

CARACTERIZAÇÃO DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL URBANO QUANTO AOS METAIS TOTAIS E DISSOLVIDOS, SP - BRASIL

CHARACTERIZATION OF URBAN SURFACE RUNOFF FOR TOTAL AND DISSOLVED METALS, SP - BRAZIL

Mainara Generoso Faustino^{a}, Sâmia Rafaela Maracaipe Lima^a, Eddy Bruno do Santos^a, Lucilena Rebelo Monteiro^a, Marycel Elena Barboza Cotrim^a, Maria Aparecida Faustino Pires^a*

^aInstituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares / Comissão Nacional de Energia Nuclear (IPEN / CNEN), São Paulo, Brasil

RESUMO

O escoamento superficial de águas pluviais, é considerado uma poluição difusa para as bacias hidrográficas e seu estudo pode auxiliar no saneamento das áreas urbanas. O presente estudo visou avaliar a concentração dos metais totais e dissolvidos, além das análises de pH, temperatura, condutividade, OD e sólidos totais, em amostras de escoamento superficial em uma área urbana - São Paulo/Brasil. O estudo foi conduzido nos estacionamento do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN, localizado no campus da Universidade de São Paulo - USP. Foi realizada uma comparação dos resultados com duas resoluções federais, o CONAMA 357/2005 e 430/2011. As coletas das amostras foram realizadas em diferentes sazonalidades (verão/janeiro e inverno/agosto) de 2017, em quatro pontos distintos. Os resultados mostraram diminuição da concentração dos metais e do teor de sólidos em função do fluxo de água pluvial coletado no amostrador integrado. Esse fato corrobora com a literatura, indicando que a taxa de emissão mássica (*first flush*) ocorre nas primeiras porções de escoamento. O termo *first flush* indica se a taxa de emissão mássica é maior durante as primeiras porções de escoamento, do que durante sua última porção.

Palavras Chave – Água pluvial, escoamento superficial, poluição difusa, metais, *campus* do IPEN / SP

ABSTRACT

Stormwater runoff is considered a diffuse pollution for river basins and its study can help in the sanitation of urban areas. The present study aimed to evaluate the concentration of total and dissolved metals, as well as the analysis of pH, temperature, conductivity, DO and total solids, in surface runoff samples in an urban area - São Paulo / Brazil. The study was conducted in the parking lots of the Institute of Energy and Nuclear Research - IPEN, located on the campus of the University of São Paulo - USP. A comparison of the results was carried out with two federal resolutions, CONAMA 357/2005 and 430/2011. Samples were collected in different seasons (summer / January and winter / August) in 2017, at four different points. The results showed a decrease in the metals concentration and the solids content as a function of the stormwater flow collected in the integrated sampler. This fact corroborates with the literature, indicating that the *first flush* occurs in the first portions of the flow. The term *first flush* indicates whether the mass emission rate is higher during the first flow portions than during its last portion.

Keywords – Stormwater, runoff, diffuse pollution, metals, IPEN / SP *campus*

* *Autor para correspondência. Corresponding author.*
E-mail: mainarag@usp.br (MSc)

1 INTRODUÇÃO

Estudos recentes (Collins, et al., 2010; Zhang, et al., 2015) demonstraram que as águas pluviais urbanas influenciam diretamente a qualidade dos cursos d'água receptores. Estes estudos de águas de escoamento superficial têm sido amplamente realizados em vários países preocupados em melhorar a qualidade dos seus recursos hídricos em ações de saneamento das áreas urbanas (Deletic, et al., 1998; Dierberg, et al., 2008; Liu, et al., 2012; Alias, et al., 2014a; Alias, et al., 2014b).

Tais avaliações e respectivas discussões têm sido utilizadas para caracterizar o evento base e os parâmetros de qualidade da água, com foco nas características da precipitação e no escoamento superficial. O fenômeno mais importante no processo de escoamento (*runoff*) e na gestão das águas pluviais urbanas, é o *first flush*. O termo *first flush* é usado para indicar se a taxa de emissão mássica é maior durante as primeiras porções de escoamento, do que durante sua última porção (Barco, et al., 2008).

Bach et al. (2010) propuseram um novo método, diferente do tradicional, que redefiniu o *first flush* causado pela descarga das águas pluviais. Um dos destaques deste método é que o processo lavagem do poluente – ou wash off - que é dividido em várias etapas ou fatias, sendo cada etapa analisada separadamente (Barco, et al., 2008).

