostrais e do município em destaque (marrom) no mapa do Rio de Janeiro



Fonte: Adaptado pelos autores do *Google Earth Pro* (2018)

Tabela 1: Coordenadas dos pontos de coleta das amostras

	Coordenadas
Ponto 1	21°35'5.50"S e 41°3'40.30"O
Ponto 2	21°36'4.01"S e 41° 3'5.94"O

Fonte: Os autores (2018)

A área de estudo tem sido fragmentada e impactada pelas moradias irregulares, o descarte de esgotos *in natura* e a criação de suínos (Ponto 1), e, mesmo em locais mais conservados do estuário, é possível encontrar locais com resquício de desmatamento, incêndios e presença de gado (Ponto 2).

3.2 Campanha de coleta

As campanhas de coletas foram realizadas nos meses de abril a julho de 2018 (Quadro 1), abrangendo diferentes períodos pluviométricos, final do período chuvoso (precipitação média 83 mm) e início do período seco (precipitação média de 43 mm). A água foi coletada superficialmente e armazenada em frascos de vidro com tampa

Avaliação da qualidade da água em canal do estuário do Rio Paraíba do Sul, norte do Rio de Janeiro

Juliana Santos Alves de Souza, Marianna de Queiroz Louro de Oliveira

de alumínio, previamente esterilizados e transportados em caixa térmica com gelo até o laboratório do Instituto Federal Fluminense *Campus* Campos Guarus. As amostras foram processadas no mesmo dia da coleta.

Quadro 1: Dias de coletas das amostras

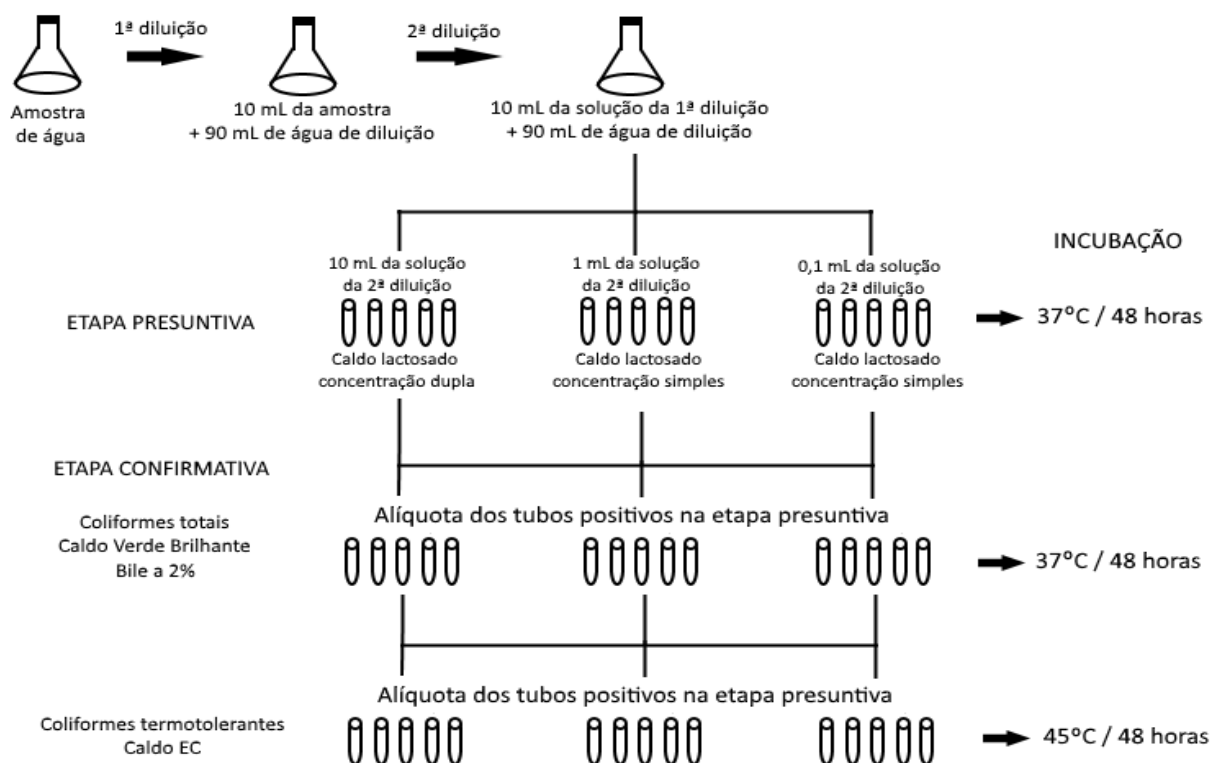
	Abril		Maio	Junho		Julho
Dias das coletas	16	30	14	11	25	9

Fonte: Os autores (2018)

3.3 Análise microbiológica, físico-química e estatística

A quantificação de coliformes totais e termotolerantes foi realizada pelo Método dos Tubos Múltiplos (NMP/100 mL) (FUNASA, 2013), com etapas de diluição da amostra bruta, teste presuntivo e confirmativo (Figura 3).

Figura 3: Esquema da análise de coliformes totais e termotolerantes nas amostras de água



Fonte: Os autores (2019)



Avaliação da qualidade da água em canal do estuário do Rio Paraíba do Sul, norte do Rio de Janeiro

Juliana Santos Alves de Souza, Marianna de Queiroz Louro de Oliveira

O pH, a salinidade (sal), a temperatura (TA), o oxigênio dissolvido (OD) e a condutividade elétrica (CE) foram determinados pelos seguintes potenciômetros de campo: medidor de oxigênio dissolvido digital portátil com RS-232 e *dataloger mod* MO-900 (Precisão OD: $\pm 0,4$ mg/L. Precisão TA: $\pm 0,8^{\circ}\text{C}/1,5\text{F}$) e medidor multiparâmetro Hanna HI9829 (Precisão: CE: ± 1 $\mu\text{S}/\text{cm}$, pH: $\pm 0,02$, sal: $\pm 0,01$).

O nível da maré foi obtido por meio do Tábua de marés, no período da campanha de coleta, de 16 de abril a 09 de julho de 2018 (http://www.tabuademares.com/br/rio-de-janeiro/so-francisco-de-itabapoana#to_top).

