

## *First flush* na bacia urbana do Riacho Fundo I/DF

### RESUMO

Este trabalho visa analisar a ocorrência do fenômeno de *first flush*, ou seja, o transporte da maior parte de poluentes nos primeiros volumes de precipitação escoada, na bacia urbana da Região Administrativa Riacho Fundo I, Brasília-DF, a fim de avaliar a viabilidade da implantação de técnicas compensatórias nos sistemas de drenagem e reduzir a carga de poluentes difusos no Riacho Fundo, afluente do Lago Paranoá. Deste modo, foram determinadas as concentrações de poluentes como fósforo total, fósforo reativo, nitrogênio total, amônia, DQO e sólidos suspensos em 11 eventos de precipitação, em seguida, elaboradas as curvas adimensionais  $M(V)$  e o coeficiente “b”. Os resultados obtidos mostram que na grande maioria dos eventos houve *first flush* exceto para fósforo total e fósforo reativo. Logo, o fenômeno ocorre na bacia, induzindo que a implementação de técnicas compensatórias na drenagem urbana na fonte ou na macrodrenagem melhorariam a qualidade das águas pluviais que atingem o corpo hídrico receptor.

**PALAVRAS-CHAVE:** Monitoramento Hidrológico. Qualidade da água. Drenagem Urbana.

**Maria Elisa Leite Costa**  
[mariaelisaleitecosta@hotmail.com](mailto:mariaelisaleitecosta@hotmail.com)  
Doutora em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos  
Universidade de Brasília

**Thays Mitsuko Tsuji**  
[thaysmitsuko@hotmail.com](mailto:thaysmitsuko@hotmail.com)  
Mestra em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos  
Universidade Federal de Santa Catarina

**Sérgio Koide**  
[skoide@unb.br](mailto:skoide@unb.br)  
PhD em Recursos Hídricos  
Universidade de Brasília

## INTRODUÇÃO

O fenômeno do *First Flush* - FF ocorre quando, em um evento chuvoso, a maior carga de poluentes é transportada na parte inicial do volume escoado (BERTRAND-KRAJEWSKI; et al, 1998; DELETIC, 1998; LEE et al., 2002; PRODANOFF, 2005, LI et al., 2014; RIGHETTO et al., 2017; TODESCHINI et al, 2019).

Para o estudo da ocorrência de FF a relação entre a massa acumulada e o volume de escoamento acumulado é o mais usado, conhecidos como curvas adimensionais M(V). Essas curvas permitem a visualização da distribuição da massa de poluentes no volume de escoamento e são usadas para comparar as cargas de poluentes em diferentes eventos (BERTRAND-KRAJEWSKI et al., 1998; LEE et al., 2002, BERNDTSSON, 2013, GEIGER, 1987; GUPTA e SAUL, 1996; SAGET et. al., 1996, SANSALONE E BUCHBERGER, 1997). A relação entre a massa acumulada e o volume de escoamento acumulado é calculada pela Equação 1.

$$\frac{\sum_{i=1}^J C_i Q_i \Delta t_i}{\sum_{i=1}^N C_i Q_i \Delta t_i} f \left( \frac{\sum_{i=1}^J Q_i \Delta t_i}{\sum_{i=1}^N Q_i \Delta t_i} \right) = f \left( \frac{\sum_{i=1}^J V_i}{\sum_{i=1}^N V_i} \right) \quad \text{Equação (1)}$$

No qual, C é a concentração dos poluentes na amostra coletada, Q a vazão que atravessa a seção transversal, N o número total de coletas, J é o número de 1 a N, e V é o volume descarregado durante o intervalo de tempo Dti.

Outra metodologia para identificação do FF é o coeficiente “b” dessas curvas, conforme equação 2 e 3, por regressão linear simples. Esse valor representa a lacuna entre a curva M(V) e a reta de 45º (bissetriz), quanto menor o valor de b, maior a lacuna, e mais de poluente foi carregada nos volumes iniciais.

$$F(X) = X^b \quad \text{Equação 2}$$

$$F(X) = X^b \leq \ln(F(X)) = b \cdot \ln(X) \quad \text{Equação 3}$$

No qual, X ∈ [0, 1], F(0) = 0 e F(1) = 1, o ajuste experimental entre M(V) e F(X) é satisfatório, com correlações de R<sup>2</sup>>0,9.

