

## XII ENCONTRO NACIONAL DE ÁGUAS URBANAS

### **ANÁLISE DOS POLUTOGRAMAS PARA UM EVENTO CHUVOSO NUMA GALERIA DE DRENAGEM PLUVIAL**

*Clara Resende de Aguiar<sup>1</sup>; Thays Tsuji Mitsuko<sup>2</sup>; Daniela Junqueira Carvalho<sup>3</sup>; Maria Elisa Leite Costa<sup>4</sup> & Sérgio Koide<sup>5</sup>*

**RESUMO** – Os corpos hídricos no meio urbano estão sujeitos a diversos impactos, dentre eles a poluição advinda das águas pluviais. Poluentes de todos os tipos e origens que se acumulam nas ruas são transportados pelo escoamento superficial e chegam aos corpos receptores, degradando sua qualidade, caracterizando a poluição difusa. Os polutogramas são os gráficos que indicam a concentração de poluentes no escoamento ao longo do tempo e, associados aos gráficos de vazão (hidrogramas), podem indicar o comportamento das cargas do poluente nas águas pluviais provenientes de uma bacia. Neste artigo, é feita a análise da qualidade das águas de drenagem urbana da área do Riacho Fundo I, no Distrito Federal, a partir de polutogramas e hidrograma gerados com dados do monitoramento de um evento chuvoso em fevereiro de 2018, tendo sido coletadas amostras da água de drenagem pluvial dentro de uma galeria de drenagem. Os parâmetros qualitativos analisados mostraram altas concentrações de P reativo e DQO no escoamento, e aos gráficos indicaram que o pico de poluentes ocorreu antes do de vazão. Os sólidos também possuem maior concentração no início do evento e, com isso, é indicada a possibilidade de medidas mitigadoras para a retenção inicial desta poluição.

**ABSTRACT** – Water bodies in urban areas are susceptible to several impacts, among them pollution from stormwater. Pollutants of all types and origins that accumulate in the streets are carried by the runoff and reach the receiving bodies, degrading its quality, featuring a diffuse pollution. The polutogramas are graphs indicating the concentration of pollutants in the runoff over time and the associated flow graphics (hydrograms) may indicate the behavior of the pollutant load in the stormwater from a catchment. In this article, an analysis is made of the quality of urban drainage water area of the Riacho Fundo I, in the Federal District, from polutogramas and hydrograph generated with data from the monitoring of a rain event in February 2018, having been collected samples from stormwater drainage inside a drainage gallery. The qualitative parameters analyzed showed high concentrations of P reactive and COD in the flow and the analysis of the graphs indicated that the peak of pollutants occurred before the flow. The solids also have a higher concentration at the beginning of the event and, therefore, the possibility of mitigating measures for the initial retention of this pollution is indicated.

**Palavras-Chave** – Qualidade da água, Monitoramento Hidrológico, Bacias urbanas

1) Graduanda em Engenharia Ambiental pela UnB. Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. Campus Universitário Darcy Ribeiro, Asa Norte, clara.r.aguiar@gmail.com.

2) Mestranda pelo Programa de Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos da UnB. Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. Campus Universitário Darcy Ribeiro, SG -12, Sala 21, Asa Norte, thaysmitsuko@hotmail.com.

3) Graduanda em Engenharia Ambiental pela UnB. Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. Campus Universitário Darcy Ribeiro, Asa Norte, d.junqueirac@gmail.com.

4) Doutoranda pelo Programa de Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos da UnB. Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. Campus Universitário Darcy Ribeiro, SG -12, Sala 04, Asa Norte, mariaelisa@unb.br.

5) Professor do Programa de Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos da Universidade de Brasília. Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. Campus Universitário Darcy Ribeiro Asa Norte, SG 12. Sala 12. skoide@unb.br.

## INTRODUÇÃO

Têm crescido cada vez mais os problemas associados aos recursos hídricos nas grandes cidades brasileiras. Em Brasília, observa-se o esgotamento da atual capacidade instalada de abastecimento público de água. Entre 2016 e 2017 a cidade viveu uma grande crise hídrica e sofreu inclusive com racionamento, aplicado pela concessionária local, passando também a utilizar o Lago Paranoá como manancial emergencial. Porém, além do problema de quantidade de água, os corpos hídricos da região estão ameaçados também quanto à sua qualidade.