Para avaliação estatística, os programas utilizados foram: *STATISTICA* (versão 10) para verificação da normalidade das variáveis; pelo teste *Shapiro Wilk* ($\alpha = 0,05$) e o *GraphPad Prism* (versão 7.4) para os testes de variância e correlação estatística (Correlação de *Pearson* (r) e de *Spearman* (p), $\alpha = 0,05$).

4 Resultados

Ao longo da campanha de coleta, houve precipitação pluviométrica nos dias 16 de abril e 14 de maio de 2018. Os meses de junho e julho são os que apresentam as menores precipitações nas normais climatológicas do município, 30 mm e 29 mm, respectivamente. Não houve diferença estatística entre as variáveis dos pontos analisados. As médias e os desvios-padrões dos resultados obtidos para as variáveis foram determinados (Tabela 2). Na maioria das amostras, o pH foi classificado como neutro. Verificou-se a correlação estatística entre os parâmetros, matrizes de correlação (Quadro 2 e Quadro 3).

Tabela 2: Valores médios e desvios-padrão dos parâmetros físico-químicos da água nos Pontos 1 e 2

	pH	Salinidade (‰)	CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	OD (mg/L)	Temperatura da água ($^{\circ}\text{C}$)
P1	7,90 \pm 0,38	2,11 \pm 1,18	3588 \pm 1922,34	1,408 \pm 0,66	23,12 \pm 1,52
P2	7,81 \pm 0,37	2,60 \pm 1,10	4376 \pm 1717,83	1,732 \pm 0,21	23,98 \pm 1,86

Fonte: Os autores (2019)

Quadro 2: Matriz de correlações significativas de *Spearman*¹ e *Pearson*² dos parâmetros físico-químicos na água do Ponto 1

	CE	OD	pH	Sal	TA
CE	1				
OD	ns	1			
pH	ns	-0,532 ²	1		
Sal	1,000 ¹	0,696 ²	ns	1	
TA	-0,600 ¹	0,600 ¹	0,657 ¹	-0,600 ¹	1

Fonte: Os autores (2019)

Nota: ns – não significativa.

Avaliação da qualidade da água em canal do estuário do Rio Paraíba do Sul, norte do Rio de Janeiro

Juliana Santos Alves de Souza, Marianna de Queiroz Louro de Oliveira

Quadro 3: Matriz de correlações significativas de Spearman¹ e Pearson² dos parâmetros físico-químicos na água do Ponto 2

	CE	OD	pH	Sal	TA
CE	1				
OD	0,657 ¹	1			
pH	ns	-0,566 ²	1		
Sal	0,986 ¹	0,638 ²	ns	1	
TA	ns	ns	-0,795 ¹	ns	1

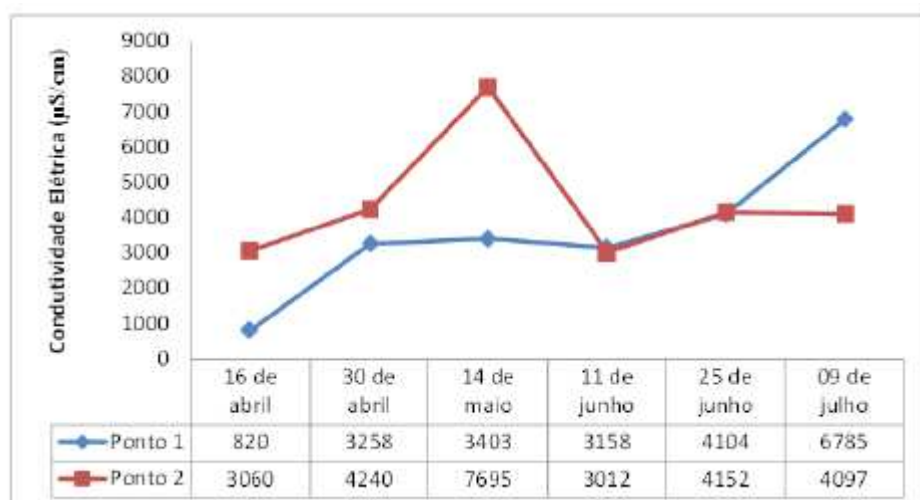
Fonte: Os autores (2019)

Nota: ns – não significativa.

4.1 Condutividade elétrica

A condutividade elétrica mínima obtida na água do Ponto 1 foi de 820 $\mu\text{S}/\text{cm}$ na primeira coleta (abril), e a máxima foi de 6785 $\mu\text{S}/\text{cm}$ na sexta coleta (julho). O menor valor para condutividade elétrica na água do ponto 2 foi de 3060 $\mu\text{S}/\text{cm}$ na primeira coleta (abril) e maior valor foi de 7695 $\mu\text{S}/\text{cm}$ na terceira coleta (maio) (Figura 4).

Figura 4: Variação da condutividade elétrica ao longo da campanha de coleta em ambos os pontos amostrais



Fonte: Os autores (2019)

Nos manguezais, a condutividade elétrica é influenciada pela proximidade com o mar e variação das marés. Menores valores de condutividade elétrica são comumente observados na maré baixa (BRITO, 2014; BRITO *et al.*, 2017; SANTANA, 2017; SANTOS, 2017). O valor máximo de condutividade elétrica no presente estudo foi maior

Avaliação da qualidade da água em canal do estuário do Rio Paraíba do Sul, norte do Rio de Janeiro

Juliana Santos Alves de Souza, Marianna de Queiroz Louro de Oliveira

no Ponto 2, mais próximo ao mar. A primeira coleta, no dia 16 de abril, apresentou valor mais baixo de condutividade elétrica para o Ponto 1, possivelmente devido à influência do rio Paraíba do Sul e pelo baixo teor de salinidade, pois foi a coleta mais próxima ao período chuvoso.