O conhecimento sobre a ocorrência ou não do FF é importante para dimensionamento de estações de tratamentos, e especialmente os tanques de decantação onde o sistema de esgotamento sanitário é do tipo unitário (SAGET et al., 1996).

Para locais como o Brasil, que utiliza o sistema separador absoluto, com tubulações exclusivas para as águas pluviais, a caracterização e identificação deste fenômeno é fundamental para o tratamento da poluição difusa carregada pelas águas pluviais, como as bacias de retenção ou inserção de técnicas compensatórias que privilegiem a infiltração e a retenção dos primeiros volumes de escoamento superficial (NASCIMENTO et al, 1999; FERREIRA, 2008). Evitando assim, que a parcela mais poluída do escoamento superficial alcance os corpos hídricos receptores.

Portanto, neste artigo foi analisada a ocorrência do *First Flush* em um núcleo urbano do Distrito Federal, no qual o sistema de drenagem possui uma boa cobertura e bom funcionamento, com um sistema exclusivo para águas pluviais. Com o objetivo de avaliar se o volume inicial do escoamento superficial carrega a

maior carga de poluentes a fim de que possam ser viabilizados estudos para a implantação de técnicas compensatórias que promovam uma melhoria da qualidade dessas águas.

## METODOLOGIA

### Área de estudo

Na Figura 1 está destacado o núcleo urbano da Região Administrativa do Riacho Fundo-RF I, no Distrito Federal, área de estudo deste artigo. A região drena uma área total de 2,3 km<sup>2</sup>, com uma declividade variando de 0 a 12%, elevação máxima de 1.217,99 e mínima de 1.157,26 m. Possui o clima tropical savana, com duas estações bem definidas, seca e chuvosa, precipitação média entre 1.500mm. Os principais tipos de solos encontrados na região são os latossolos e os cambissolos, porém por ser uma área bastante urbanizada, as características destes solos estão bastantes modificadas. A região é predominantemente urbana, no qual 54% corresponde a áreas construídas, inclusive pavimentos, e 46% ocupada com solo expostos e áreas verdes.

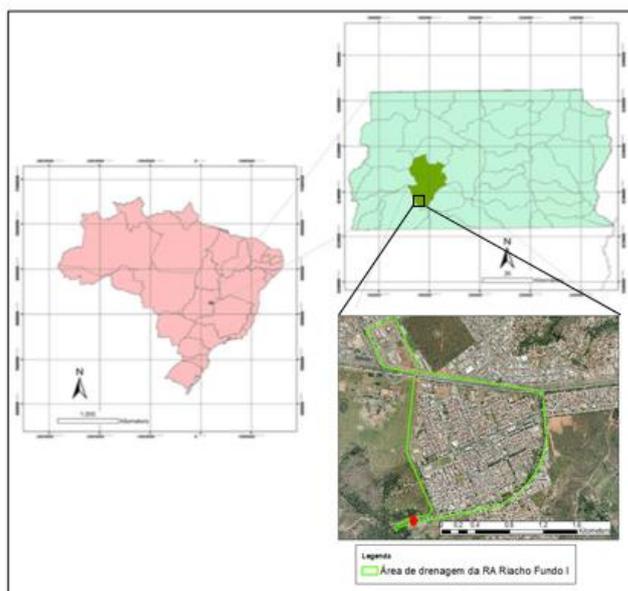


Figura 01 – Local da área de estudo no DF e o exutório da bacia monitorada localizado na RA Riacho Fundo I. Fonte: Elaborado pelos autores.

Quanto à infraestrutura pública, todos os domicílios da região possuem abastecimento de água, 92,9% dos domicílios têm o esgoto coletado e tratado, 99% tem o recolhimento do lixo regularmente, e o sistema de drenagem de águas pluviais atende toda a população, cerca de 40.000 habitantes (PDAD, 2019). Com um bom atendimento dos serviços de esgotamento sanitário, percebe-se que não há conexões clandestina de esgoto ao sistema de drenagem, bastante recorrente no Brasil (TUCCI, 2005). Isso é comprovado no local durante o período sem chuva em Brasília, quando as galerias de drenagem estão secas.

