

XII ENCONTRO NACIONAL DE ÁGUAS URBANAS

MONITORAMENTO DE FÓSFORO DURANTE CHEIAS DO RIO DAS ANTAS (ANÁPOLIS, GOIÁS, BRASIL)

Yasmin Lino Dias¹; Daiane Pereira da Silva²; Klebber Teodomiro Martins Formiga³

RESUMO – O desenvolvimento de áreas urbanas traz como consequências impactos na qualidade de cursos d'água provocados pela exportação de diversos poluentes durante os eventos de cheia. Dentre os vários parâmetros físicos, químicos e biológicos que caracterizam a qualidade de um corpo hídrico superficial, este artigo abordará especificamente o fósforo. Sendo assim, o objetivo deste estudo é caracterizar o trecho urbano do Rio das Antas em relação ao fósforo, com ênfase na relação com a vazão do rio em período de cheia através da correlação de Pearson. Dos dez eventos hidrológicos analisados 40% apresentaram “first flush”, fenômeno também chamado de carga de lavagem. De modo geral os eventos analisados apresentaram uma correlação positiva moderada entre a concentração de ortofosfato e vazão analisando cada evento individualmente, enquanto ao analisar os somatórios da vazão e da concentração de fósforo total e ortofosfato, ou seja, a soma dessas variáveis nos dez eventos analisados observou-se uma forte correlação entre vazão e fósforo total.

Palavras-Chave – Fósforo, monitoramento hídrico, qualidade da água.

ABSTRACT – The development of urban areas results in impacts on the quality of watercourses caused by the export of various pollutants during flood events. Among the various physical, chemical and biological parameters that characterize the quality of a surface water body, this article will specifically address phosphorus. Thus, the objective of this study is to characterize the urban stretch of the Antas river in relation to phosphorus, with emphasis on the relation with the flow of the river in the flood period through the Pearson correlation. Of the ten hydrological events analyzed, 40% presented "first flush", a phenomenon also called washing load. In general, the analyzed events showed a moderate positive correlation between orthophosphate concentration and flow by analyzing each event individually, while analyzing the sum of the flow and the total phosphorus and orthophosphate concentration, that is, the sum of these variables in the 10 analyzed events there was a strong correlation between flow and total phosphorus.

Keywords – phosphorus, water monitoring, water quality.

1 INTRODUÇÃO

A medida que o índice de urbanização dos municípios brasileiros aumenta com o passar das décadas, intensifica-se a problemática de adequar desenvolvimento urbano e preservação dos

1) Afiliação: Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade Federal de Goiás – EECA/UFG, Avenida Universitária, 1488 - Setor Leste Universitário, Goiânia - GO, 74605-050. (062) 99968-7474, yasmiinlino@gmail.com;

2) Afiliação: Mestranda em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade Federal de Goiás – EECA/UFG, Avenida Universitária, 1488 - Setor Leste Universitário, Goiânia - GO, 74605-050, (062) 98207-5590, daiane.eng.amb@gmail.com.

3) Afiliação: Dr. Professor da Escola de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Goiás - EECA/UFG, Avenida Universitária, 1488 - Setor Leste Universitário, Goiânia - GO, 74605-050, (62) 3209-6084, klebber.formiga@gmail.com.

recursos naturais. Segundo Tucci (2005) o principal problema de recursos hídricos no país é o impacto resultante do desenvolvimento urbano pela exportação de poluição e inundações para os trechos dos rios a jusante das cidades.

De acordo com Mendonça e Leitão (2008), as sociedades humanas desenvolveram uma relação fortemente negativa com a água, resultando na preocupante degradação deste elemento, revelando uma insuficiente e ineficaz política de saneamento ambiental urbano.

Vasconcelos e Souza (2011) afirmam que os problemas relacionados a qualidade da água envolvem um espectro bastante amplo na determinação das potenciais fontes de contaminação. Como exemplos tem-se: disposições inadequadas dos resíduos líquidos e sólidos, alterações provocadas por barragens, práticas agrícolas e de criação de animais em bacias urbanas.