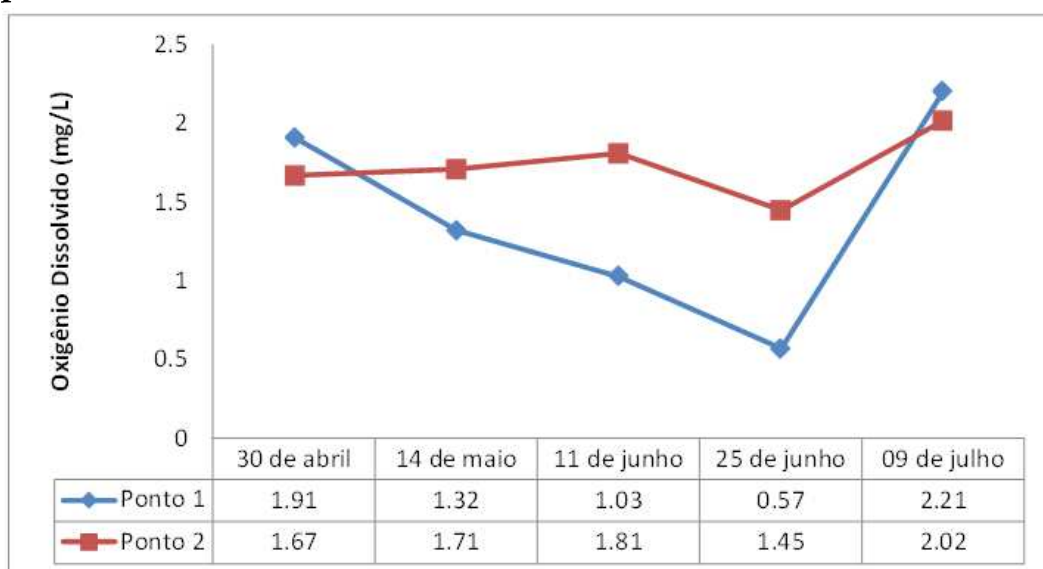
A condutividade elétrica da água do canal do manguezal de Gargaú no presente estudo variou de 250 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 12176 $\mu\text{S}/\text{cm}$, valores próximos aos reportados por Brito (2014) de 69 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 18450 $\mu\text{S}/\text{cm}$ nesse mesmo local.

A condutividade elétrica é determinada por meio da quantidade de íons dissolvidos (salinidade) e da temperatura que influencia na movimentação dos íons na água (INCOIS, 2018). A salinidade apresentou correlação positiva com a condutividade elétrica e a temperatura. O mesmo foi reportado por Palanisamy e Khan (2011), cujos resultados apresentaram correlação positiva (0,622) entre salinidade e condutividade elétrica.

4.2 Oxigênio dissolvido

A concentração mínima de oxigênio dissolvido no Ponto 1 foi de 0,57 mg/L na quarta coleta (11 de junho) e a máxima foi de 2,21 mg/L na quinta coleta (25 de junho). Para o Ponto 2, a concentração mínima de oxigênio dissolvido foi de 1,45 mg/L na quarta coleta (11 de junho) e a máxima foi de 2,02 mg/L na quinta coleta (25 de junho) (Figura 5).

Figura 5: Variação de oxigênio dissolvido na água ao longo da campanha de coleta em ambos os pontos amostrais



Fonte: Os autores (2019)

Tanto o menor quanto o maior teor de oxigênio dissolvido foram obtidos no Ponto 1, tornando a amplitude maior, demonstrado também pelo desvio-padrão (Tabela 2). A coleta em que foram obtidas concentrações mínimas

Avaliação da qualidade da água em canal do estuário do Rio Paraíba do Sul, norte do Rio de Janeiro

Juliana Santos Alves de Souza, Marianna de Queiroz Louro de Oliveira

e máximas de oxigênio dissolvido nos pontos amostrais coincidiu na quarta coleta, 11 de junho, e na quinta coleta, 25 de junho, respectivamente.

Ao longo da campanha de coleta, foi possível notar que as concentrações de oxigênio dissolvido apresentaram queda. No trabalho de Brito (2014); com pontos de coletas próximos ao Ponto 2 da presente pesquisa, porém com diferente metodologia de análise; a média de oxigênio dissolvido na água do manguezal de Gargaú variou de 5,2 mg/L a 7,3 mg/L, acima dos valores obtidos no presente trabalho, 0,57 mg/L e 2,2 mg/L. Com base na Resolução do CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005, em relação aos valores de oxigênio dissolvido obtidos, esses encontram-se abaixo do exigido para a classe 3 de águas salobras, 3 mg/L.

4.3 pH (Potencial hidrogeniônico)

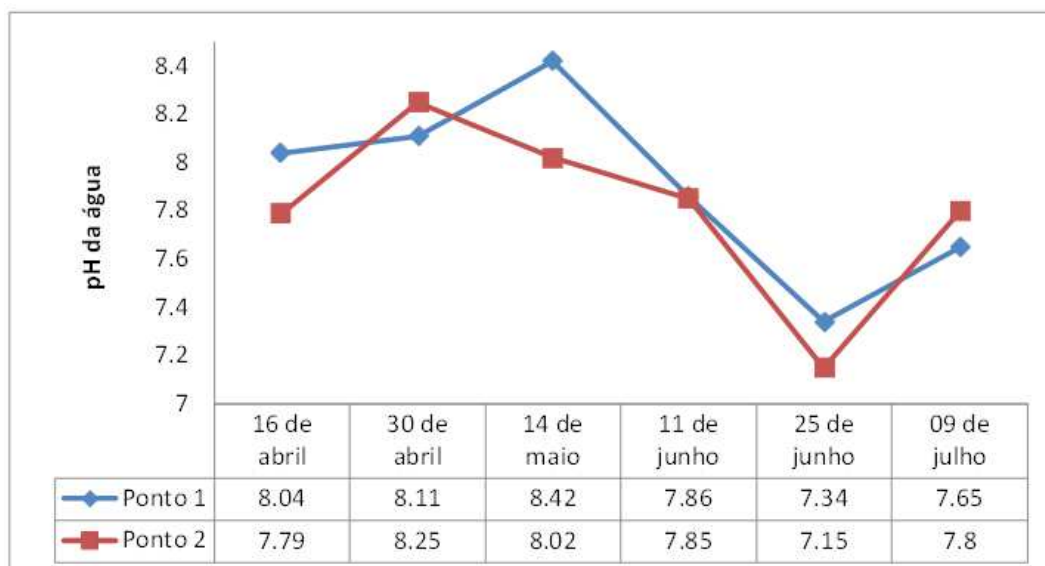
Em ambos os pontos, a correlação foi negativa entre o pH da água e a concentração de oxigênio dissolvido, também obtida em trabalhos de Padhi *et al.* (2013), Palanisamy e Khan (2011) e Sri Dattatreya *et al.* (2018).

