AVALIAÇÃO ANTRÓPICA NO LITORAL PARANAENSE ATRAVÉS DA DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DO ÍON FOSFATO EM RECURSOS HÍDRICOS

ANTHROPIC EVALUATION IN THE PARANÁ COAST THROUGH THE ION PHOSPHATE CONCENTRATION DETERMINATION IN WATER RESOURCES

SILVA, Ednilson Barros¹; ROCHA^{2*}, José Roberto Caetano da

^{1,2}Universidade Estadual do Paraná - Campus de Paranaguá, Colegiado de Ciências Biológicas

* Autor correspondente

e-mail: jose.rocha@unespar.edu.br

Received 28 April 2020; received in revised form 10 May 2020; accepted 28 May 2020

RESUMO

O aumento da poluição nos recursos hídricos é proveniente praticamente de todas as atividades humanas, sejam elas domésticas, comerciais ou industriais. O meio ambiente não tem capacidade de absorver todos os poluentes, pois cada uma dessas atividades econômicas gera poluentes característicos que apresentam determinadas implicações ambientais e afetam diretamente na qualidade de qualquer recurso hídrico. O crescimento populacional é outro fator que leva ao aumento de geração de resíduos, dos quais se podem destacar os esgotos domésticos, ricos em nutrientes e, quando depositados irregularmente, causam desequilíbrio no corpo hídrico. O presente estudo tem como objetivo identificar a concentração do elemento fósforo na forma do íon fosfato nos recursos hídricos do litoral do Paraná. Para quantificar esse elemento, foi utilizado o método espectrofotométrico do azul de molibdênio. Avaliaram-se amostras de dez pontos de águas continentais da região litorânea que sofrem maior ou menor influência antrópica. Foram realizados ensaios no período de agosto de 2017 a maio 2019. Na metodologia analítica, foram utilizadas soluções de molibdato de amônio, ácido ascórbico, ácido nítrico e glicerina. Quando essas soluções são misturadas em amostras ou soluções padrão que contenham o elemento fósforo, há a formação do complexo azul de molibdênio. Foram realizadas cinco repetições em cada uma das amostras para que, no final, fosse obtido o valor médio das medidas. Observou-se que as concentrações de fósforo através do íon fosfato apresentaram resultados acima de 0,150 mg. L⁻¹, valor máximo deste macronutriente em amostras de água preconizado pela legislação, exceto pelo resultado obtido no ponto 8 no mês de novembro, cuja concentração foi de 0,08 mg. L⁻¹. Os resultados mostraram, portanto que há poluição nas águas continentais amostradas. Por consequência, é possível destacar que a alta concentração de íon fosfato nas amostras é oriunda da ação humana, principalmente naqueles rios que estão mais próximos a contingentes urbanos.

Palavras-chave: *Fósforo, Azul de Molibdênio, Macronutriente, Poluição da Água.*

ABSTRACT

The increase in pollution in water resources comes from practically all human activities, whether domestic, commercial, or industrial. The environment cannot absorb all pollutants, as each of these economic activities generates specific pollutants, which have certain environmental implications and directly affect the quality of any water resource. Population growth is another factor that leads to an increase in the generation of waste, of which domestic sewage, rich in nutrients and, when deposited irregularly, causes an imbalance in the water body that can be highlighted. This study aimed to identify the concentration of the phosphorus element in the form of the phosphate ion in the water resources of the coast of Paraná. To quantify this element, the spectrophotometric method of molybdenum blue was used. Samples from ten points of continental waters in the coastal region were evaluated, which suffer a greater or lesser anthropic influence. Tests were carried out from August 2017 to May 2019. In the analytical methodology, solutions of ammonium molybdate, ascorbic acid, nitric acid, and glycerin were used. When these solutions are mixed in samples or standard solutions that contain the element phosphorus, there is the formation of the blue molybdenum complex. Five repetitions were performed in each of the samples so that, in the end, the average value of the measurements was obtained. It was observed that the phosphorus concentrations through the phosphate ion showed results above 0.150 mg L⁻¹, the maximum value of this macronutrient in water samples, recommended by the legislation, except for the result obtained in point 8 in November, whose concentration was 0.08 mg L⁻¹. The results showed, therefore, that there is pollution in the sampled continental waters. As a consequence, it is possible to highlight that the high concentration of phosphate ion in the samples comes from human action, especially in those rivers that are closer to urban contingents.