Prodanoff (2005) relata que o fósforo e outras espécies de metais são absorvidas prontamente por sólidos, principalmente partículas finas. Devido a esta característica, exposição à água libera estes poluentes dentro do sistema aquático onde comprometem a qualidade do habitat aquático.

Dentre os vários parâmetros físicos, químicos e biológicos que caracterizam a qualidade de um corpo hídrico superficial, este artigo abordará especificamente o fósforo. Segundo Sperling (2005), o fósforo pode ser encontrado em corpos d'água em razão de origem natural ou antropogênica, sendo a sua origem natural a dissolução de compostos do solo, a decomposição da matéria orgânica e composição celular de microrganismos. A origem antropogênica é devida aos despejos domésticos, industriais, detergentes e excrementos de animais e uso de fertilizantes.

Sperling (2005) também diz que a forma como o fósforo se apresenta pode variar, sendo encontrado como ortofosfato, polifosfato e fósforo orgânico. Estas formas de apresentação dependem do pH do meio, sendo que os ortofosfatos são diretamente disponíveis para o metabolismo biológico.

Por conseguinte o objetivo deste artigo é caracterizar o trecho urbano do Rio das Antas em relação ao fósforo, com ênfase na sua relação com a vazão do corpo hídrico em período de cheias através da correlação de Pearson.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

A área de estudo abrange uma parte do trecho urbano do rio das Antas, desde a nascente do rio até o ponto de monitoramento, na cidade de Anápolis, estado de Goiás. O rio estudado é um

afluente do rio Corumbá, que tem sua foz no rio Paranaíba, que por sua vez dá origem ao rio Paraná.

O uso do solo na área estudada do bacia do Rio das Antas é caracterizado por uma ocupação de 83,98% de urbanização, enquanto 14,27% é constituído por vegetação natural, com espécies remanescentes de árvores próprias do cerrado e 1,75% é ocupado por pastagem (TerraClass, 2013).

2.2 Procedimentos

As amostras de água foram coletadas no rio das Antas por um amostrador automático da marca ISCO 6712, com medidor de nível acoplado, que se encontrava protegido da umidade e radiação solar. Assim, o amostrador foi programado para coletar amostras de acordo com o nível de água do curso da água.

Os dados de precipitação foram obtidos a partir da instalação de três pluviógrafos na bacia de estudo e um pluviógrafo de domínio da ANA. Foram instalados linígrafos na margem do rio próximo à estação de monitoramento para obtenção de dados da altura da lâmina d'água, e assim, calcular as vazões para cada evento utilizando a fórmula do vertedor, (Equação 1) devido à presença deste próximo ao ponto de monitoramento.

$$Q = Lx1,82xH^{3/2} \quad (1)$$

Onde Q é a vazão (m³/s), L é a largura (m), H é a altura da lâmina d'água (m).

As amostras eram coletadas até preencher todas as vinte e quatro garrafas constituintes do amostrador ou até o nível do rio abaixar até determinada altura, cujo valor também foi previamente programado. Sendo assim, houve casos em que o amostrador continha amostras de mais de um evento hidrológico.

As amostras de água foram coletadas durante o período de cheias, exatamente em 18 eventos, dos quais foram escolhidos 10 para análise laboratorial por terem sido considerados boas amostras já que conseguiram caracterizar o evento do início ao fim.

Depois de coletadas, as amostras passaram por análise laboratorial de fósforo total e ortofosfato de acordo com a metodologia indicada no Standart Methods (Método 4500-P E, Método do Ácido Ascórbico).