Segundo Morace (2007), o pH e o oxigênio dissolvido são fatores determinantes para a qualidade da água, sendo importante que permaneçam em uma faixa ideal, pois a variação em ambos os parâmetros pode conferir estado crítico à qualidade do corpo hídrico.

O Ponto 1 apresentou correlação positiva entre o oxigênio dissolvido e a temperatura da água. Segundo a EMBRAPA (2011), a temperatura é um dos mais importantes parâmetros para a disponibilidade de oxigênio dissolvido em corpos hídricos.

O pH na água do Ponto 1 apresentou valor mínimo, na primeira coleta (abril), de 7,34, sendo o valor máximo para o mesmo ponto de 8,42, obtido na terceira coleta (maio). O pH da água no Ponto 2 teve como valor mínimo obtido o de 7,150, na quinta coleta (junho); e máximo obtido, 8,25, na segunda coleta (abril) (Figura 6).

Figura 6: Variação do pH da água ao longo da campanha de coleta em ambos os pontos amostrais



Fonte: Os autores (2019)

Avaliação da qualidade da água em canal do estuário do Rio Paraíba do Sul, norte do Rio de Janeiro

Juliana Santos Alves de Souza, Marianna de Queiroz Louro de Oliveira

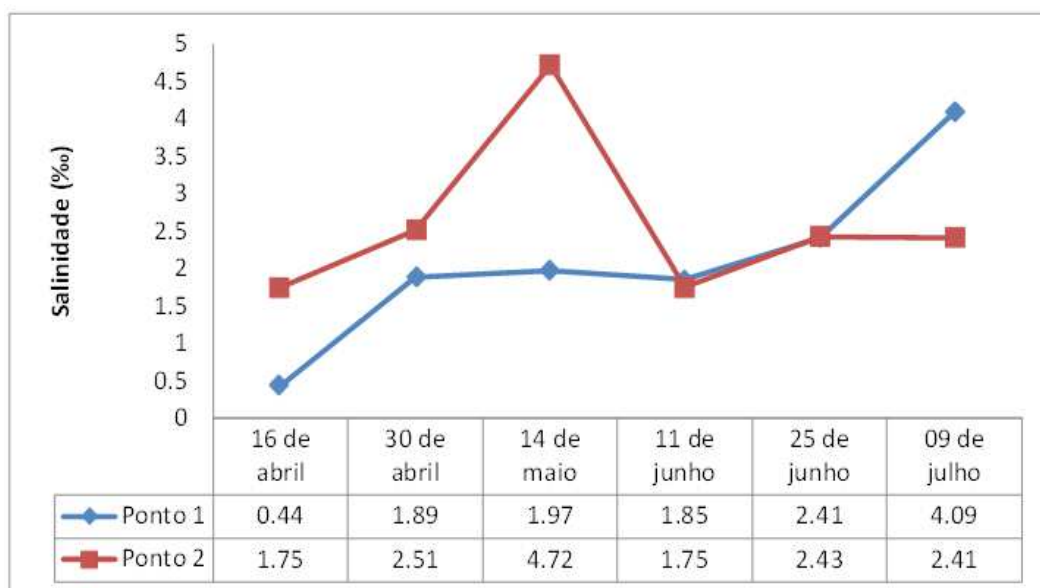
O valor máximo de pH obtido para água foi maior no Ponto 1, enquanto o menor valor ocorreu no Ponto 2. No trabalho de Silva e Oliveira (2014), observou-se que, na faixa de pH de 6 a 9,5 em água de poços localizados em Gargaú, 79% desses apresentaram coliformes. As áreas com maiores valores de pH foram as próximas à Foz do Rio Paraíba do Sul. Os valores médios de pH obtidos no presente trabalho foram menos ácidos dos que os reportados por Tonini (2011) e mais básicos que os de Brito (2014).

No trabalho realizado de Saheer *et al.* (2018), a correlação entre o pH da água e a temperatura foi positiva (0,652), fator associado à temperatura da água. Nesse trabalho, a correlação de pH da água e temperatura foi positiva no Ponto 1 (0,657) e negativa no Ponto 2 (-0,795). A temperatura no Ponto 2 apresentou maior amplitude, o que pode ter influenciado no resultado da correlação. Chounlamany *et al.* (2017) obtiveram correlação negativa entre pH e temperatura em um rio nas Filipinas, onde esse resultado estava relacionado à presença de substâncias dissolvidas na água.

4.4 Salinidade

A salinidade no Ponto 1 apresentou valor mínimo de 0,44 ‰ na primeira coleta (16 de abril) e valor máximo de 4,09 ‰ na sexta coleta (09 de julho). Para o Ponto 2, o valor mínimo foi de 1,750 ‰ na primeira (16 de abril) e quarta coleta (11 de junho), e o valor máximo foi de 4,72 ‰ na terceira coleta (14 de maio) (Figura 7).

Figura 7: Variação da salinidade da água ao longo da campanha de coleta em ambos os pontos amostrais



Fonte: Os autores (2019)

Avaliação da qualidade da água em canal do estuário do Rio Paraíba do Sul, norte do Rio de Janeiro