Estudos demonstram que a água pluvial pode carregar poluentes, quando ocorre o escoamento por uma superfície de captação. Segundo o PROSAB 5 (2009) as primeiras águas pluviais são de baixa qualidade, o manejo da água de chuva, para ser considerado bem-sucedido, deve ser feito de modo criterioso, eliminando-se essa primeira fração e priorizando o monitoramento e tratamento, quando for o caso, da água a ser efetivamente aproveitada.

Segundo Becouze-Lareure et al. (2016) o escoamento superficial urbano pode ser a principal contribuição para as descargas urbanas de águas pluviais. Uma das principais fontes significativa de poluentes prioritários são as atividades relacionadas ao tráfego, incluindo desgaste de veículos e pneus e vazamentos de fluidos.

Portanto, o objetivo desse estudo foi caracterizar os metais (totais e dissolvidos), além das análises físico-químicos, das águas de escoamento superficial urbano, com a utilização de um amostrador integrado (com quatro coletores). Como critério comparativo da qualidade da água de escoamento foram utilizadas as legislações federais: A Resolução CONAMA Nº430/2011, que dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes; e a Resolução CONAMA Nº357/2005, que 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 (Brasil, 2005; Brasil, 2011).

O presente estudo foi realizado em uma região localizada na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), na zona oeste da cidade de São Paulo (Cidade Universitária/USP), no Campus do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN), localizado próxima as marginais do Rio Pinheiros (Posição Geográfica: - 23.566268, - 46.737629).

2 MATERIAIS E METODOS

2.1 Área de estudo

O estudo foi realizado em uma bacia rodoviária pertencente a RMSP definida e identificada como uma microregião urbana com extensa área verde, aproximadamente 70% (Pires, et al., 2017). Localizada dentro dos estacionamentos da Universidade de São Paulo, no Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN, nas proximidades do Centro de Química e Meio Ambiente. Os pontos de coleta, identificados e georeferenciados, estão descritos no Quadro 1.

Quadro 1. Caracterização e localização dos pontos de coleta

Identificação do ponto de coleta	Localização (GPS)	Observações
Ponto 0	Inferior 23°33'42"S 46°44'24"W	Estação amostral localizada em frente ao estacionamento inferior do Setor E4 do Campus, - Centro de Química e Meio Ambiente/IPEN. - Rua Asfaltada.
Ponto 1	superior 23°33'42"S 46°44'23"W	Estação amostral localizada em frente ao estacionamento superior do Setor E4 do campus; Centro de Química e Meio Ambiente/IPEN. - Rua asfaltada
Ponto 2	superior 23°33'40"S 46°44'23"W	Estação amostral localizada na via superior, mais a frente que o ponto 1, localizado ao final do estacionamento superior do Bloco I do Centro de Química e Meio Ambiente. <i>OBS: Este ponto substituiu o ponto 1</i>
Ponto 3	superior 23°33'39"S 46°44'22"W	Estação amostral localizada em frente ao estacionamento do Centro de Laser e Aplicações, Setor E5.

2.2 Dados meteorológicos

Os dados meteorológicos foram computados em um período de 24h. A estação meteorológica localizada no campus do IPEN foi implementada a partir do dia 10 de fevereiro de 2017, não estando disponíveis os dados no mês de início deste estudo, janeiro de 2017. Desse modo foram utilizados os dados de precipitação do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), quanto ao volume acumulado, em mm, nos dias da coleta. Os dados foram computados em um período de 24h, na estação IPEN e no INMET. Os dados referentes a precipitação pluviométrica acumulada nas datas nas quais foram realizadas as coletas são apresentados no Quadro 2.

Quadro 2. Dados pluviométricos

Data da coleta	Precipitação pluviométrica acumulada (mm dia ⁻¹)
17/01/2017*	34,8
31/01/2017*	1,0
17/08/2017**	0,6
20/08/2017**	31,8

*Dados pluviométricos INMET-Instituto Nacional de Meteorologia

**Dados pluviométricos Estação IPEN (Localização: Latitude 23°33'56" S, Longitude 46°44'18" W e Altitude 778 m)

2.3 Coleta de amostras

Para a coleta das amostras de escoamento superficial urbano, foram utilizados amostradores integrados (Figura 1), com quatro coletores, construídos de tubos de PVC e adaptados segundo os modelos descritos em PROSAB 5 (2009) e Barco, et al. (2008). Dois coletores têm capacidade de armazenamento de 1000 mL (utilizados nos pontos 2 e 3) e outro com a capacidade de 850 mL (utilizados nos pontos 0 e 1). Esse sistema tem a capacidade de coletar um único evento temporal de água pluvial proveniente do escoamento, de uma forma sequencial.