Conforme esclarecem Silva e Formiga (2017), devido às condições logísticas e ao tempo entre a coleta das amostras e sua análise em laboratório, não foi possível manter as amostras sob constante refrigeração em campo. Então para aumentar a precisão das análises do fósforo foram

realizadas análises de decaimento do mesmo. A partir da análise de decaimento, as concentrações do fósforo total e do ortofosfato em laboratório puderam ser aproximadas, por meio de equações de decaimento, ao valor das concentrações referentes ao dia da coleta realizada pelo amostrador automático em campo.

Por fim, os resultados obtidos em laboratório passaram por análise estatística a fim de verificar a correlação dos parâmetros fósforo e vazão em planilhas eletrônicas e então foram gerados gráficos para facilitar a visualização dos resultados.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Garson (2009) define correlação como uma medida de associação bivariada do grau de relacionamento entre duas variáveis. Para atingir o objetivo deste estudo e analisar a relação da quantidade de fósforo de acordo com a vazão, utilizou-se o coeficiente de correlação Pearson (r), o qual varia de -1 a 1. Filho e Júnior (2009) explicam que o sinal do coeficiente indica direção positiva ou negativa do relacionamento e o valor sugere a força da relação entre as variáveis. Uma correlação perfeita (-1 ou 1) indica que o escore de uma variável pode ser determinado exatamente ao se saber o escore da outra. Já uma correlação de valor zero indica que não há relação linear entre as variáveis.

Dancey e Reidy (2005) apontam para uma classificação do coeficiente de correlação Pearson que subdivide os valores em correlação fraca, moderada ou forte da seguinte maneira: $r = 0,10$ até $0,30$ seria fraco; $r = 0,40$ até $0,6$ seria moderado; $r = 0,70$ até 1 seria forte.

Com os valores obtidos nas análises laboratoriais, inclusive com o ajuste de decaimento, foram gerados os polutogramas de ortofosfato e fósforo total que constam nas figuras de 1 a 10. Nas figuras a linha vermelha representa o polutograma e a linha azul representa o hidrograma.

Nos polutogramas da figura 1 é possível perceber que tanto o ortofosfato como o fósforo total apresentaram um pico de concentração antes do pico do hidrograma, o que de acordo com o método proposto por Lee e Bang (2000) está relacionado ao chamado “first flush”, podendo ser traduzido como primeira chuva ou carga de lavagem. Moruzzi e Nakada (2009) explicam que a primeira chuva incorpora elementos capazes de interferir na qualidade da água, pois sedimenta o material particulado, auxilia na dissolução de gases atmosféricos e arrasta partículas depositadas em superfícies.

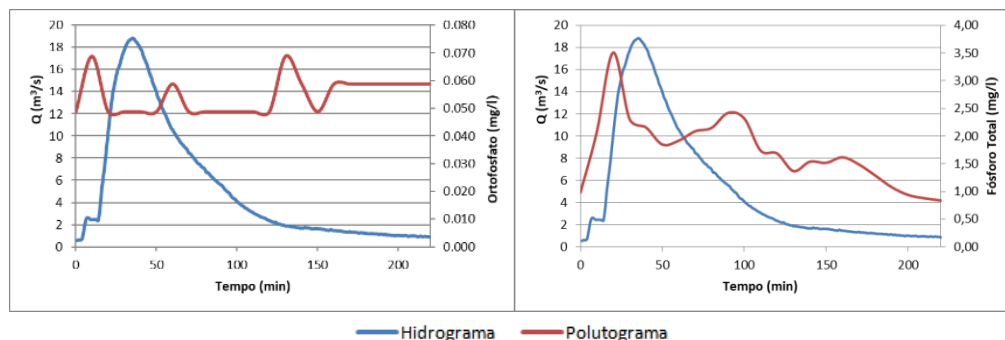


Figura 1 – Polutogramas do evento 1 ocorrido em 29 de outubro de 2017.

Diferentemente da figura 1, nos polutogramas da figura 2 os picos de concentração de fósforo total e de ortofosfato ocorreram depois do pico do hidrograma. É interessante perceber também que o ortofosfato apresentou uma grande variação quando o evento já havia terminado.