O problema de poluição de mananciais urbanos está presente principalmente em grandes centros. A urbanização inevitavelmente ocasiona o aumento da poluição difusa e da impermeabilização do solo, fazendo com que haja uma diminuição da infiltração das águas pluviais e, conseqüentemente, um aumento do escoamento superficial. Junto a esse escoamento originado em áreas impermeabilizadas, são carregados materiais soltos ou solúveis de todos os tipos que contribuem para o aporte de cargas poluidoras aos corpos receptores (Porto, 1995).

As fontes de poluição difusa são variadas. Ao contrário dos lançamentos pontuais de poluição, este fenômeno caracteriza-se por sua aleatoriedade de difícil mensuração e cujas magnitudes dependem, principalmente, de fatores meteorológicos, dos tipos (e manejo) de usos e ocupação do solo (Righetto *et al.* 2017).

O fenômeno de acumulação de poluentes em áreas urbanas, sobretudo nas superfícies impermeáveis, é conhecido como *buildup* e pode ser descrito por um processo de equilíbrio dinâmico que ocorre entre a acumulação e o carreamento em uma área. A quantidade de material contaminante nas superfícies das ruas pode variar consideravelmente dependendo de diversos fatores, como o tempo decorrido desde que a rua foi limpa pela varredura ou pela descarga de chuva, o uso e ocupação da terra, por diversas características de tráfego como o volume do mesmo, características da superfície da rua e práticas de manutenção, entre outros (Goonetilleke e Thomas, 2004).

O carreamento dos poluentes nas áreas urbanas, conhecido como *washoff*, é o processo pelo qual os poluentes acumulados são removidos das superfícies de captação pela chuva e incorporados no fluxo de águas pluviais (Goonetilleke e Thomas, 2004). Este processo engloba dois fenômenos que ocorrem simultaneamente. Inicialmente, à medida que a chuva cai no solo, molhando a superfície, há a dissolução dos poluentes solúveis, isto ocorre porque as gotas de chuva impactantes e o fluxo horizontal proporcionam a turbulência necessária para dissolver tais poluentes. Em seguida, há o desprendimento dos poluentes sob o impacto da chuva e o seu transporte pelo escoamento superficial (Goonetilleke e Thomas, 2004).

No processo de *washoff* pode-se afirmar que quanto maior a intensidade da chuva, maior será a ocorrência do processo de dissolução e do transporte de poluentes (Righetto *et al.*, 2017). Sua ocorrência não é verificada em todos os estudos existentes, sendo frequentemente observado em bacias pequenas, mas não em bacias grandes, o que o caracteriza como inconsistente. Dessa forma, para validar a ocorrência do *washoff*, deve-se proceder a caracterização da variação temporal da qualidade da água do escoamento superficial para cada bacia especificamente (Gomes, 2008).

Os polutogramas são os gráficos que apresentam as relações temporais das concentrações dos parâmetros de qualidade da água. As concentrações dos poluentes no escoamento gerado variam ao longo do evento hidrológico, assim como variam as vazões, sendo que os hidrogramas e plutogramas são usualmente plotados juntos. Esses gráficos são úteis nas análises dos processos erosivos predominantes, da capacidade de transporte/acumulação de sedimentos e da alteração da qualidade da água de uma bacia hidrográfica (Minella *et al.*, 2011).

No Distrito Federal, o mais recente manancial de abastecimento, o lago Paranoá, foi construído a partir do fechamento da barragem do rio Paranoá, obra iniciada em 1959, e possui extensão aproximada de 38 km<sup>2</sup>. Fonseca (2001) enfatiza que indiretamente, a decisão de se criar um lago artificial no local definido implicou a cidade o compromisso de manter um determinado padrão de sustentabilidade com o corpo hídrico, que se localiza a jusante de uma densa mancha urbana. O lago possui múltiplos usos, além de atuar com a função de diluidor de efluentes das Estações de Tratamento de Esgotos, é utilizado para o lazer, a geração de energia e composição paisagística de Brasília. Dos seus tributários principais, deve-se destacar o Riacho Fundo, que atravessa região intensamente urbanizada e contribui com importante carga de poluição para o lago.