Juliana Santos Alves de Souza, Marianna de Queiroz Louro de Oliveira

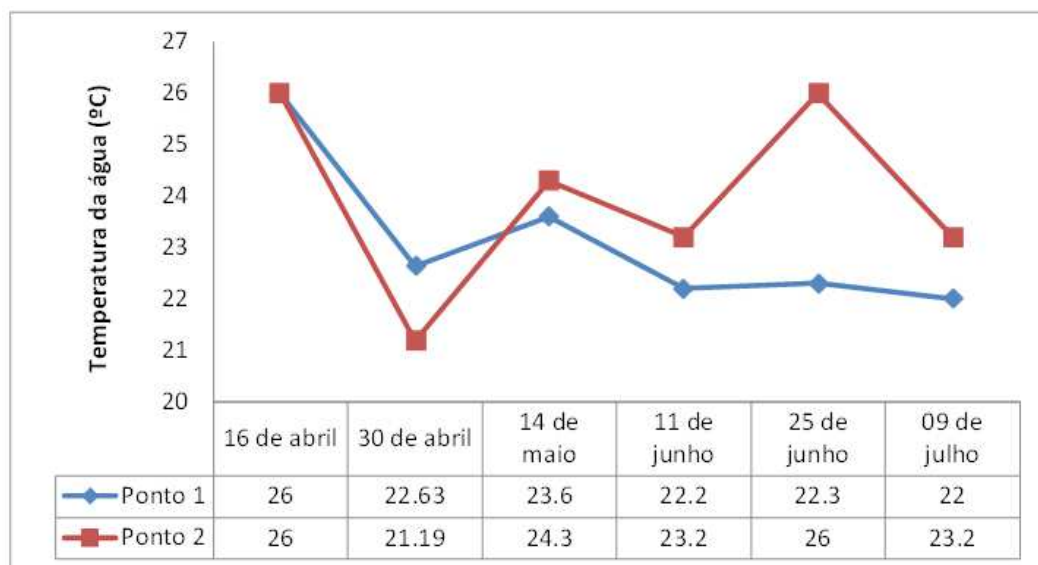
O menor valor de salinidade foi obtido no Ponto 1 e os valores mínimos apresentados, em ambos os pontos, foram obtidos na primeira coleta, dia 16 de abril. Segundo Brito (2014), para o manguezal de Gargaú há predomínio de água salobra na estação de seca, fator que ficou evidenciado com o trabalho, pois o menor teor de salinidade foi obtido na primeira coleta, mais próxima ao período chuvoso.

A salinidade foi maior no Ponto 2 dada a proximidade com as águas salinas. 92% dos resultados enquadraram-se na classe de águas salobras, de acordo com a Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005.

4.5 Temperatura da água

O valor mínimo de temperatura para água do Ponto 1 foi de 22 °C na sexta coleta (09 de julho), e o máximo foi de 26 °C na primeira coleta (16 de abril). Para o Ponto 2, o valor mínimo da temperatura da água foi de 21,19 °C na segunda coleta (30 de abril), e o valor máximo, de 26°C na primeira (16 de abril) e quinta coletas (25 de junho) (Figura 8).

Figura 8: Variação da temperatura da água ao longo da campanha de coleta em ambos os pontos amostrais



Fonte: Os autores (2019)

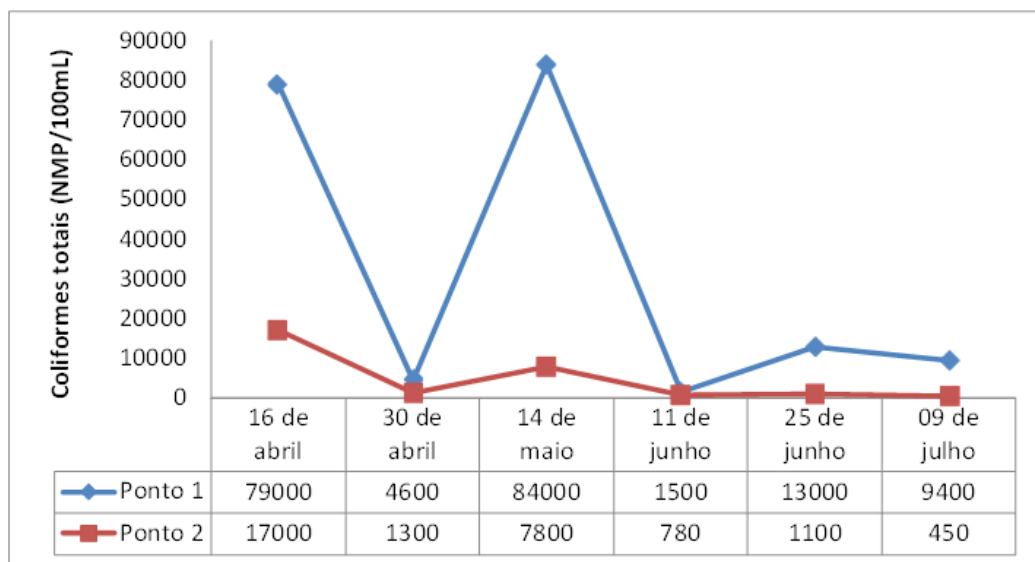
4.6 Coliformes totais e termotolerantes

O quantitativo mínimo de coliformes totais obtido da água do Ponto 1 foi de 1500 NMP/100mL na quarta coleta (30 de abril), e o valor máximo foi de 79000 NMP/100mL. Para a água do Ponto 2, o valor mínimo de coliformes obtido foi de 450 NMP/100mL na sexta coleta (09 de julho), sendo o maior valor encontrado de 17000 NMP/100mL (Figura 9).

Avaliação da qualidade da água em canal do estuário do Rio Paraíba do Sul, norte do Rio de Janeiro

Juliana Santos Alves de Souza, Marianna de Queiroz Louro de Oliveira

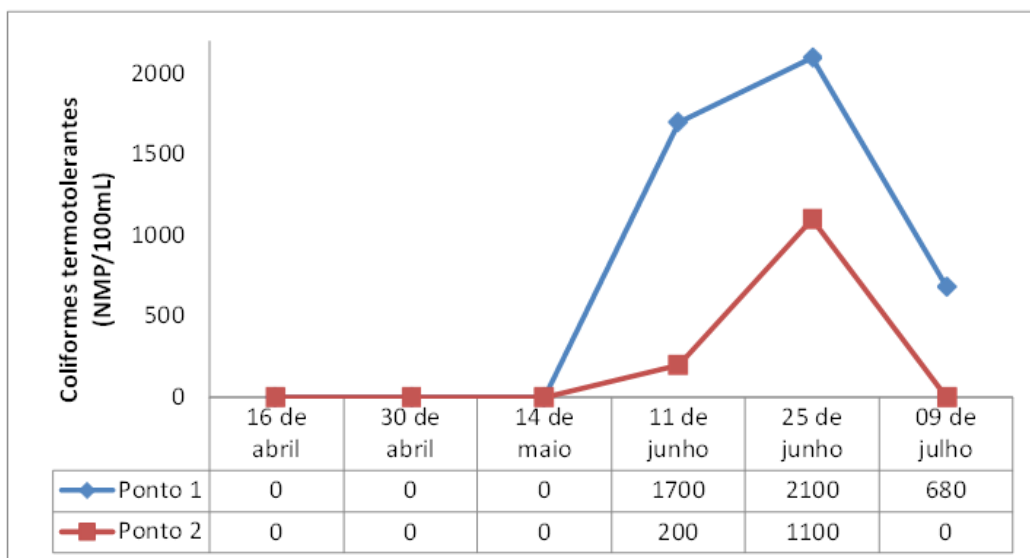
Figura 9: Variação de coliformes totais na água ao longo da campanha de coleta em ambos os pontos amostrais