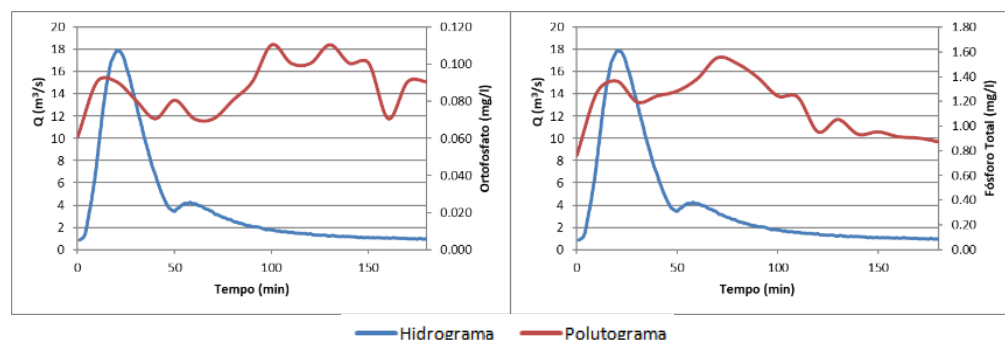


Figura 2 – Polutogramas do evento 2 ocorrido em 01 de novembro de 2017.

Na figura 3 é interessante analisar como o ortofosfato e o fósforo total variam de maneiras diferentes durante o evento 3, sendo que houve first flush para o fósforo total, mas para o ortofosfato não.

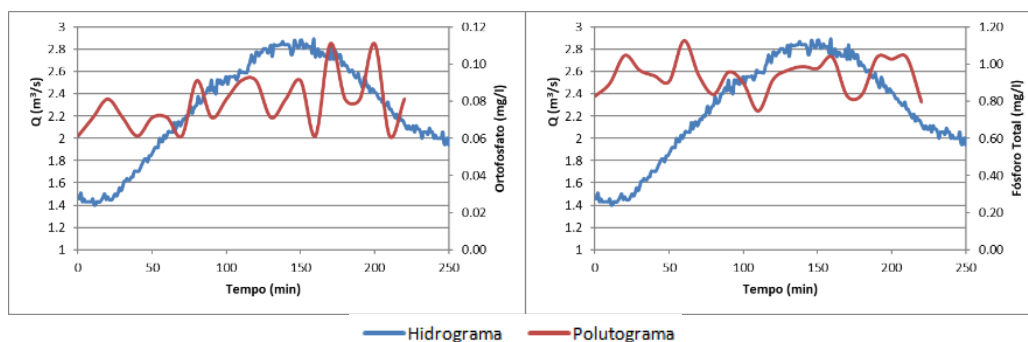


Figura 3 – Polutogramas do evento 3 ocorrido em 12 de dezembro de 2017.

No evento 4 (figura 4) a concentração de fósforo total se mostrou mais oscilante que a de ortofosfato, diferentemente do evento 3, mas ambos os polutogramas apresentaram first flush.

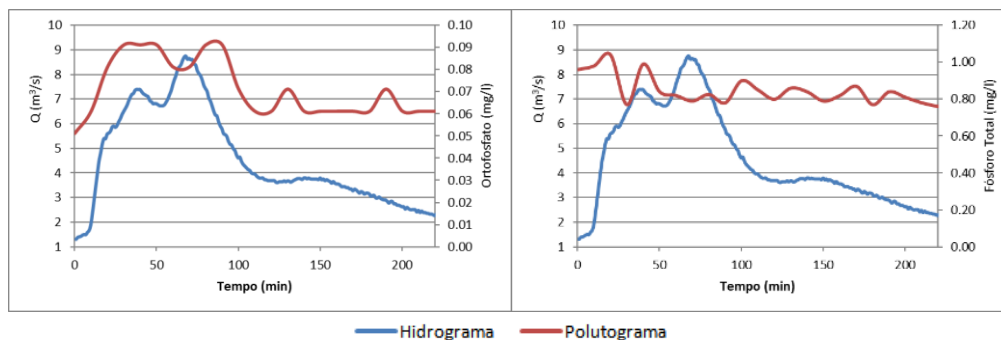


Figura 4 – Polutogramas do evento 4 ocorrido em 13 de dezembro de 2017.