O Riacho Fundo I é uma das 31 Regiões Administrativas (RAs) do Distrito Federal e originou-se de um crescimento desordenado que desencadeou importantes impactos ambientais no corpo hídrico Riacho Fundo, um dos principais afluentes do lago Paranoá.

A fim de promover a manutenção da qualidade do lago, é necessário, portanto, controlar entre outros aspectos, a poluição difusa oriunda da drenagem pluvial. A determinação da vazão e das concentrações dos poluentes das águas da drenagem pluvial são fundamentais para a determinação das cargas difusas.

O objetivo deste trabalho foi, por meio da utilização dos polutogramas, analisar a qualidade das águas pluviais urbanas escoada ao longo da onda de cheia na estação de monitoramento do Riacho Fundo I, que é drenada até o Riacho Fundo, afluente do Lago Paranoá, sem qualquer tratamento.

## METODOLOGIA

### Área de estudo

Na figura 1 está destacada a porção urbana da Região Administrativa do Riacho Fundo I, área de estudo deste artigo. A região drena uma área total de 2,3 km<sup>2</sup>, com aproximadamente 50 mil habitantes. Possui um clima de tropical de savana, com concentrações das chuvas durante o verão e precipitação anual média entre 1.200mm a 1.700mm. É abastecida 100% com distribuição de água, 89,4% dos domicílios têm o esgoto coletado, 7,6% utilizam fossa séptica e cerca de 3% utilizam fossa rudimentar e o sistema de drenagem de águas pluviais atende cerca de 89,2%, Com relação à coleta dos resíduos sólidos, 95% dos domicílios são atendidos pelo Sistema de Limpeza Urbana (SLU). Desses, cerca de 90,2% têm serviço de coleta seletiva. (CODEPLAN, 2015).

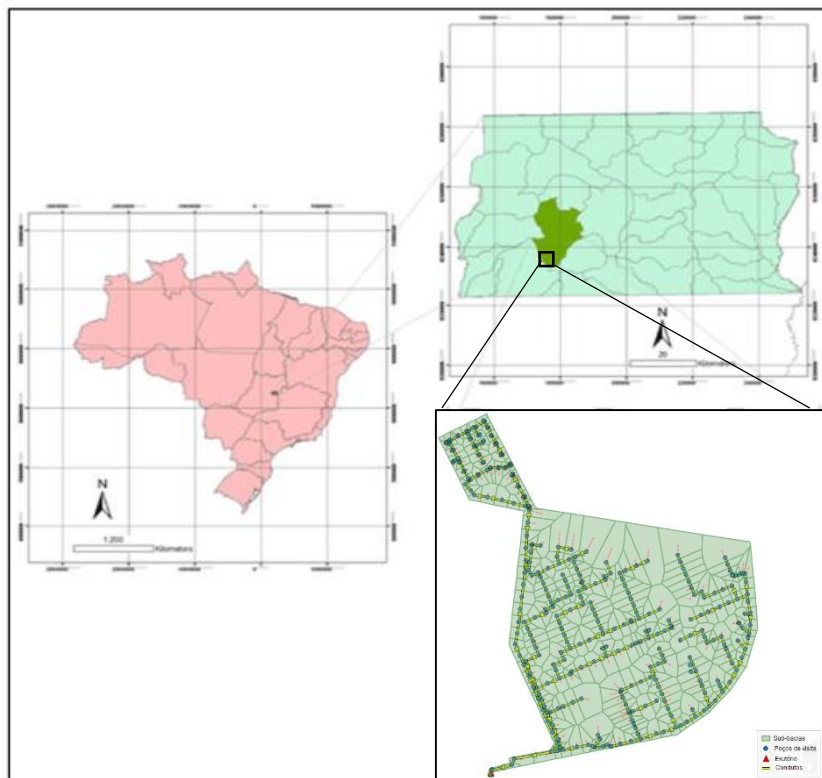


Figura 1 – Local da área de estudo e o exutório da bacia monitorada.