Fonte: Os autores (2019)

O mínimo de coliformes termotolerantes obtido na água do Ponto 1 foi de 680 NMP/100mL na sexta coleta (09 de julho), e o máximo para esse ponto, de 2100 NMP/100mL na quinta coleta (25 de junho). Para o Ponto 2, o mínimo de coliformes termotolerantes na água foi de 200 NMP/100mL na quarta coleta (11 de junho), e o máximo obtido, de 1100 na quinta coleta (25 de junho) (Figura 10).

Figura 10: Variação de coliformes termotolerantes na água nos pontos amostrais



Fonte: Os autores (2019)



Avaliação da qualidade da água em canal do estuário do Rio Paraíba do Sul, norte do Rio de Janeiro

Juliana Santos Alves de Souza, Marianna de Queiroz Louro de Oliveira

Em todas as coletas de água houve resultados positivos para coliformes totais. No caso de coliformes termotolerantes, as três últimas coletas apresentaram resultados positivos no Ponto 1. Para o Ponto 2, na água, os resultados foram positivos para termotolerantes na quarta e quinta coletas. Os valores médios, tanto para coliformes totais como para termotolerantes, foram maiores no Ponto 1 (Tabela 3).

Tabela 3: Média e desvio-padrão de coliformes totais e termotolerantes na água de ambos os pontos amostrais

		Coliformes Totais (NMP/100 mL)	Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL)
ÁGUA	P1	31916,7 ± 38641,24	746 ± 939,93
	P2	4738,3 ± 6615,74	216 ± 440,08

Fonte: Os autores (2019)

No trabalho de Santos (2017), realizado em Gargaú, a maior parte dos poços analisados apresentou contaminação por coliformes totais. No trabalho de Abreu *et al.* (2007), sobre a balneabilidade nos canais do manguezal de Gargaú, nenhum dos canais estava apropriado devido ao limite acima do previsto em legislação para o quantitativo de coliformes termotolerantes.

No segundo ponto amostral, ocorreram resultados positivos para termotolerantes, o que pode ocorrer por conta da influência de contaminação da água proveniente do Rio Paraíba do Sul. De acordo com Farrapeira *et al.* (2010), bactérias em estuários podem alcançar distâncias de até 2,4 quilômetros por conta de ventos e correntes.

A correlação estatística, coeficiente de *Pearson* e coeficiente de *Spearman*, foi realizada entre os parâmetros microbiológicos e físico-químicos em ambos os pontos amostrais (Quadro 4).

Quadro 4: Correlações estatísticas entre os parâmetros microbiológicos e físico-químicos

		Parâmetro	Coeficiente de Pearson (r)	Coeficiente Spearman (p)
Coliformes totais	P1	Temperatura	-	0,657
Coliformes termotolerantes	P1	pH	-0,806	-0,880
		Temperatura	-	-0,698
	P2	pH	-	-0,507

Fonte: Autores (2019)

Com o aumento do pH da água, tem-se a redução de coliformes termotolerantes (correlação negativa). No trabalho de Wahyuni (2014), os coliformes termotolerantes sobreviveram na faixa de pH de 6 a 7. Quando há variação do pH aproximando-se da faixa básica, o quantitativo de coliformes é reduzido em 30%.

Os resultados obtidos por Wilhelm e Maluk (1998) apresentaram correlações significativas entre coliformes termotolerantes e temperatura em áreas costeiras. Alves *et al.* (2012) apresentaram como variável de maior peso do IQA (Índice de Qualidade da Água) a temperatura para coliformes termotolerantes.



Avaliação da qualidade da água em canal do estuário do Rio Paraíba do Sul, norte do Rio de Janeiro

Juliana Santos Alves de Souza, Marianna de Queiroz Louro de Oliveira

Segundo Gonçalves (2016), da série histórica da bacia do Rio Paraíba do Sul (2005 a 2014), no Rio de Janeiro, 77,46% dos dados em relação a coliformes termotolerantes/*E. coli* apresentam inconformidade com a Resolução do CONAMA nº 357/2005, de um total de 1659. A principal causa seria proveniente de esgotos sanitários.

As fossas sépticas e rudimentares nesse ecossistema podem ocasionar a contaminação do solo e, conseqüentemente, da água, não configurando tratamento suficiente para remoção da carga orgânica e de organismos patogênicos (COSTA; GUILHOTO, 2014; JORDÃO; PESSOA, 2011).

5 Considerações finais

Os valores obtidos dos parâmetros analisados no trabalho estão compatíveis com o que é comum em manguezais, pois, mesmo com todos os impactos diretos e indiretos, o manguezal de Gargaú apresenta capacidade de autodepuração. As concentrações de oxigênio dissolvido foram baixas devido à decomposição da matéria orgânica, que pode estar relacionada à contaminação por efluentes domésticos, de forma mais evidente no local com maior quantitativo de ocupações irregulares, ponto 1. Além dos efluentes domésticos, é possível que a concentração de coliformes apresentada no presente trabalho tenha influência da carga orgânica proveniente do Rio Paraíba do Sul.

Foi averiguado que a falta de coleta e tratamento dos efluentes domésticos da comunidade em torno do manguezal de Gargaú afeta a sua qualidade ambiental. Tanto o ponto 1, próximo às ocupações irregulares, como o ponto 2 encontram-se com certo grau de contaminação por coliformes totais e termotolerantes. O ponto 2, apesar de estar localizado mais distante dos impactos relacionados à falta de coleta/tratamento de efluentes domésticos, é afetado por esses impactos provenientes do ponto 1 e da carga orgânica proveniente do Rio Paraíba do Sul.