No evento 5 (figura 5) enquanto a maior concentração de ortofosfato ocorre antes do evento hidrológico iniciar, o fósforo total apresenta maior concentração depois do pico do hidrograma.

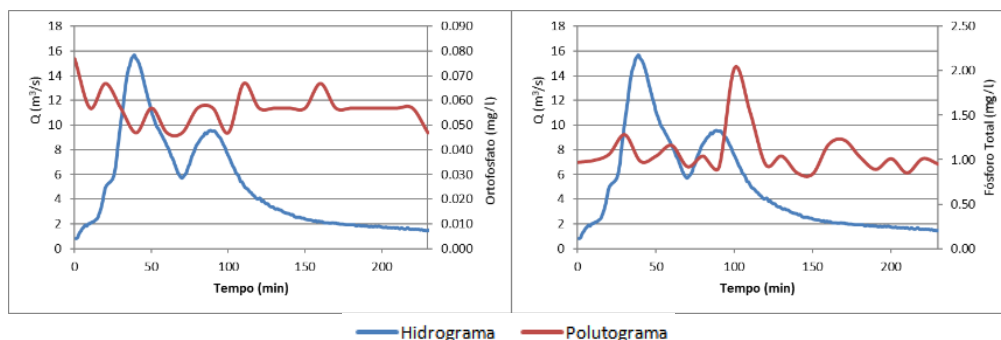


Figura 5 – Polutogramas do evento 5 ocorrido em 21 de dezembro de 2017.

No evento 6 (figura 6) a amplitude da variação do ortofosfato foi menor que a de fósforo total.

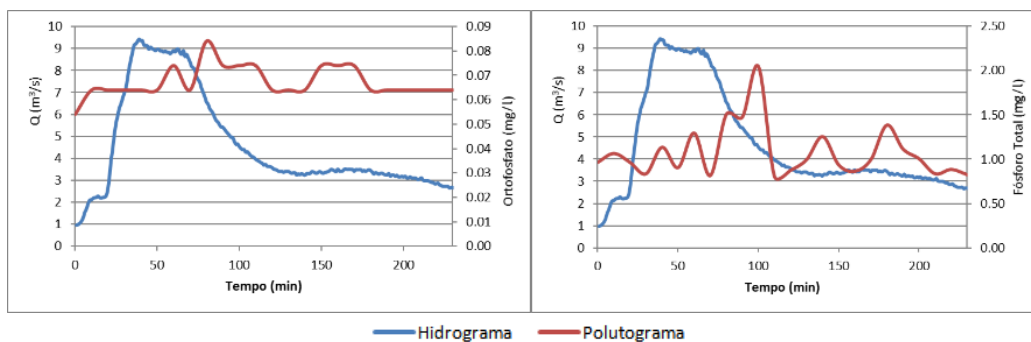


Figura 6 – Polutogramas do evento 6 ocorrido em 30 de dezembro de 2017.

Na figura 7 é possível perceber que durante o evento 7 a variação de fósforo foi pequena.