### Monitoramento das águas urbanas

O local escolhido para as coletas está no final da rede de drenagem urbana e a montante do corpo hídrico receptor das águas de drenagem pluvial e do lançamento do efluente tratado pela ETE Riacho Fundo (Figura 2).

Foram coletadas as amostras com uso de um amostrador automático ISCO 6400 (Figuras 4, 5 e 6) com posterior análises no Laboratório de Saneamento Ambiental da Universidade de Brasília (Figura de 7 a 10). Foram mensurados os parâmetros referentes a matéria orgânica, nutrientes

e sedimentos, como nitrito, nitrato, amônia, fósforo reativo, fósforo total e sólidos totais, sólidos suspensos e DQO, como também condutividade e turbidez. Os métodos utilizados para análise foram os recomendados pelo *Standard Methods* (Apha *et al.*, 1985), estão listados na Tabela 1. Com esses dados foi possível a construção dos polutogramas para cada parâmetro.

Para a construção dos hidrogramas, foi traçada a curva-chave da galeria por meio das medições de velocidades com o medidor ADC, um linígrafo de boia da marca OTT® modelo *Thallimedes* (Figura 3 e 4) para registro da cota da onda de cheia e uma régua linimétrica.



Figura 02 – Local na Galeria de drenagem onde os equipamentos foram instalados.



Figura 03 – Detalhe do Linígrafo de boia instalado.



Figura 04 – Equipamentos rente à galeria de drenagem.



Figura 05 – Detalhe do amostrador automático.



Figura 06 – Detalhes da conexão do amostrador a galeria.



Figura 07 – Parte das Amostras coletadas do ISCO.



Figura 08 – Parte das Amostras organizadas no laboratório.



Figura 09 – Análise de sólidos totais.



Figura 10 – Análise de sólidos suspensos.

O amostrador automático funciona conjuntamente com um sensor de nível e é ativado com a passagem da onda de cheia pela galeria de drenagem. A coleta foi programada para cada 5 minutos após a ativação, podendo atingir 24 amostras por evento de chuva. No laboratório foram medidos os parâmetros referentes a matéria orgânica, nutrientes e sedimentos, como nitrito, nitrato, amônia, fósforo reativo, fósforo total e sólidos totais, sólidos suspensos e DQO, os respectivos métodos para análise de cada um deles foram os recomendados pelo *Standard Methods* (Apha *et al.*, 1985), que estão expostos na Tabela 1.

Tabela 1 – Métodos utilizados nas análises dos parâmetros.

Parâmetro	Método	Nível de detecção	Equipamento	Modelo
Sólidos suspensos	Gravimétrico	-	Balança de precisão	Adventurer – OHAUS
DQO	Digestão de Hg	0 – 150 mg/L (Low range)	Espectrofotômetro; Reator	HACH DR2010; Reator HACH
Amônia	Nessler	-	Espectrofotômetro	HACH DR400
Nitrito	Diazotização	0 – 3,0 mg/L	Espectrofotômetro	HACH DR400
Nitrato	Redução de Cádmio	-	Espectrofotômetro	HACH DR400
Fósforo total	Digestão de ácido persulfato	0 – 30 mg/L	Espectrofotômetro	HACH DR400
Fósforo reativo		0 – 5,0 mg/L	Espectrofotômetro	HACH DR400
Turbidez	Nefelométrico	-	Turbidímetro	HACH 2100AN
Condutividade	Eletrométrico	0-200S/cm	Condutivímetro	HACH sension5

## RESULTADOS

A matéria orgânica presente nas águas pluviais é uma característica muito importante, ela é principal causa do consumo de oxigênio dissolvido. A origem desses componentes em águas de escoamento superficial pode ser tanto natural quanto antropogênica, causada por despejos domésticos e industriais lançados na rede de drenagem, ou que estão a céu aberto. matéria orgânica vegetal, animal e microrganismos provenientes da incorreta disposição e coleta de resíduos sólidos urbanos, sendo então carregados no processo de *washoff*.