1. INTRODUÇÃO:

O aumento significativo da poluição nos recursos hídricos é proveniente praticamente de todas as atividades humanas, sejam elas domésticas, comerciais ou industriais (Costa e Rocha, 2017). O meio ambiente não tem capacidade de absorver todos os poluentes, pois cada uma dessas atividades econômicas gera poluentes característicos que apresentam determinadas implicações ambientais e afetam diretamente na qualidade de qualquer recurso hídrico (Pereira, 2004).

O crescimento populacional leva ao aumento de geração de resíduos, dos quais se podem destacar os esgotos domésticos, ricos em fósforo e nitrogênio e, quando depositados irregularmente, causam desequilíbrio no corpo hídrico (Cordeiro, Motyl, Rocha, 2019). O rio Itiberê é um dos rios do litoral paranaense com maior quantidade de despejo de esgoto *in natura* produzido na cidade de Paranaguá (Godoy, 2013).

No município de Paranaguá está localizado o maior porto graneleiro do hemisfério sul. O Porto de Paranaguá é o principal porto brasileiro em movimentação de grãos sólidos como soja, milho e fertilizantes (França, Moraes, Rocha, 2017). Desta forma, esse porto é um dos maiores corredores de importação e exportação desses produtos do agronegócio. Já a fase final do transporte desses produtos ocorre pela malha rodoviária e pela malha ferroviária local, regional e inter-regiões brasileiras. O transporte rodoviário é um dos principais responsáveis por inúmeros impactos ambientais no município de Paranaguá, provocando ações antrópicas que agredem o meio ambiente, afetam a economia e refletem na sociedade de forma negativa, mas também positiva (Mariano, 2013).

O Porto de Paranaguá conta com um sistema de logística reversa, ou seja, os caminhões e trens que chegam carregados com farelos ou grãos para a exportação retornam carregados com adubos ou fertilizantes para as regiões produtoras dos grãos (Silva, Souza, Rocha, 2018). Em ambos os casos, parte da produção se perde ao longo da linha de trem ou no acostamento da Rodovia BR-277, sendo consumida pelas aves ou roedores locais, ou sofrem decomposição natural. Decompostos ou não esses resíduos são transportados pelas águas das chuvas para os recursos hídricos da

região. Outro fator preponderante é a perda contínua de fertilizantes durante o processo arcaico de carga e descarga no Porto de Paranaguá. Quantidades significativas de fertilizantes caem na Baía de Paranaguá, sendo que os mesmos, após sua solubilização, são transportados para o interior do continente pelo processo de marés (Staszczak e Rocha, 2018).

A principal consequência dos impactos antrópicos nos ecossistemas aquáticos é a ocorrência acelerada de processos eutrofizantes (Smaha e Gobbi, 2003) que causam enriquecimento artificial desses ecossistemas pelo aumento das concentrações de nutrientes na água, principalmente compostos nitrogenados e fosfatados (Cassol *et al.*, 2012; Brasil, 2014). Este processo destaca-se pela interferência na qualidade da água para abastecimento da população local, morte de peixes e organismos de determinado ambiente, trazendo assim grande desafio de manejo e gerenciamento dos recursos hídricos (Pantano, *et al.*, 2016).

O uso de fertilizantes no Brasil é um dos fatores que mais se destaca devido ao país ser um dos maiores produtores mundiais de alimentos e agronegócio, sendo um dos maiores segmentos da economia brasileira que utiliza grandes concentrações dos mesmos, devido ao solo brasileiro ser pobre em fósforo (P), potássio (K) e Nitrogênio (N) (Molin *et al.*, 2009; Frazão *et al.*, 2014). Nota-se também que o agronegócio é responsável por 42% das receitas nacionais de exportações (Cunha e Rocha, 2015). Somente o porto de Paranaguá recebeu de janeiro a outubro 8,4 bilhões de toneladas de fertilizantes por via marítima (Silva e Fernandes, 2018).

Observando alguns trabalhos que avaliaram a contaminação antrópica da região litorânea Paranaense que corresponde às cidades de Antonina, Guaraqueçaba, Guaratuba, Matinhos, Morretes, Paranaguá e Pontal do Paraná (Cunha e Rocha, 2015), percebe-se que a concentração em solos (Reis, Cavallet, Rocha, 2014), em recursos hídricos (Reis *et al.*, 2015) e em sedimentos (Cazati, 2010) estão muito acima daqueles preconizados para esses recursos ambientais. Na Resolução nº 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) para ambientes lóticos, a concentração máxima do elemento fósforo é de 0,150 mg. L⁻¹.