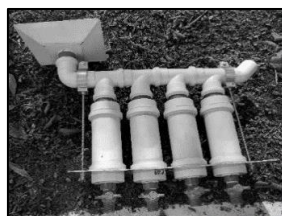


Figura 1. Imagem do amostrador integrado

2.4 Amostragem

Para este estudo inicial foram realizadas quatro coletas em quatro pontos distintos, um total de 24 amostras, sendo que duas coletas foram realizadas em janeiro de 2017 e três coletas em agosto de 2017, representando eventos de precipitação ocorridos em períodos de

diferentes sazonalidades, verão e inverno, respectivamente (Quadro 3). Cada evento foi amostrado sequencialmente em quatro estágios representando a sequência do evento.

Quadro 3. Identificação do período e local da amostragem dos eventos quanto ao escoamento superficial

Identificação (local da amostragem)*	Coleta			
	Período Chuvoso (janeiro)		Período Seco (agosto)	
	17/01/2017	31/01/2017	17/08/2017	20/08/2017
Ponto 0		X		
Ponto 1	X		X	
Ponto 2				X
Ponto 3				X

(*) Local da coleta: RMSP - campus da cidade universitária, estacionamentos do IPEN

2.5 Análise Físico-química

As amostras líquidas do escoamento superficial urbano, recolhidas das superfícies de asfalto, foram submetidas a caracterização físico-química. Foram determinados os parâmetros: pH, temperatura, condutividade e oxigênio dissolvido e de sólidos totais. Todo o procedimento foi realizado seguindo o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (SMWW)* (APH AWWA WPCF, 2017).

2.6 Análise de Metais (totais e dissolvidos)

As amostras líquidas coletadas do escoamento superficial foram segregadas e preservadas dependendo dos parâmetros a serem analisados. Para as análises de metais todas as amostras foram acidificadas com ácidos nítrico concentrado (pH < 2). Para as análises de metais totais as amostras foram submetidas a digestão ácida, utilizado o método da Environmental Protection Agency – (EPA) 3015A (2007) e para os metais dissolvidos as amostras foram filtradas com membrana de filtração de 45 mm. Todas as amostras foram armazenadas em uma temperatura menor que 4°C, segundo o *SMWW*.

Em seguida as amostras foram analisadas utilizando a técnica de Espectrometria de Emissão Óptica com Plasma de Argônio (ICP-OES), com uma metodologia validada segundo Faustino (2016) e por Espectrometria de Absorção Atômica com forno de grafite (GF-AAS). Os elementos analisados por ICP-OES foram: Zn, Al, Fe, Mn, Cr, Cu, Ni, K, Mg, Sr, Na, Ca e P; e pela técnica de GF-AAS, o Pb e o Cd. O limite de quantificação (LQ) dos elementos pode ser observado no Quadro 4.

Quadro 4. Limite de quantificação (LQ) dos metais e do fósforo em mg L⁻¹

Elementos	Zn	Al	Fe	Mn	Cr	Cu	P	Pb
LQ (mg L ⁻¹)	<0,01	<0,01	<0,1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,2	<0,005
Elementos	Cd	K	Mg	Sr	Na	Ca	Ni	
LQ (mg L ⁻¹)	<0,001	<0,5	<0,1	<0,01	<0,5	<0,5	<0,01	

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Físico-químico

A Figura 2 apresenta os resultados da distribuição do teor de sólidos totais nas amostras, coletadas nos períodos de verão e inverno, referente aos quatro coletores do amostrador integrado.

Avaliando os resultados foi possível verificar que no período chuvoso (verão) as amostras apresentaram maior variação na distribuição dos sólidos totais, o mesmo não foi observado no período mais seco (inverno), o teor de sólidos apresentou um comportamento decrescente dos resultados, sendo que o coletor 1 apresentou um teor de sólidos maior que o coletor 4.