No exutório da bacia de drenagem da região foi instalada a estação de monitoramento da qualidade das águas pluviais, dentro de uma galeria de

drenagem, a montante de um importante corpo hídrico, o Riacho Fundo, principal afluente do Lago Paranoá.

O Lago localiza-se a jusante de uma densa mancha urbana o que requer um padrão de sustentabilidade para atender a seus múltiplos usos: diluidor de efluentes das Estações de Tratamento de Esgotos, lazer, geração de energia, composição paisagística de Brasília e manancial de abastecimento público, desde 2017, quando ocorreu a crise hídrica no Distrito Federal. Logo, a manutenção da qualidade deste corpo hídrico é fundamental para o atendimento da população local.

### Monitoramento das águas urbanas

Para a mensurar os parâmetros de quantidade e qualidade das águas, foi construída uma estação de monitoramento no RF I a qual possui um linígrafo de boia da marca OTT® modelo Thalimedes e uma régua linimétrica para medição do nível dentro da galeria, de modo que, junto à curva-chave da seção determina-se a vazão. Já os parâmetros de qualidade da água foram mensurados no Laboratório de Saneamento Ambiental da Universidade de Brasília após coletas das amostras na passagem da onda de cheia, com o amostrador automático ISCO 6400.

Os parâmetros aferidos foram referente a matéria orgânica, DQO, nutrientes como nitrogênio em especial a amônia, fósforo reativo, fósforo total e sólidos, como suspensos. Todos os respectivos métodos para análise de cada um deles foram os recomendados pelo *Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater* (APHA, 2017, Tabela 1).

Tabela 01 – Métodos utilizados nas análises dos parâmetros.

Parâmetro	Método	Equipamento
Sólidos suspensos	Gravimétrico	Balança de precisão
DQO	Digestão de Hg	Espectrofotômetro; Reator
Amônia	Nessler	Espectrofotômetro
Nitrito	Diazotização	Espectrofotômetro
Nitrato	Redução de Cádmio	Espectrofotômetro
Fósforo total e reativo	Digestão de ácido persulfato	Espectrofotômetro
Parâmetro	Método	Equipamento
Sólidos suspensos	Gravimétrico	Balança de precisão

Fonte: Elaborado pelos autores.

Foram monitorados 11 eventos no ano hidrológico 2017-2018, no qual foi possível a medição de vazão e da de concentrações dos poluentes citados. Os principais resultados estão discutidos a seguir.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

As análises sobre o fenômeno de *First Flush* podem ser feitas a partir de diferentes concepções como Sansalone e Buchberger (1997) que propuseram a utilização da curva M(V) no qual há ocorrência do FF quando as curvas estiverem acima da curva bissetriz. Portanto, as curvas M(V) foram organizadas da Figura 02

a 07 conforme para cada poluente associada a cada evento monitorado, e o coeficiente b exposto na Tabela 02.

Nos eventos analisados, percebe-se que em todos eles houveram curvas acima da bissetriz, o que indica a ocorrência do FF, variando de menor a maior grau para determinados poluentes. Com a média dos “b” da Tabela 02, podemos estabelecer uma sequência de maior ocorrência do FF, que seria DQO>Amônia>Ntotal>SS>Preativo>Ptotal. O que implica que na primeiras porção do escoamento superficial há uma maior descarga de matéria orgânica, corroborando com estudos de Lee et al (2003) e Taebi & Droste (2004).

Dentre os 11 eventos de chuva estudados, em 9 observa-se a ocorrência de FF para sólidos suspensos resultado bastante semelhante ao de Righetto et al (2017) que monitoraram 9 eventos de precipitação em uma bacia urbana de Natal - RN e detectaram o fenômeno para sólidos suspensos em sete deles. No caso do fósforo total onde se observa o FF em apenas dois eventos (18% dos eventos), os resultados também foram aproximados, tendo em vista que os mesmos autores detectaram apenas 3 ocorrências (33% dos eventos).