É fundamental a implementação de medidas de manejo, a regularização fundiária e a recuperação em razão da importância ambiental e socioeconômica que apresenta o manguezal de Gargaú. Para mais, esse é considerado como Área de Preservação Permanente (APP), conforme a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012.

O manguezal de Gargaú apresenta grande potencial para realização de trabalhos e pesquisas científicas, principalmente para criar uma base de dados sólida e um possível acompanhamento da estabilidade e qualidade ambiental do manguezal de Gargaú em virtude do crescimento urbano e de empreendimentos ocorrendo em municípios vizinhos, que podem influenciar o manguezal.

É preciso estabelecer mais pontos amostrais e parâmetros para uma avaliação mais efetiva, como a análise de fósforo orgânico e inorgânico, de modo a saber a origem desse. Além disso, é preciso uma amostragem por maior período de tempo (para período chuvoso e seco) e também para verificar a variação de coliformes no período com maior frequência dos turistas.

A implementação de rede de coleta e tratamento dos efluentes domésticos é essencial, uma vez que, mesmo com fossas sépticas ou rudimentares, há um potencial de contaminação do solo e dos recursos hídricos. É necessária a realização de uma regularização fundiária das comunidades que se encontram próximas ao manguezal, pois esse é configurado como Área de Preservação Permanente. Além disso, necessita-se de intensificação nas ações de fiscalização dos órgãos competentes para eliminar as fontes pontuais de contaminação por efluentes domésticos, descarte de resíduos sólidos, desmatamentos e aterros.



Avaliação da qualidade da água em canal do estuário do Rio Paraíba do Sul, norte do Rio de Janeiro

Juliana Santos Alves de Souza, Marianna de Queiroz Louro de Oliveira

Referências

- ABREU, J. M. P. *et al.* A água e os moradores do bairro buraco fundo no povoado de Gargaú, São Francisco de Itabapoana, RJ. *In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL*, 8., 2007, Caxambu, MG. **Anais** [...].
- ALVES, I. C. C. *et al.* Qualidade das águas superficiais e avaliação do estado trófico do Rio Arari (Ilha de Marajó, norte do Brasil). *Acta Amazonica*, v. 42, n. 1, p. 115-124, 1 mar. 2012.
- ALVES, J. R. P. **Manguezais: educar para proteger: Projeto PLANÁGUA SEMADS-GTZ**. Cooperação Técnica Brasil Alemanha. Rio de Janeiro: FEMAR, SEMADS, 2001. 96 p.
- BERNINI, E. *et al.* Alterações na cobertura vegetal do manguezal do estuário do rio Paraíba do Sul no período de 1976 a 2001. *Gestão Costeira Integrada*, n. 2, p. 9, 26 jan. 2010.
- BRITO, F. P. **Composição e fluxo da matéria orgânica em um canal de maré no ecossistema de manguezal do estuário do Rio Paraíba do Sul, costa norte do Rio de Janeiro**. 2014. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais) – Universidade Estadual Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, RJ, 2014.
- BRITO, F. P.; OVALLE, A. R. C.; REZENDE, C. E. Hidroquímica e Origem da Matéria Orgânica nos Manguezais da Baía de Sepetiba e Estuário do Rio Paraíba do Sul. *In: CONGRESSO FLUMINENSE DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA*, 9., 2017, UENF.
- CAMPOS, M. M.; TIMÓTEO, G. M. A. Degradação das Águas Continentais Sob a Perspectiva dos Pescadores Artesanais de Bacia de Campos. *BRASILIANA, Journal for Brazilian Studies*, n. 5, p. 225-247, 15 out. 2017.
- CASTRO, A. C. L.; CORREIA, M. M. F. Aspectos bioecológicos do caranguejo-uçá (*ucides cordatus cordatus* l.1763) (decapoda, brachyura) nos manguezais da Ilha de São Luís e litoral oriental do estado do Maranhão, Brasil. **Amazônia: Companhia & Desenvolvimento**, Belém, v. 3, n. 6, jan./jun. 2008.
- CHOUNLAMANY, V.; TANCHULING, M. A.; INOUE, T. Spatial and temporal variation of water quality of a segment of Marikina River using multivariate statistical methods. **Amazônia: Companhia & Desenvolvimento**, v. 76, n. 6, p. 1510-1522, 27 set. 2017.
- CONAMA. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. **Diário Oficial da União**, n. 053, 2005.
- COSTA, C. C.; GUILHOTO, J. J. M. Saneamento rural no Brasil: impacto da fossa séptica biodigestora. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, n. Edição Especial, p. 51-60, 8 abr. 2014.



Avaliação da qualidade da água em canal do estuário do Rio Paraíba do Sul, norte do Rio de Janeiro

Juliana Santos Alves de Souza, Marianna de Queiroz Louro de Oliveira

EMBRAPA. **Manual para formação e capacitação de grupos comunitários em metodologias participativas de monitoramento de qualidade da água: módulo III: avaliação físico-química.** Organizado por Carlos Eduardo Siste, Enio Giuliano Girão, Bryan L. Duncan; Tradução de Ivan Vieira. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2011. 48p.

FARRAPEIRA, C. M. R. *et al.* Coliform accumulation in *Amphibalanus amphitrite* (Darwin, 1854) (*Cirripedia*) and its use as an organic pollution bioindicator in the estuarine area of Recife, Pernambuco, Brazil. **Brazil Journal of Biology**, São Carlos, v. 70, n. 2, p. 301-309, 6 mar. 2009.

FIRME, L. P. **Caracterização físico-química de solos de mangue e avaliação de sua contaminação por esgoto doméstico via traçadores fecais.** 2003. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo, Brasil, 2003.

FLOWERS, T. J.; COLMER, T. D. Salinity tolerance in halophytes. **New Phytologist**, Austrália, v. 179, n. 4, p. 945-963, 28 jun. 2008.

FNS. FUNDAÇÃO NACIONAL DA SAÚDE. **Manual de Saneamento.** 3 ed. rev. Brasília, 2004.

FREITAS, F. R.; CAPETI, K. G.; SAMPAIO, C. R. Uso e ocupação dos manguezais da área urbana de Paranaguá, PR: uma abordagem histórica e socioambiental. **UNISANTA Bioscience**, n. 2, p. 93-100, 2017.

FUNASA. Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise de água.** 4. ed. Brasília: Funasa, 2013. 32 p.