O fósforo tem função essencial para vários organismos vivos, como plantas e animais, além

de desempenhar um papel fundamental na produtividade primária dos organismos. Atualmente desempenha um papel importante nas atividades econômicas, principalmente na gestão da produção agrícola, usado como fertilizante (Pantano *et al.*, 2016). Não esquecendo que esses elementos estão entre os principais nutrientes que limitam a produtividade primária de grãos na agricultura, sendo assim a disponibilidade dos mesmos também influencia a variedade e abundância dos organismos aquáticos (Marguti, Ferreira Filho, Piveli, 2008). A emissão antrópica de nutrientes (N e P), para muitos ecossistemas aquáticos, vem superando de forma quantitativa as emissões naturais (Molisani *et al.*, 2013).

A metodologia considerada oficial para a determinação do elemento fósforo na forma fosfato é a espectrofotométrica com a formação do complexo azul de molibdênio (Kronka *et al.* 1997; Masini, 2008). Por meio dessa metodologia foi possível determinar a concentração desse elemento no litoral Paranaense, bem como monitorar os valores obtidos durante o estudo.

Portanto, o objetivo deste estudo foi avaliar e monitorar a concentração do elemento fósforo nos recursos hídricos da região litorânea Paranaense devido à importância estratégica econômica local dos diferentes rios avaliados (Silva; Souza; Rocha, 2018), bem como verificar se os mesmos estão de acordo com a resolução Nº 357/2005 estipulado pelo CONAMA.

2. MATERIAIS E MÉTODOS:

O macronutriente fósforo foi determinado espectrofotometricamente, na forma de fosfato, em amostras provenientes de rios, sendo que as amostragens foram realizadas trimestralmente pelo período de dois anos. Os ensaios nas amostras reais foram realizados após determinar a curva padrão das soluções padrões de fosfato no equipamento calibrado em comprimento de onda 660 nm.

2.1. Área de estudo e pontos de amostragem

Foram retiradas amostras de dez pontos geográficos das cidades litorâneas Paranaenses de Paranaguá e Pontal do Paraná (Tabela 1). Na Figura 1 é possível observar esses mesmos pontos, representados ao longo das Rodovias BR-277, PR-508 e PR-407, no mapa das cidades de Paranaguá e Pontal do Paraná. As coletas foram realizadas em agosto e novembro de 2017, fevereiro, maio, agosto, novembro de 2018,

fevereiro e maio de 2019. A prioridade foi a amostragem de pontos próximos ao Porto de Paranaguá e, posteriormente, foram avaliados recursos hídricos que sofrem forte influência das marés e todas as análises de cada etapa foram realizadas no mesmo dia da coleta.

Essas amostras foram transportadas para o Laboratório de Avaliação dos Impactos Ambientais (LAVIMA) da Região de Paranaguá da UNESPAR, Campus de Paranaguá, onde foram realizados ensaios para quantificar o elemento fósforo na forma do íon fosfato, segundo metodologia considerada padrão (Rice *et al.*, 2012).

2.1.1 Metodologia analítica

O elemento químico fósforo disponível foi determinado por espectrofotometria, na forma do íon fosfato, utilizando espectrofotômetro U2M Químis. Após a mistura das amostras ou das soluções padrões com soluções reativas A (molibdato de amônio e ácido nítrico) e B (ácido ascórbico e glicerina), ocorreu a formação da coloração do azul de molibdênio (Masini, 2008). Em seguida realizaram-se todas as medidas dos valores de absorbância em 660nm, incluindo a calibração do equipamento e também obtenção do branco.

Todos os ensaios analíticos foram realizados com cinco repetições, para que dessa forma os possíveis erros, que comumente ocorrem em um processo analítico, fossem minimizados.

Utilizaram-se os valores médios de absorbância obtidos nos ensaios de cada uma das soluções padrão para traçar a equação padrão (Figura 2). Posteriormente, os cálculos foram realizados utilizando a equação padrão para obter os valores da concentração de $P-PO_4^{3-}$ em cada um dos ensaios realizados nas dez amostras reais, bem como os resultados da média e desvio padrão das mesmas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Com os resultados obtidos em cada período amostral, produziu-se o gráfico dos valores de absorbância em função das concentrações de cada uma das soluções padrão de onde se obteve a equação padrão.