O evento do dia 25/01/2018 é bastante representativo pois após um período seco antecedente de 9 dias apresentou valores de b menores que 0,521 para nitrogênio total, amônia, DQO e sólidos suspensos, sendo também o número de dias sem chuva o fator atribuído para uma maior incidência de FF observado na bacia urbana do Plano Piloto, também em Brasília-DF, com 21 dias (COSTA et al, 2017).

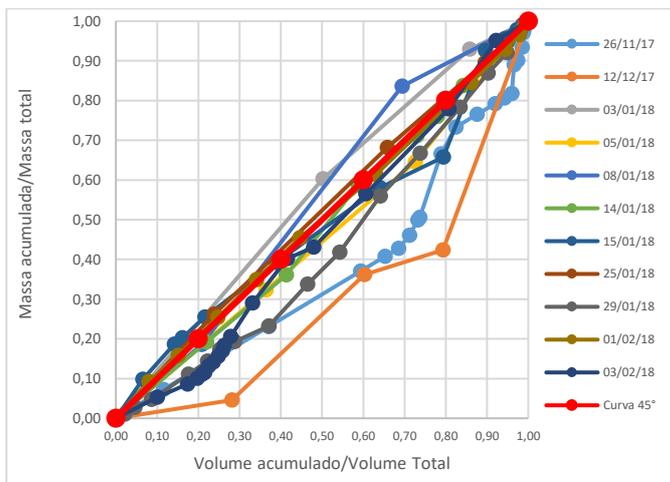
As curvas M(V) apontam que o FF não foi representativo quanto à lavagem dos poluentes como fósforo total e fósforo reativo, valores de “b” acima de 0,75 e curvas próximas ou abaixo da bissetriz. Já nas análises de nitrogênio total e amônia também se observa que em concordância entre as curvas M(V) e os valores de “b”, ocorreu o FF, exceto no evento do dia 08/01/2018 o qual é o evento que está totalmente abaixo da curva bissetriz e também, apresenta o maior valor “b” dentro todos os eventos observados.

Tabela 02 – Valores do coeficiente “b” para os eventos e poluentes analisados.

EVENTO	Ptotal	Preativo	Ntotal	Amônia	DQO	SS
26/11/2017	1,2602	1,1603	0,7243	0,6403	1,0501	1,2750
12/12/2017	2,3382	0,9895	0,8041	0,7315	0,5662	1,0424
03/01/2018	0,7535	1,1428	0,0480	0,0244	0,1111	0,7321
05/01/2018	1,0974	1,0802	0,3862	0,2166	0,6190	1,0383
08/01/2018	1,1167	0,7271	1,7406	1,6085	0,7438	1,0546
14/01/2018	1,1005	1,0326	0,4392	0,3587	0,4655	0,5210
15/01/2018	0,8568	0,8594	0,8980	0,8828	0,6367	0,7602
25/01/2018	0,9319	1,3454	0,1668	0,1132	0,2594	0,5448
29/01/2018	1,1921	1,2650	0,3301	0,2071	0,5837	0,8784
01/02/2018	0,9516	1,4287	0,8891	0,6686	0,2482	0,6199
03/02/2018	1,0302	1,0821	0,8233	0,7991	0,7908	0,7893
Média	1,1481	1,101	0,659	0,568	0,552	0,841

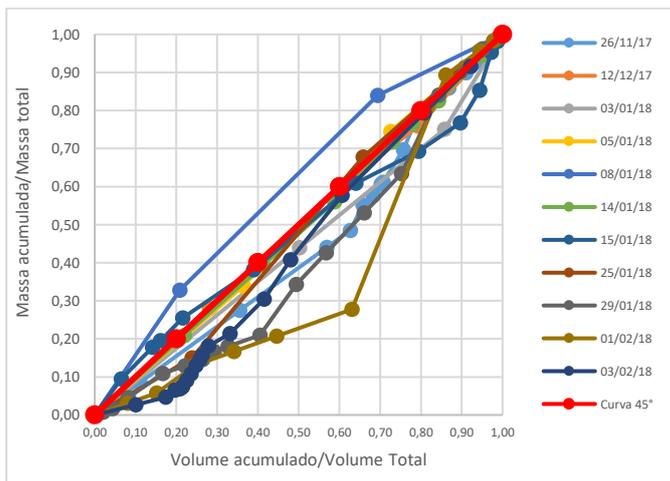
Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 02 – Curva M(V) de Ptot.