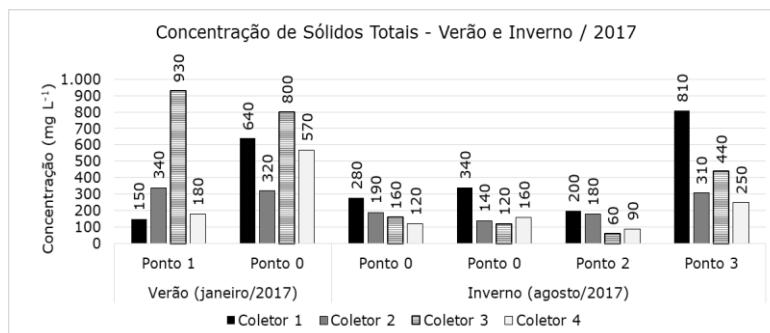


Figura 2. Distribuição espacial, temporal e individual por coletor, por ponto de coleta relativa a concentração de sólidos totais nas amostras do escoamento superficial urbano, nos períodos de verão e inverno de 2017

A variação dos sólidos pode estar ligada a sazonalidade da disposição atmosférica quanto a variáveis de tráfico, limpeza de ruas, tamanho do evento. Uma infinidade de parâmetros influencia diretamente nas flutuações dos constituintes do escoamento superficial. (Westerlund , et al., 2006; Valtanen, et al., 2015); (Huber, et al., 2016).

Os resultados referentes ao intervalo das variações (máximo e mínimo) dos parâmetros: pH, condutividade, temperatura e oxigênio dissolvido (OD), de todas as 24 amostras, separados por coletor, podem ser observados no Quadro 5.

Quadro 5. Resultados das variações de pH, condutividade, temperatura e oxigenio dissolvido das 24 amostras analisadas, por coletor, em todo o período de estudo (2017)

Identificação por coletor	Intervalo (máximo e mínimo) por parâmetro			
	pH	Condutividade ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	OD (mg.L^{-1})
Coletor 1	6,48 - 7,30	36,3 - 146,6	16,6 - 23,7	5,51 - 7,90
Coletor 2	6,62 - 7,83	30,6 - 205,6	17,0 - 23,4	5,87 - 8,08
Coletor 3	6,02 - 7,83	10,2 - 203,0	16,9 - 23,4	6,34 - 8,67
Coletor 4	6,72 - 7,68	32,6 - 185,6	16,6 - 23,3	6,80 - 8,55

3.2 Metais

A Figura 3 apresenta os resultados quanto ao perfil temporal (verão e inverno de 2017) e individual por sequência do coletor, no ponto de amostragem identificado como ponto "0", relativo a concentração de zinco total e zinco dissolvido, nas amostras de água do escoamento superficial urbano.

Com os resultados, foi possível observar (Figura 3) que os elementos apresentaram uma maior concentração durante as primeiras porções de escoamento (coletor 1), do que durante sua última porção (coletor 4).

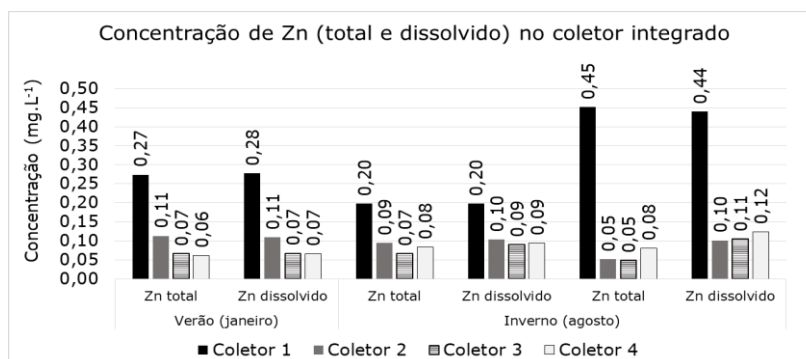


Figura 3. Perfil temporal da Concentração de zinco (total e dissolvido), por sequencia do coletor, no ponto de amostragem "0", nas amostras de água do escoamento superficial urbano.

Nas Figura 4 e Figura 5, estão apresentados os resultados referente a determinação da concentração dos metais e elementos traços, total e dissolvido, avaliados neste estudo, considerando (n) às 24 amostras.

Os resultados foram apresentados por coletor, sendo discriminando os valores de concentração máximo e mínimo, bem como os valores da média e mediana, sendo possível realizar uma comparação da qualidade das amostras de água nas diferentes frações coletadas com a legislação ambiental.

Desse modo foi possível comparar os resultados de qualidade da água do escoamento para o Ni, Pb, Fe, Cu, Mn, Cr, Cd, Zn, Al e P.