A Demanda Química de Oxigênio permite avaliar o consumo de oxigênio no processo de estabilização da matéria orgânica. Ela mede indiretamente a matéria orgânica presente além da sua fração biodegradável. Como mostra a figura 11, o maior valor de DQO medido foi de 118 mg/L, encontrado na primeira amostra. Este valor é muito mais alto que todos os outros medidos, indicando um grande carreamento de matéria orgânica inicial.

O nitrogênio pode aparecer nas águas nas formas de nitrogênio molecular ( $N_2$ ), orgânico, amoniacal livre ( $NH_3$ ) ou ionizado ( $NH_4^+$ ), nitrito ( $NO_2^-$ ) e nitrato ( $NO_3^-$ ). Este elemento, assim como o fósforo, é indispensável para o crescimento de algas. A grande quantidade desses constituintes em um corpo hídrico pode desencadear um processo de eutrofização que pode levar a um crescimento exagerado dessas algas. No presente trabalho, o nitrogênio foi medido nas formas de amônia livre, nitrito e nitrato. Os resultados obtidos (Figura 12) mostram uma maior concentração de amônia nos primeiros minutos de coleta, alcançando um valor máximo pouco maior que 0,8 mg/L na primeira amostra, momento anterior ao pico de vazão.

Nas análises realizadas foi verificada a presença de fósforo total e reativo, comumente presentes em esgotos sanitários, resíduos orgânicos e fertilizantes. O fósforo reativo encontra-se dissolvido na água escoada e neste estado, este elemento pode chegar de forma mais fácil ao corpo receptor, pois não ocorre sua deposição ao longo do percurso. Como mostra a figura 13, a forma reativa encontra-se em concentrações bem maiores que na forma de P total.

O Lago Paranoá é um corpo hídrico de usos múltiplos, inclusive para abastecimento público, e tem como afluente o Córrego Riacho Fundo, corpo receptor das águas de escoamento superficial da bacia do Riacho Fundo. Neste caso, o conhecimento da concentração de sólidos dissolvidos que são carregados é de especial interesse, pois a cloração da água contendo matéria orgânica dissolvida pode gerar produtos potencialmente cancerígenos, como os trihalometanos.

Na figura 14, encontra-se concentração inicial de sólidos em suspensão maiores que sólidos dissolvidos e em seguida observa-se um decaimento. Analisando o polutograma de turbidez (figura

15), vemos que seu formato é semelhante ao de sólidos em suspensão na maioria das amostras. A presença de sólidos dissolvidos também relaciona-se com a condutividade elétrica da água (figura 16), que é a capacidade da água de transmitir corrente elétrica.

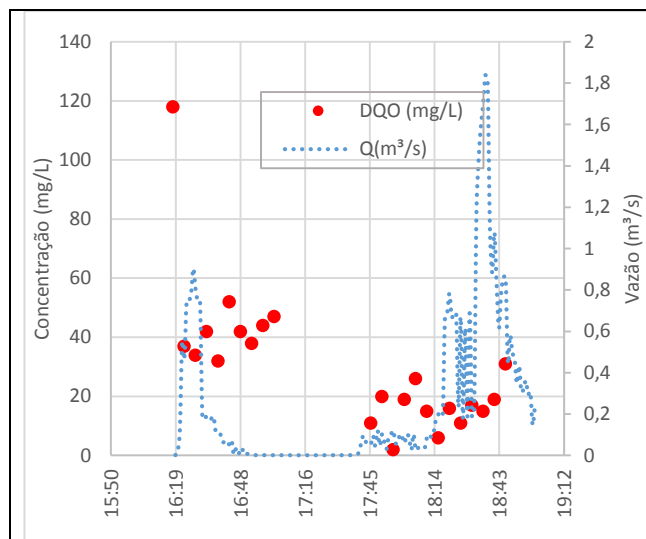


Figura 11 – Polutograma e Hidrograma do evento do dia 03/02/18 para a DQO.