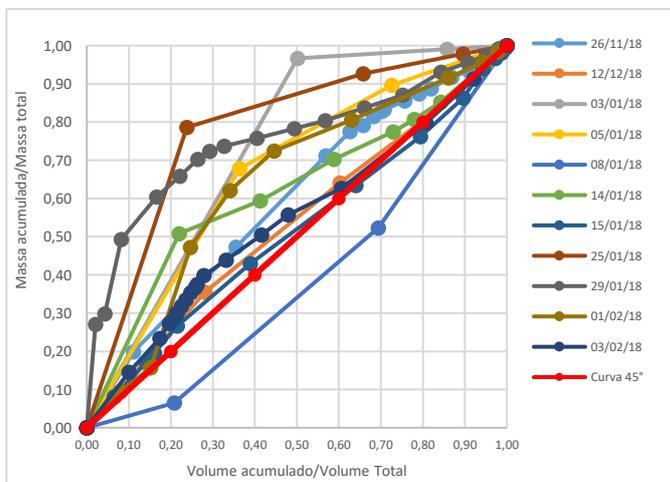
Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 03– Curva M(V) de Preat.



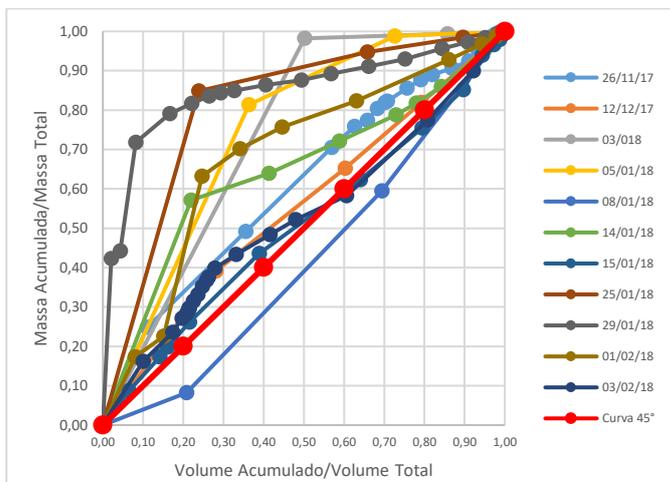
Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 04– Curva M(V) de Ntotal.



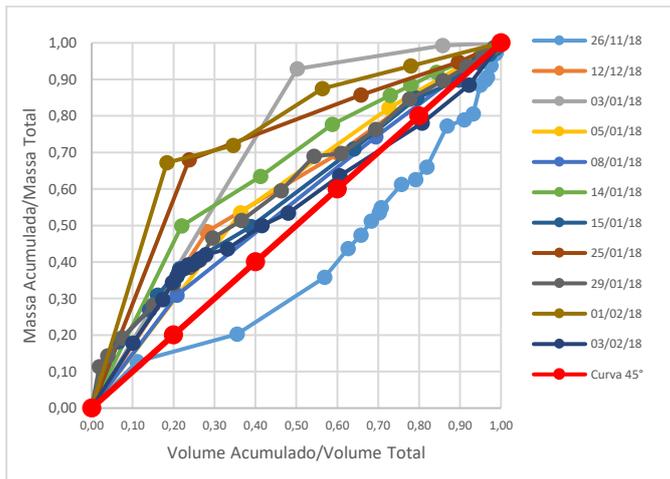
Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 05– Curva M(V) de Amônia.