Na Figura 3 é possível observar o gráfico produzido com os resultados obtidos nos ensaios padrão do sexto período de amostragem. As equações lineares da reta produzidas em cada um

dos oitos períodos amostrais estão disponíveis na Tabela 2, sendo que com essas equações foi possível determinar a concentração de fósforo na forma de fosfato, em cada uma das amostras retiradas nos diferentes períodos e pontos amostrais.

Durante o monitoramento da concentração de fosfato, em todos os pontos amostrais da primeira fase (Figura 4), percebeu-se que a quase totalidade deles está muito acima do parâmetro máximo estabelecido pela Resolução Nº 357/2005 CONAMA. Verificou-se, nos mesmos, que as concentrações de fósforo apresentaram resultados acima de $0,150 \text{ mg L}^{-1}$, ou seja, quase 60 vezes superior ao parâmetro estipulado. O único valor abaixo da norma foi encontrado no Riacho localizado no Km 1 da Rodovia Matinhos, provavelmente devido ao processo de diluição que ocorre no período de chuvas, além desse local não sofrer processo significativo das marés.

Ao longo dessa segunda fase do projeto, percebeu-se que a concentração de fosfato, em todos os pontos amostrais e em todos os períodos amostrados estavam muito acima do parâmetro máximo estabelecido pela Resolução Nº 357/2005 CONAMA, que é de $0,150 \text{ mg L}^{-1}$. Verificou-se que esses valores são, no mínimo, seis vezes maiores que o valor estipulado pelo CONAMA e até quase sessenta vezes superior ao mesmo valor (Figura 5). Percebeu-se, ainda que a influência desses altos valores esteja relacionada com o processo de maré (Staszczak e Rocha, 2018), bem como pelo descarte inadequado de resíduos domésticos, comerciais e industriais da região litorânea (SILVA *et al.*, 2012). Todos esses fatores impactam de forma negativa na contaminação ambiental da região.

O fósforo em concentrações adequadas é importantíssimo em diferentes funções biológicas entre elas a fotossíntese, o metabolismo de açúcares, o armazenamento e a transferência de energia através do ATP, na divisão celular, no alargamento das células e na transferência da informação genética (Oliveira *et al.*, 2013).

Por outro lado, quando esse elemento se apresenta em excesso no ambiente, pode provocar diversos impactos negativos, com especial referência à qualidade das águas. Quando aumenta a concentração de nutrientes (fosfatos, principalmente) em rios e lagos, pode causar eutrofização, podendo ser visível em alguns pontos dos rios (Santos e Araújo, 2010). O aumento na concentração de fosfato chegou até nos pontos mais distantes do centro da cidade. Este fato, como já informado, está diretamente

relacionado tanto ao processo de influência das marés, como da proximidade dos mesmos com as rodovias responsáveis pelo excessivo fluxo de caminhões que transportam grãos e fertilizantes até o Porto (Souza *et al.*, 2019). Ao longo do percurso ocorre derramamento destes produtos, devido à baixa qualidade da rede de transporte, que vai acumulando-se na lateral da via, sendo levado pelo processo das chuvas para os rios próximos (Lopes *et al.*, 2019).

Avaliando pontualmente, foi observado que os pontos mais afetados pelo impacto antrópico foram os pontos amostrais 2, 3, 8 em agosto de 2019, e 8 e 9, em fevereiro de 2019.

É possível destacar que somente o ponto 9, em novembro de 2017, apresentou concentração abaixo do permitido pela resolução CONAMA.

Segundo Reis *et al.* (2015), as concentrações do elemento fósforo na sua forma mais estável, fosfato, já apresentavam valores acima do estipulado pelo CONAMA Nº 357/2005 nos rios Guaraguaçu e São Joãozinho, confirmando que estas águas continentais possuíam e continuam com altas concentrações do elemento fósforo. Mesmo o rio São Joãozinho, que é considerado um dos rios mais afastados e de difícil acesso.

Os valores de concentração de fósforo encontrados nos rios Itiberê, Rio da Vila, Rio Pery e Rio Guaraguaçu, são similares àqueles encontrados por Cunha *et al.* (2015), Souza *et al.* (2019) e também por Lopes *et al.* (2019). Esses locais sofrem fortes ações antrópicas, recebendo grande quantidade de esgoto sem tratamento. Aterro sanitário dos municípios de Pontal do Paraná e Matinhos que é localizado às margens do Rio Pery, sendo na verdade um “Lixão a Céu Aberto” como definido pelo Ministério Público do Paraná (2018). Além do gerenciamento arcaico do Porto de Paranaguá e a movimentação de fertilizantes pela malha ferroviária e rodoviária local.