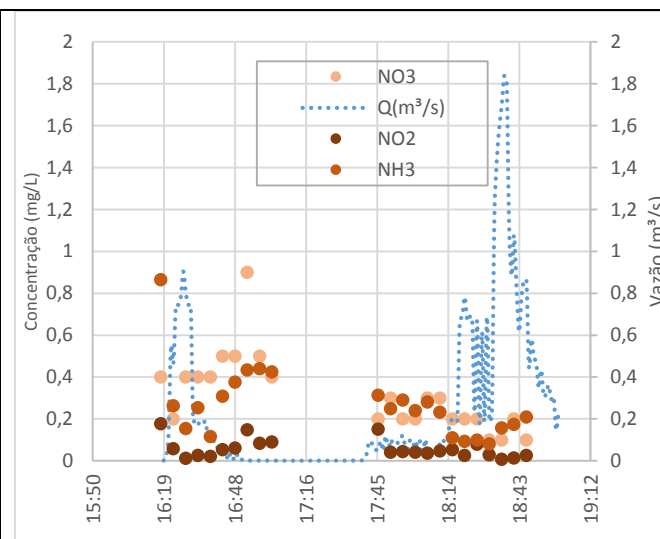


Figura 12 – Polutograma e Hidrograma do evento do dia 03/02/18 para Nitrito, Nitrato e Amônia.

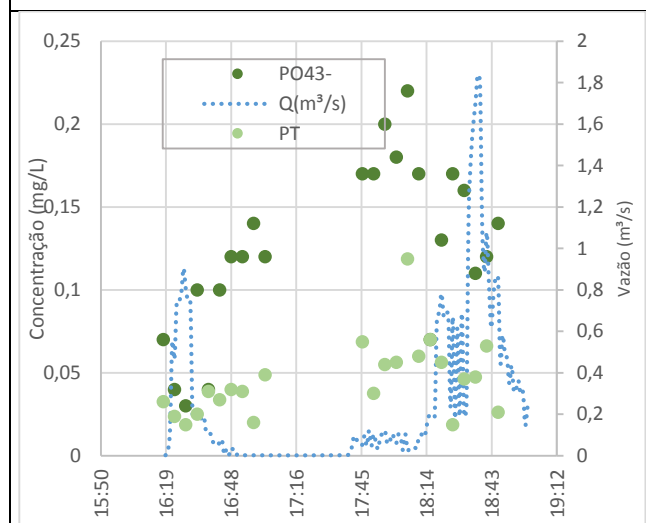


Figura 13 – Polutograma e Hidrograma do evento do dia 03/02/18 para P reativo e total.



Figura 14 – Polutograma e Hidrograma do evento do dia 03/02/18 para Sólidos em Suspensão e Dissolvidos.



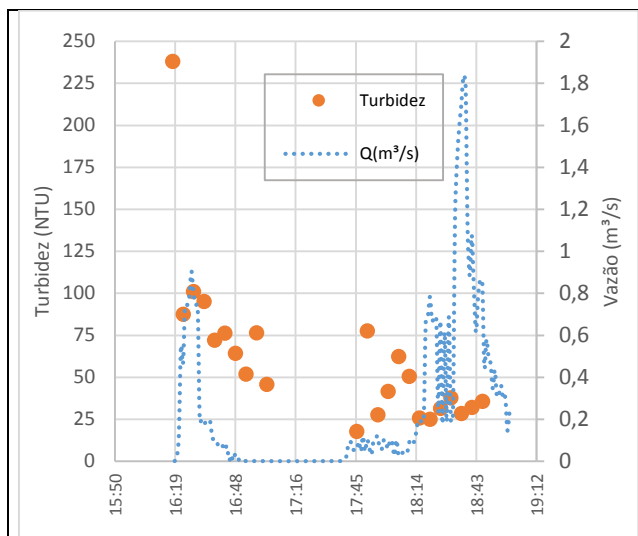


Figura 15 – Polutograma e Hidrograma do evento do dia 03/02/18 para Turbidez.