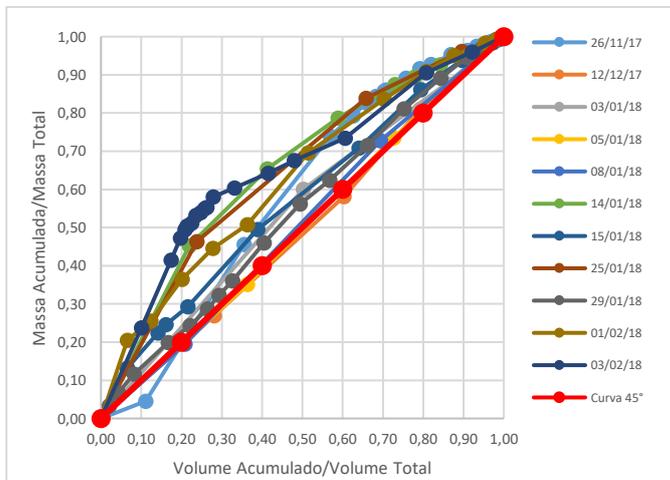
Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 06– Curva M(V) de DQO.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 07– Curva M(V) de SS.



Fonte: Elaborado pelos autores.

De modo geral, ainda existem grandes dificuldades em comparar e assumir, por exemplo, em quais parâmetros, tipos de precipitação e tipos de bacia haverá a ocorrência do FF, ou até mesmo se haverá, pois como mostra Didone (2017), que monitorou os sedimentos no trecho urbano da Bacia do Rio das Antas-Goiás e não conseguiu identificar nenhum fenômeno de FF e os valores de  $b$  foram considerados altos e com pouca variação, variando entre 1,0 e 1,07, ou seja, há um significativo processo de diluição dos sólidos suspensos durante o escoamento. Porém quando se identifica a ocorrência de FF na bacia, é sabido que as medidas compensatórias de drenagem urbana terão uma melhor efetividade.

Gupta e Saul (1996) descobriram, ao longo de seus estudos, que a carga de First Flush tem boa correlação com o pico de intensidade da precipitação, com a duração da chuva e com o período seco antecedente, o que motiva a continuação das pesquisas sobre o tema.

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pesquisadores, formuladores de políticas e gestores de bacias hidrográficas deveriam reconhecer o potencial do FF para uma implementação eficaz e econômica de práticas de controle de qualidade de águas pluviais, como estruturas com tecnologias de infraestrutura verde. Sendo o estudo de FF indicado como essencial para a aprovação de projetos dessas estruturas.

A partir da análise do FF na Bacia do Riacho Fundo I, percebeu-se que seja por meio das curvas adimensionais  $M(V)$  ou pelo cálculo do coeficiente “ $b$ ” é possível identificar que os primeiros volumes de chuvas escoados carregam mais massa de determinados poluentes. Portanto, o uso por exemplo de trincheiras e vala de infiltração, como também lagoas de retenção, reteriam os poluentes difusos, promovendo a sustentabilidade ambiental ao Riacho Fundo, corpo hídrico receptor.

## First flush in the urban basin of Riacho Fundo I / DF

### ABSTRACT

This article aims to analyze the occurrence of the phenomenon of first flush, that is, the transport of most pollutants in the first volumes of runoff, in the urban basin of the Administrative Region Riacho Fundo I, Brasília-DF, in order to assess the viability of implementation of compensatory techniques in drainage systems and reduce the load of diffuse pollutants in Riacho Fundo, a tributary of Paranoá Lake. In this way, the pollutant concentrations such as total phosphorus, reactive phosphorus, total nitrogen, ammonia, COD and suspended solids in 11 rainfall events were determined, then the dimensionless curves  $M(V)$  and the coefficient "b" were elaborated. The results obtained show that in the vast majority of events there was a first flush except for total phosphorus and reactive phosphorus. Therefore, the phenomenon occurs in the basin, inducing that the implementation of compensatory techniques in urban drainage at the source or in the macrodrainage would improve the quality of stormwater that reaches the receiving water.

**KEYWORDS:** Hydrological Monitoring. Water quality. Urban Drainage.

---

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos a CAESB por permitir o acesso a ETE Riacho Fundo, a FAP-DF e FINATEC pelo financiamento da pesquisa.

## REFERÊNCIAS

APHA, AWWA, WEF. (2017). Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater (23. ed.). Washington DC: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation.

BERNDTSSON, J. (2013). Storm water quality of first flush urban runoff in relation to different traffic characteristics. *Urban Water Journal*, 11(4), 284–296.