4. CONCLUSÕES:

Na maioria dos pontos amostrais, os valores das concentrações do elemento fósforo estiveram muito acima de $0,150 \text{ mg L}^{-1}$, parâmetro máximo da resolução Nº 357/2005 do CONAMA, principalmente quando se observam os valores encontrados no rio Itiberê, ponto mais próximo do Porto de Paranaguá. No entanto, o Riacho localizado no Km 1 da Rodovia Matinhos, provavelmente devido ao processo de diluição

que acontece no período de chuvas, além desse local não sofrer processo significativo das marés, foi o único local que apresentou valor abaixo daquele preconizado pela Resolução CONAMA, no mês de novembro/17.

Mediante os dados expostos, faz-se necessária a fomentação de trabalho nas diferentes áreas de conhecimentos, visando estabelecer diferentes meios para recuperação dos rios, evitando assim, o desequilíbrio no ecossistema.

Os valores elevados da concentração do íon fosfato estão relacionados com a ação humana, devido aos rios estarem próximos de regiões urbanas onde, na maioria das vezes, a rede de esgoto é depositada diretamente nos mesmos sem o devido tratamento.

Por fim, o fator preponderante da poluição elevada observada está relacionado com o gerenciamento arcaico do Porto de Paranaguá, onde os fertilizantes são retirados mecanicamente e não por sucção como nos portos mais modernos. Um sistema moderno por sucção evitaria a perda de fertilizantes que são solubilizados nas águas da Baía de Paranaguá e transportados, pelo efeito da maré, nos rios para regiões mais interiores do continente.

5. AGRADECIMENTOS:

A Fundação Araucária pela concessão de bolsa de estudo. A PRPPG da UNESPAR concessão de equipamentos necessários para a realização das atividades.

6. REFERÊNCIAS:

1. Brasil, (2014) Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS / Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. – Brasília: FUNASA, 19.
2. Cassol, P.C., Costa, A.C. & Ciprandi, O.; Pandolfo, C. M; Ernani, P. R. (2012) Disponibilidade de Macronutrientes e Rendimento em Latossolo Fertilizado com Dejetos Suíno. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 36(6), 1911-1923.
3. Cazati, C.A. (2010) Fracionamento do Fósforo em Sedimentos Superficiais do Complexo Estuarino de Paranaguá. Dissertação de Mestrado, UFPR: Centro de Estudos do Mar, Pontal do Paraná, PR, 95.
4. CONAMA. (2005) Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005- Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial da União de 18/03/2005, Executivo.
5. Cordeiro, T.S., Motyl, T. & Rocha, J.R.C. (2019) Avaliação dos nutrientes presentes nas águas do Rio São Joãozinho, PR. *Analytica*, 17(99) 16-24.
6. Costa, C.C. & Rocha, J.R.C. (2017) Percepção do processo de educação ambiental e da produção de resíduos sólidos por alunos do ensino fundamental. *Periódico Tchê Química*, 14(28), 56-65.
7. Cunha, E.J.N.S. & Rocha, J.R.C. (2015) Avaliação da Concentração de Íon Fosfato em Recursos Hídricos de Algumas Cidades do Litoral Paranaense. *Periódico Tchê Química*. 12(23), 34-38.
8. França, H.T.S., Moraes, S.R. & Rocha, J. R.C. (2017) Característica físico-química das águas do Rio da Vila em Paranaguá, PR. *Espacios*, 38(8), 21.
9. Frazão, J.J., Silva, A.R., Silva, V.L., Oliveira, V.A. & Corrêa, R.S. (2014) Fertilizantes nitrogenados de eficiência aumentada e ureia na cultura de milho. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 18(12), 1262-1267.
10. Godoy, V.A. (2013) Estudo dos mecanismos de transporte de sódio, fosfato e amônio em colunas indeformadas de material inconsolidado residual de arenitos da Formação Adamantina, Dissertação (Mestrado), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 255.
11. Kronka, E.A.M., Reis, B.F., Vieira, J.A., Blanco, T. & Gervásio, A.P.G. (1997) Multicomutação e Amostragem Binária em Análise Química em Fluxo. Determinação Espectrofotométrica de Ortofosfato em Águas Naturais. *Química Nova*, 20(4), 372-376.
12. Lopes, E.A.O., Carvalho, K.H., Gomes, S.H. & Rocha, J.R.C. (2019) Evaluation of Physical-Chemical Parameters of Water Resources Quality from Paranaguá City, PR. *IOSR Journal of Applied Chemistry*. 12(8), 12-18.