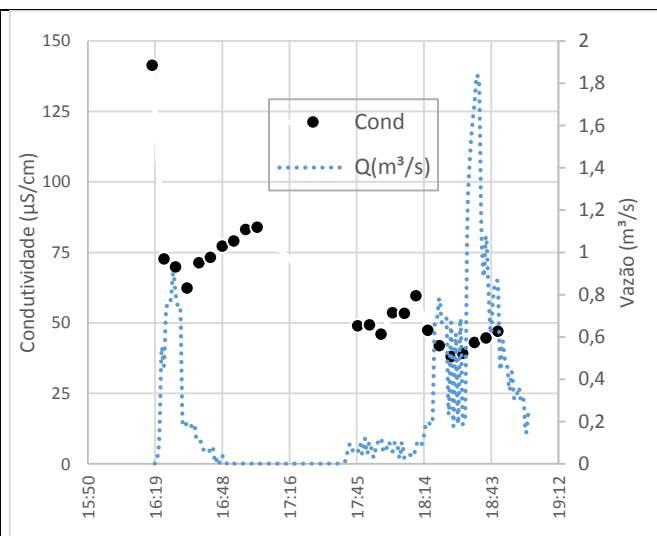


Figura 16 – Polutograma e Hidrograma do evento do dia 03/02/18 para Condutividade.

## CONCLUSÃO

A caracterização das águas de drenagem pluvial através do monitoramento quali-quantitativo auxilia em um maior controle dos impactos causados em um corpo aquático por uma cidade urbanizada como Riacho Fundo I, viabilizando a tomada de decisão para emprego de medidas mitigadoras apropriadas contra a poluição difusa. No caso estudado, foram analisadas amostras provenientes de um evento de precipitação ocorrido no dia 03/02/2018. Pode ser observado que o pico do polutograma não coincide com o pico do hidrograma, ocorrendo anteriormente ao pico de vazão. Observou-se altas concentrações de P reativo e DQO elevada, o que pode indicar lançamento de esgotos nos sistemas de drenagem.

Pela análise dos sólidos, nota-se que a maior concentração ocorre no início do escoamento superficial, o que indica que a instalação de bacias de retenção pode ser uma medida eficiente na redução das cargas.

O estudo teve prosseguimento durante todo o período chuvoso 2017-2018 e com os dados adquiridos ao final de toda a etapa de monitoramento, espera-se poder chegar a resultados mais conclusivos sobre as cargas geradas pela cidade a fim de propor a melhor solução para que se evite que esses poluentes aportem no corpo hídrico.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos à CAESB pela permissão do acesso e instalação dos equipamentos na ETE Riacho Fundo. À PIC-UnB, CAPES, CNPq e FAP-DF pelo financiamento da pesquisa e pelas bolsas, essenciais para a realização da pesquisa.

## REFERÊNCIAS

- CODEPLAN (COMPANHIA DE PLANEJAMENTO DO DISTRITO FEDERAL). *Pesquisa Distrital por Amostra de Domicílios do Distrito Federal (PDAD-DF) – 2015*. GDF, Brasília-DF, 149 p.
- Fonseca, F. O. (2001). *Olhares sobre o Lago Paranoá*. Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – SEMARH, Brasília-DF, 425 p.
- Gomes, A.P. (2008). *Acumulação e Transporte de Sedimentos na Microdrenagem: Monitoramento e Modelagem*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS, 146p.
- Goonetilleke, A.; Thomas, E. (2004) *Water Quality Impacts of Urbanisation*.
- Minella, J.P.G.; MERTEN, G.H.; MAGNAGO, P.F. (2011). “Análise qualitativa e quantitativa da histerese entre vazão e concentração de sedimentos durante eventos hidrológicos”. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 15 (12), pp. 1306- 1313.
- Porto, M.F.A. (1995). “Aspectos qualitativos do escoamento superficial em áreas urbanas”, in *Drenagem Urbana*. Org. por Tucci, C.E.M.; Porto, R.L.; Barros, M.T. de (organizadores). ABRH, Porto Alegre-RS, pp. 387-428.
- Righetto, A.M.; Gomes, K.M.; Freitas, F.R.S. (2017). “Poluição difusa nas águas pluviais de uma bacia de drenagem urbana”. *Engenharia Sanitária e Ambiental* 22 (6), pp. 1109-1120.