BERTRAND-KRAJEWSKI, J.; CHEBBO, G.; SAGET, A. (1998). Distribution of pollutant mass vs volume in stormwater discharges and the first flush phenomenon. *Wat. Res. Vol. 32, No. 8*, pp. 2341 a2356.

DELETIC, A. (1998). The First Flush Load of Urban Surface Runoff. *Water Research*, n.32, p.2462-2470.

FERREIRA, L. C. A. (2008). Variação da qualidade da água do escoamento superficial de duas bacias de drenagem de Natal/RN. Dissertação de Mestrado em Engenharia Sanitária da Universidade do Rio Grande do Norte, Natal, RN, 119 f.

GUPTA K., SAUL A. J. (1996). Specific relationships for the first flush load in combined sewer systems. *Wat.Res. 30(5)*, 1244–1252.

LEE, J.H.; BANG, K.W.; L.H., KETCHUM, J. KETCHUM, CHOE, J.S.; YU, M.J.(2002) First flush analysis of urban storm runoff. *The Science of the Total Environment* 293 163–175.

LEE, J. H., YU, M. J., BANG, K. W., CHOE, J. S. (2003) Evaluation of the methods for first flush analysis in urban watersheds. *Water Science and Technology* 48(10), 167–176.

LI, C.; LIU, M.; HU, Y.; GONG, J.; SUN, F.; XU, Y.(2014). Characterization and first flush analysis in road and roof runoff in Shenyang, China. *Water Science&Technology*,v.70, n.3, 397-406.

LI, J.; LI, H.; SHEN, B.; LI, Y.(2011). Effect of non-point source pollution on water quality of the Weihe River. *International Journal of Sediment Research*, v.26, 50-61.

NASCIMENTO, N. O., ELLIS, J. B., BAPTISTA, M. B., & DEUTSCH, J.-C. Using detention basins: operational experience and lessons. *Urban Water* 1999, 1(2), 113–124

PDAD - Pesquisa Distrital por Amostra de Domicílios 2018. (2019). Governo Do Distrito Federal. Companhia De Planejamento Do Distrito Federal – CODEPLAN.

PRODANOFF, J.H.A. (2005) Avaliação da poluição difusa gerada por enxurradas em meio urbano. 264p. Tese de Doutorado em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ.

RIGHETTO, A., GOMES, K., SOUSA, F. F. R. (2017). Poluição difusa nas águas pluviais de uma bacia de drenagem urbana. *Engenharia Sanitária e Ambiental*. 22. 1109-1120. 10.1590/s1413- 41522017162357.

SANSALONE, J. J. BUCHBERGER, S. G. (1997) Partitioning and first flush of metals in urban roadway storm water. *J. Envir. Eng.* 123(2), 134–143.

SAGET, A., CHEBBO,G., BERTRAND-KRAJEWSKI, J.L.(1996).The first flush in sewer systems. *Water Science and Technology*. Volume 33, Issue 9, 1996, Pages 101-108.

TAEBI, A., DROSTE, R. L. 2004 First flush pollution load of urban stormwater runoff. *Journal of Environmental Engineering* 3, 301–309.

TODESCHINI, S., MANENTI, S., & CREACO, E. (2019). Testing an innovative first flush identification methodology against field data from an Italian catchment. *Journal of Environmental Management*, 246, 418–425. doi:10.1016/j.jenvman.2019.06.007

TUCCI, C.E.M. (2005). *Gestão de Águas Pluviais Urbanas*. Ministério das Cidades - Global Water Partnership - World Bank - UNESCO. 192 p

**Recebido:** 31/11/2020

**Aprovado:** 15/01/2023

**DOI:** 10.3895/rts.v19n56.13388

**Como citar:**

COSTA, M. E. L.; TSUJI, T. M.; KOIDE, S. First flush na bacia urbana do Riacho Fundo /DF. *Rev. Tecnol. Soc.*, Curitiba, v. 19, n. 56, p.304-319, abr./jun., 2023. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rts/article/view/13388>. Acesso em: XXX.

**Correspondência:**

**Direito autoral:** Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