13. Marguti, A. L., Ferreira Filho, S. S. & Piveli, R. P. (2008) Otimização de Processos Físico-Químicos da Remoção de Fósforo de Esgotos Sanitários por Processos de Precipitação Química com Cloreto Férrico. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 13(4), 395-404.
14. Mariano, T.W. (2013) Diagnóstico dos impactos diretos e indiretos do transporte da soja na gestão ambiental urbana e portuária do município de Paranaguá. Monografia. UFPR: Setor litoral, Matinhos, PR, 67.
15. Masini, J.C. (2008) Demonstrando os Fundamentos, Potencialidades e Limitações da Análise por Injeção Sequencial. *Química Nova*, 31(3), 704-708.
16. MPPR (2018) <http://www.mppr.mp.br/2018/08/20748,11/No-Litoral-do-estado-MPPR-ajuiza-acao-civil-publica-para-regularizar-destinacao-de-residuos-solidos-em-Pontal-do-Parana-e-Matinhos.html> acessado em 29/04/2020 as 17h50.
17. Molin, J.P., Machado T.M., Magalhães, R.P. & Faulin, G.D.C. (2009) Segregação de fertilizantes aplicados a lanço. *Engenharia Agrícola*, 29(4), 614-622.
18. Oliveira, F. T., Mendonça, V., Hafle, O. M., Moreira, J. N., Maracajá, P. B., Augusto, J. & Lopes, J. D. A. (2013) Fontes orgânicas e doses de fosfato natural na produção de porta-enxertos de goiabeira. *Agropecuária Científica no Semi-Árido*. 9(1), 36-42.
19. Pantano, G., Grosseli, G.M., Mozeto, A.A. & Fadini, P. S. (2016) Sustentabilidade no uso do fósforo: uma questão de segurança hídrica e alimentar. *Química Nova*, 39(6), 732-740.
20. Pereira, R.S. (2004) Identificação e Caracterização das Fontes de Poluição em Sistemas Hídricos. *Revista Eletrônica de Recursos Hídricos. IPH – UFRGS*, 1(1), 20-36.
21. Reis, C.S., Cavallet, L.E. & Rocha, J.R.C. (2014) Macronutrientes em Águas de Irrigação em uma Propriedade de Produção Orgânica em Paranaguá, PR. *Periódico Tchê Química*, 11(22), 85-91.
22. Reis, C.S., França, H.T.S., Motyl, T., Cordeiro, T.S. & Rocha, J.R.C. (2015) Avaliação da Atividade Antrópica no Rio Guaraguaçu (Pontal do Paraná, PR). *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 20(3), 389-394.
23. Rice, E.W., Baird, R.B., Eaton, A.D. & Clesceri, L.S. (ed.) (2012) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22nd Edition. Washington: American Public Health Association.
24. Santos, A.F. & Araújo, S.C.M. (2010) Fertilizantes fosfatados como tema gerador de conhecimento químico. *Periódico Tchê Química*, 7(14), 57-66.
25. Silva, L.A., Fernandes, N.M. A (2018) Cadeia Produtiva de Adubos e Fertilizantes. In: Anais do II Encontro Científico de Gestão Portuária: Redes de Empresas e Cadeias Produtivas. Anais, Santos (SP) FATECRL.
26. Silva, A.C.C., Souza, G.L.G. & Rocha, J.R.C. (2018) Avaliação espectrofotométrica das concentrações do íon nitrato nos recursos hídricos de Paranaguá e Pontal do Paraná. *Periódico Tchê Química*, 15(30), 201-208.
27. Silva, W.T.L., Novaes, A. P., Kuroki, V., Martelli, L.F.A. & Junior, L.M. (2012) Avaliação Físico-Química de Efluente Gerado em Biodigestor Anaeróbico para Fins de Avaliação de Eficiência e Aplicação de Fertilizante Agrícola. *Química Nova*. 35(1), 35-40.
28. Smaha, N. & Gobbi, M. F. (2003) Implementação de um Modelo para Simular a Eutrofização do Reservatório Passaúna - Curitiba – PR. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. 8(3), 59-69.
29. Souza, G.L.C., Silva, A.C.C., Carvalho, K.H. & Rocha, J.R.C. (2019) Physical-Chemical Parameters Evaluation of Pery River Waters in Pontal do Paraná, PR. *IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology*, 13(6), 69-78.
30. Staszczak, I. & Rocha, J.R.C. (2018) Avaliação da Influência das Marés nos Parâmetros Físico-químicos Presentes nas Águas do Rio Guaraguaçu, PR, *Periódico Tchê Química*. 15(30), 177-184.