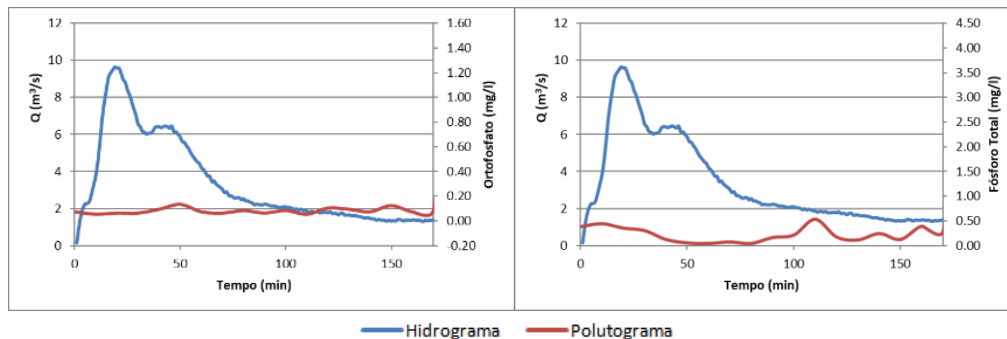


Figura 7 – Polutogramas do evento 7 ocorrido em 21 de fevereiro de 2018.

No evento 8 (figura 8), antes do evento hidrológico iniciar já havia certa concentração de fósforo total que foi aumentando a medida que o evento hidrológico ocorre. Neste evento há a presença de first flush para ortofosfato.

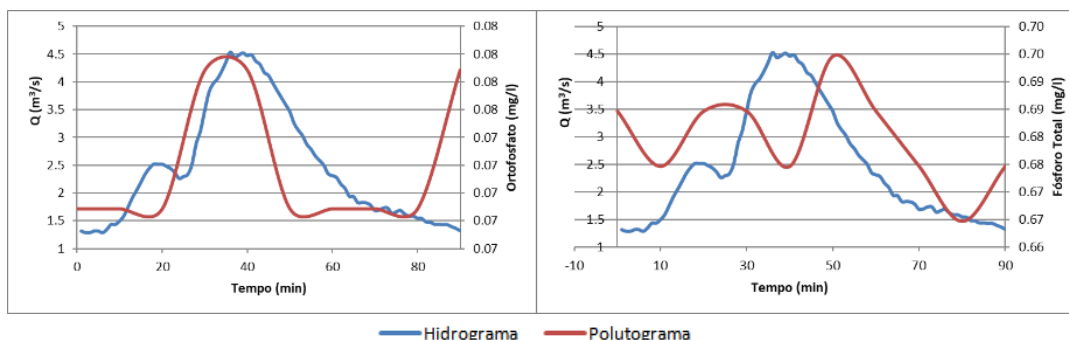


Figura 8 – Polutogramas do evento 8 ocorrido em 20 de março de 2018.

Sobre o evento 9 (figura 9) é importante observar que houve first flush para fósforo total.

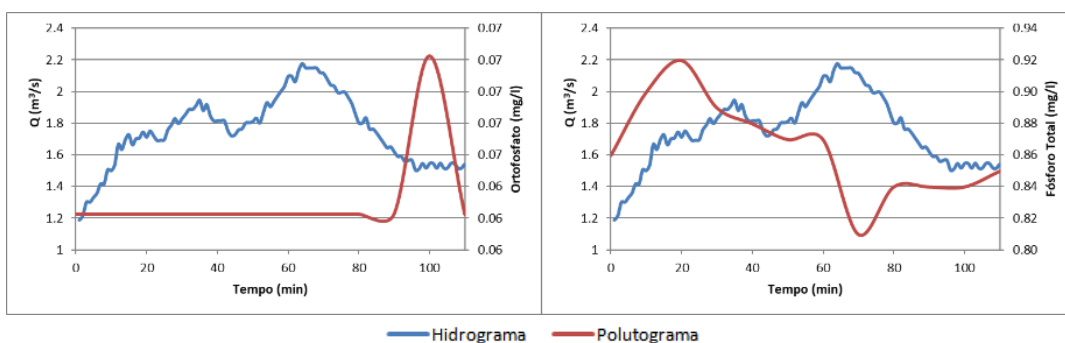


Figura 9 – Polutogramas do evento 9 ocorrido em 04 de abril de 2018.