GONÇALVES, F. M. **Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul: Avaliação Integrada da Qualidade das Águas dos Estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo.** 2016. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016.

IBGE. **Cidades:** Infográficos: Rio de Janeiro: São Francisco de Itabapoana: Dados Gerais. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/painel/painel.php?codmun=330475>. Acesso em: 22 jan. 2018.

INCOIS. **Notas em Oceanografia.** cap. 3. Disponível em: <http://www.incois.gov.in/Tutor/IntroOc/por/notes/lecture03.html>. Acesso em: 30 out. 2018.

JORDÃO, E. P.; PESSOA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos.** 6. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2011.

MENEZES, N. L. Rhizophores in *Rhizophora mangle* L: an alternative interpretation of so-called "aerial roots". **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 78, n. 2, p. 213-226, jun. 2006.

MORACE, J. L. Relation Between Selected Water-Quality Variables, Climatic Factors, and Lake Levels in Upper Klamath and Agency Lakes, Oregon, 1990–2006. **Scientific Investigations Report**, p. 5117, 2007.



Avaliação da qualidade da água em canal do estuário do Rio Paraíba do Sul, norte do Rio de Janeiro

Juliana Santos Alves de Souza, Marianna de Queiroz Louro de Oliveira

MOREIRA, J. L. B.; CARVALHO, C. B. M.; FROTA, C. C. **Visualização bacteriana e colorações**. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2015. p. 68.

NANNI, H. C.; NANNI, S. M. Preservação dos manguezais e seus reflexos. *In*: SIMPEP, 12., 07 a 09 nov. 2005, UNISANTOS, Bauru, SP, Brasil. p. 12.

ROCHA, E. F. C. **Unidade de conservação**: uma proposta de uso sustentável para os manguezais do estuário do Rio Paraíba do Sul, na região de Gargaú, São Francisco do Itabapoana, RJ, Brasil. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Instituto Federal Fluminense, Macaé, RJ, 2015.

PADHI, R. K. *et al.* Temporal distribution of dissolved trace metal in the coastal waters of Southwestern Bay of Bengal, Índia. **Water Environmental Research**, v. 85, n. 8, p. 696-705, 2013.

PALANISAMY, S. K.; KHAN, A. Identification of mangrove water quality by multivariate statistical analysis methods in Podicherrycoast, India. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 4, n. 6, p. 3761-74, 2011.

PINHEIRO, R. P. A. **Etnozoologia como ferramenta no ensino de educação ambiental a partir do conhecimento dos catadores de caranguejo de Gargaú**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Licenciatura em Ciências da Natureza) - Instituto Federal Fluminense, *Campus Campos Centro*, 2017.

SAHER, N. U. *et al.* Diversity indices and distribution of brachyuran crabs found in the lagoon waters of Sonmiani, Balochistan. **Indian Journal of Geo Marine Science**, v. 47, n. 3, p.712-720, mar. 2018.

SANTANA, N. R. F. **Hidrodinâmica ambiental no baixo São Francisco e suas relações antrópicas**. 2017. Tese (Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal do Sergipe, jun. 2017.

SANTOS, L. M. M. *et al.* Análise de metais em sedimentos de manguezal do Rio Passa Vaca. **Acta Brasiliensis**, v. 1, n. 2, 2017.

SANTOS, M. C. J. **Os Manguezais e sua importância na sustentabilidade urbana**. 1. ed. Curitiba: Appris, 2016.

SANTOS, R. S. F. **Estudo de indicadores e índices de salubridade ambiental aplicados a regiões estuárias: o caso das comunidades de Gargaú, SFI, RJ**. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, *Campus Campos Centro*, 2017.

SANTOS, T. C. C.; CÂMARA, J. B. D. **GEO Brasil 2002: Perspectivas do Meio Ambiente no Brasil**. Brasília: Edições IBAMA, 2002.

SILVA, R. A.; OLIVEIRA, V. P. S. Mapeamento da qualidade de águas subterrâneas em SFI, RJ. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 18., 2014. 20 p.

SRI DATTATREYA, P. *et al.* Assessment of Physico-chemical Characteristics of Mangrove Region in Krishnapatnam Coast, India. **International Journal Current Microbiology Applied Sciences**, v. 7, n. 5, p. 2326-2342, 2018.



Avaliação da qualidade da água em canal do estuário do Rio Paraíba do Sul, norte do Rio de Janeiro

Juliana Santos Alves de Souza, Marianna de Queiroz Louro de Oliveira

- TONINI, R. M. C. W. **Prospecção e análise da diversidade de bactérias com potencial para degradação de compostos de petróleo no sedimento de dois manguezais do estado do Rio de Janeiro**. 2011. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2011. 154 p.
- TORTORA, G. J.; FUNKE, B. R.; CASE, C. L. **Microbiologia**. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2012.
- WAHYUNI, E. A. The Influence of pH Characteristics on The Occurance of Coliform Bacteria in Madura Strait. **Procedia Environmental Sciences**, n. 23, p. 130-135, 2015.
- WANG, X.; BAJ, D. **Apparent correlation between pH and dissolved oxygen in water: A statistical analysis**. 2017. Disponível em: [http://rstudio-pubs-static.s3.amazonaws.com/318429_e9400fc4518d4e3d9794508da516a542.html#\(1\)](http://rstudio-pubs-static.s3.amazonaws.com/318429_e9400fc4518d4e3d9794508da516a542.html#(1)). Acesso em: 13 nov. 2018.
- WILHELM, L. J.; MALUK, T. L. Fecal indicator bacteria in surface water of the Santee River Basin and coastal drainages, North and South Carolina. **U. S. Geological Survey Fact Sheet**, p. 85-98. 1998.
- ZANG, C. *et al.* Comparison of Relationships Between pH, Dissolved Oxygen and Chlorophyll a for Aquaculture and Non-aquaculture Waters. **Water, Air, & Soil Pollution**, n. 219, p. 157-174. 2011.



Esta obra está licenciada sob uma Licença Creative Commons. Os usuários têm permissão para copiar e redistribuir os trabalhos por qualquer meio ou formato, e também para, tendo como base o seu conteúdo, reutilizar, transformar ou criar, com propósitos legais, até comerciais, desde que citada a fonte.