Figura 1. Localização no mapa parcial das cidades de Paranaguá e Pontal do Paraná dos dez pontos amostrais dos rios onde foram retiradas amostras para avaliar a concentração de fósforo na forma do íon fosfato. Fonte: Adaptação do autor do Google Maps.

Figura 2. Imagem das soluções padrão de fosfato (0,15; 0,30; 0,60; 0,90; 1,20; 1,50 mg L⁻¹) após a adição das soluções reagentes A e B com a formação da coloração azul de molibdênio.

Figura 3. Representação gráfica da obtenção da equação padrão de fosfato após a análise linear dos valores de absorbância em função das concentrações das soluções padrões de fósforo na forma de fosfato (0,15; 0,30; 0,60; 0,90; 1,20; 1,50 mg L⁻¹) obtida no sexto período amostral (novembro/18).

Figura 4. Representação gráfica das concentrações de fósforo, na forma de fosfato e desvio padrão das amostras naturais nos meses de agosto/17, novembro/17, fevereiro/18 e maio/18.

Figura 5. Representação gráfica das concentrações de fósforo, na forma de fosfato e desvio padrão das amostras naturais nos meses de agosto/18, novembro/18, fevereiro/19 e maio/19.

Tabela 1. Localização e coordenadas geográficas dos pontos amostrais dos rios do litoral paranaense. Fonte: o autor.

Ponto	Localização	Coordenadas
1	Rio Balneário - Praia de Leste	25°69'75.14"S; 48°47'53.59"O
2	Rio Pery	25°68'76.04"S; 48°49'03.03"O
3	Rio Guaraguaçu	25°67'19.96"S; 48°51'28.52"O
4	Rio São Joãozinho	25°66'49.41"S; 48°51'85.81"O
5	Rio da Vila	25°58'52.67"S; 48°56'78.08"O
6	Riacho no Km 7 da Rodovia das Praias	25°56'67.60"S; 48°57'86.10"O
7	Riacho no Km 1 da Rodovia das Praias	25°61'56.41"S; 48°54'85.93"O
8	Rio Vermelho	25°56'66.16"S; 48°60'79.43"O
9	Riacho no Km 1 da Rodovia Matinhos	25°57'21.87"S; 48°61'35.08"O
10	Rio Itiberê próximo ao DETRAN	25°54'24.29"S; 48°52'46.96"O

Tabela 2. Equações lineares da reta obtidas através dos valores de absorbância das soluções padrão versus suas concentrações de fósforo na forma de fosfato (0,15; 0,30; 0,60; 0,90; 1,20 e 1,50 mg L⁻¹). Fonte: o autor.

Amostragem	Equação Linear da Reta	Coefficiente de Determinação (R ²)
agosto/17	Abs = 0,02858 + 0,25229 [P-PO ₄ ³⁻]	0,99577
novembro/17	Abs = 0,07690 + 0,20071 [P-PO ₄ ³⁻]	0,99938
fevereiro/18	Abs = 0,03970 + 0,24657 [P-PO ₄ ³⁻]	0,99428
maio/18	Abs = 0,04457 + 0,16949 [P-PO ₄ ³⁻]	0,99136
agosto/18	Abs = 0,05281 + 0,22115 [P-PO ₄ ³⁻]	0,99590
novembro/18	Abs = 0,04645 + 0,20320 [P-PO ₄ ³⁻]	0,99977
fevereiro/19	Abs = 0,04818 + 0,11193 [P-PO ₄ ³⁻]	0,99590
maio/19	Abs = 0,05297 + 0,18546 [P-PO ₄ ³⁻]	0,99936

Abs. = valor de absorbância de cada uma das amostras reais.