De maneira análoga ao evento 9, o evento 10 (figura 10) apresenta um pico de ortofosfato depois do pico do hidrograma e uma depressão acentuada na concentração de fósforo total.

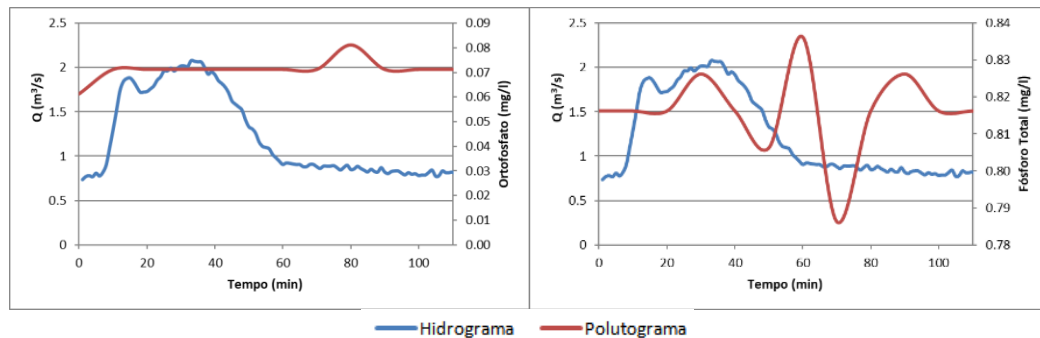


Figura 10 – Polutogramas do evento 10 ocorrido em 05 de abril de 2018.

A tabela 1 apresenta os valores encontrados do coeficiente de Pearson para correlação entre ortofosfato e vazão para cada um dos dez eventos analisados acima, juntamente com a classificação de Dancy e Reidy (2005), conforme citado anteriormente.

Tabela 1 – Correlação entre ortofosfato e vazão no Rio das Antas.

Correlação de Pearson - Ortofosfato e vazão		
Eventos	valor	classificação
1	-0,5	moderado
2	-0,1	fraco
3	0,5	moderado
4	0,9	forte
5	-0,4	moderado
6	0,3	fraco
7	-0,1	fraco
8	0,5	moderado
9	-0,2	fraco
10	0,1	fraco

De maneira análoga, a tabela 2 apresenta os valores encontrados do coeficiente de Pearson para correlação entre fósforo total e vazão para os dez eventos analisados, juntamente com a classificação de Dancy e Reidy (2005).

Tabela 2 – Correlação entre fósforo total e vazão no Rio das Antas.

Correlação de Pearson - Fósforo Total e vazão		
Eventos	valor	classificação
1	0,7	forte
2	0,4	moderado
3	0	fraco
4	0	fraco
5	0,2	fraco
6	0,1	fraco
7	0	fraco
8	0,3	fraco
9	-0,1	fraco
10	0,1	fraco

Como pode ser visto, dos dez eventos analisados apenas um resultou em uma correlação forte entre vazão e fósforo e também ortofosfato. Já uma correlação moderada foi observada em quatro eventos para o ortofosfato e em um evento para fósforo total. Sendo assim foi encontrada uma correlação fraca em cinco eventos para ortofosfato e em oito eventos para fósforo total.

De maneira geral, a partir da soma das concentrações de fósforo, de ortofosfato e da vazão, foi possível correlacionar os parâmetros para o Rio das Antas, conforme mostra a tabela 3.

Tabela 3 – Análise geral da correlação encontrada para o Rio das Antas

	Precipitação total	Vazão total	Vazão máxima	Ortofosfato	Fósforo Total
Precipitação total	1.0				
Vazão total	0.6	1.0			
Vazão máxima	0.2	0.7	1.0		
Ortofosfato	0.2	0.6	0.4	1.0	
Fósforo Total	0.6	0.8	0.5	0.7	1.0

A tabela 3 indica uma correlação forte entre vazão total e fósforo total e uma correlação moderada entre vazão total e ortofosfato. É importante analisar também outros valores do coeficiente de Pearson mostrados na tabela 3, como a correlação entre precipitação total e vazão total, a correlação entre vazão máxima e vazão total e a correlação entre ortofosfato e fósforo total.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Analisando os resultados obtidos por evento, o valor da correlação variou bastante de um evento para outro, mesmo quando comparados a eventos com valores de vazão próximos, apresentando correlações moderadas a fracas. Entretanto, analisando o somatório dos eventos, foi possível observar forte correlação entre as vazões e as concentrações do fósforo total.

Dos 20 polutogramas analisados 8 deles, ou seja, 40% do total, apresentaram o pico da concentração de fósforo antes do pico do hidrograma, apontando a ocorrência de “first flush”. A ocorrência de tal fenômeno é relevante para este estudo como indicativo da influência do uso do solo na qualidade de água do corpo hídrico, pois funciona como uma lavagem do solo que pode conter despejos domésticos, industriais, detergentes, excrementos de animais e/ou fertilizantes.

Na maior parte dos eventos analisados, as correlações entre fósforo total, ortofosfato e vazão se mostraram fracas ou moderadas, o que significa que a dinâmica do fósforo nos eventos de cheia analisados pode estar correlacionadas a outros fatores ambientais e/ou parâmetros de qualidade de água.

REFERÊNCIAS

1. APHA-AWWA-WEF. *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*. 22th Edition. Washington, DC: American Public Health Association, 2012, 1360 p.
2. FILHO, D. B. F.; JÚNIOR, J. A. S. (2009). "Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson (r)". *Revista Política Hoje*, vol. 18, n. 1, p. 115-146.
3. GARSON, G. David. (2009), *Statnotes: Topics in Multivariate Analysis*. Disponível em: <http://faculty.chass.ncsu.edu/garson/PA765/statnote.htm>.
4. LEE, J. H.; BANG, K. W. Characterization of urban stormwater. *Water research*, v. 34, n. 6, p. 1773-1780, 2000.
5. MENDONÇA, F. A.; LEITÃO, S. A. M. (2008). "Riscos e vulnerabilidade socioambiental urbana: uma perspectiva a partir dos recursos hídricos". *GeoTextos*, vol. 4, n. 1 e 2, p. 145-163.
6. MORUZZI, R. B.; NAKADA, L. Y. K. (2009). "Coleta e tratamento de água pluvial para fins não potáveis com emprego de amido de milho como coagulante primário em filtração cíclica em escala de laboratório." *Revista de estudos ambientais*, vol.11, n. 1, p. 51-60.
7. PRODANOFF, J. H. A. *Avaliação da poluição difusa gerada por enxurradas em meio urbano*. 2005. Tese (Doutorado em Ciências em Engenharia Civil) - Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
8. SILVA, D. P.; FORMIGA, K. T. M. *Análise e ajuste de curva de decaimento de nutrientes para uso de amostradores automáticos em eventos extremos*. In: XXII Simpósio Brasileiro de Recursos, ABRH, Porto Alegre, 2017, pg. 1-8.
9. SPERLING, Marcos Von. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. 3ª Edição. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Editora da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG – Belo Horizonte, 2005.
10. TerraClass. Projeto TerraClass Cerrado. *Mapeamento do Uso e Cobertura Vegetal do Cerrado*. Disponível em: http://www.dpi.inpe.br/tccerrado/dados/2013/TCCerrado_2013_222_071_shp.zip. Acesso em 24 de jun. de 2018.
11. TUCCI, C. E. M. (2005). *Gestão de águas pluviais urbanas*. Ministério das Cidades, 270 p.
12. VASCONCELOS, V. de M. M.; SOUZA, C. F. *Caracterização dos parâmetros de qualidade da água do manancial Utinga, Belém, PA, Brasil*. *Ambi-Agua*, Taubaté, v. 6, n. 2, p. 305-324, 2011.