Os resultados permitiram observar que as primeiras frações de escoamento das águas pluviais apresentaram-se mais comprometidas quanto a sua qualidade (coletor 1). Foram raras as observações positivas da presença dos metais tóxicos: Zn, Cu e o Mn. O Cu total e o Pb total foram determinados somente em uma das amostras (0,06-0,07 mg.L⁻¹) e (0,007-0,01 mg.L⁻¹), respectivamente. Demais determinações apresentaram resultados menor que o limite de quantificação da metodologia utilizada. Não foi detectada a presença de Ni, Cr e Cd no período estudado.

Avaliando os resultados da concentração dos elementos, na fração total e dissolvida, com a qualidade das águas estabelecida pelas legislações, foi observado que as concentrações individuais dos metais tóxicos não excederam os valores máximos permitidos (VMP) de acordo com o regulamento brasileiro, para resolução CONAMA Nº 430/2011, que dispõe sobre padrões de efluente (Figura 4 e Figura 5).

Quanto da comparação das concentrações desses metais com a qualidade das águas superficiais CONAMA Nº357/2005), foi observado que somente os elementos Zn, Mn e P na fração total e, Al e Fe na fração dissolvida apresentaram valores máximos maiores que os VMP estabelecidos para a qualidade de água superficial Classe II (Figura 4 e Figura 5).

		Sr (T)	Sr (D)	Ni (T)	Ni (D)	Pb (T)	Pb (D)	Fe (T)	Fe (D)	Cu (T)	Cu (D)	Mn (T)	Mn (D)	Cr (T)	Cr (D)	Cd (T)	Cd (D)	Zn (T)	Zn (D)	
	Unid.	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	
Coletor 1	Máx.	0,15	<0,01	<0,01	<0,01	<0,005	<0,005	5,50	2,63	0,07	<0,01	0,64	0,14	<0,01	<0,01	<0,001	<0,001	0,64	0,53	
	Min.	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,005	<0,005	0,43	0,18	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,001	<0,001	0,20	0,20	
	Média	0,06	-	-	-	-	-	2,64	0,98	0,07	-	0,22	0,09	-	-	-	-	0,40	0,37	
	Mediana	0,04	-	-	-	-	-	2,53	0,74	0,07	-	0,09	0,09	-	-	-	-	0,37	0,36	
Coletor 2	Máx.	0,22	<0,01	<0,01	<0,01	0,010	<0,005	4,08	1,44	0,06	<0,01	0,28	0,21	<0,01	<0,01	<0,001	<0,001	0,43	0,41	
	Min.	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,005	<0,005	0,50	0,11	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,001	<0,001	0,03	0,04	
	Média	0,07	-	-	-	0,010	-	1,48	0,54	0,06	-	0,11	0,08	-	-	-	-	0,13	0,14	
	Mediana	0,02	-	-	-	0,010	-	1,00	0,45	0,06	-	0,03	0,04	-	-	-	-	0,07	0,10	
Coletor 3	Máx.	0,20	<0,01	<0,01	<0,01	0,007	<0,005	4,12	1,10	0,06	<0,01	0,26	0,17	<0,01	<0,01	<0,001	<0,001	0,31	0,33	
	Min.	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,005	<0,005	0,14	<0,1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,001	<0,001	0,03	0,03	
	Média	0,06	-	-	-	0,007	-	1,30	0,45	0,06	-	0,14	0,10	-	-	-	-	0,10	0,12	
	Mediana	0,02	-	-	-	0,007	-	0,97	0,37	0,06	-	0,14	0,10	-	-	-	-	0,06	0,09	
Coletor 4	Máx.	0,29	<0,01	<0,01	<0,01	<0,005	<0,005	4,97	0,94	0,06	<0,01	0,50	0,14	<0,01	<0,01	<0,001	<0,001	0,34	0,31	
	Min.	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,005	<0,005	0,15	<0,1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,001	<0,001	0,03	0,04	
	Média	0,11	-	-	-	-	-	1,49	0,43	0,06	-	0,26	0,09	-	-	-	-	0,11	0,12	
	Mediana	0,02	-	-	-	-	-	1,06	0,37	0,06	-	0,26	0,09	-	-	-	-	0,07	0,08	
CONAMA																				
357/2005	VMP	-	-	0,025	-	0,01	-	-	0,3	-	0,009	0,10	-	0,05	-	0,001	-	0,18	-	
430/2011	VMP	-	-	2	-	0,5	-	-	15	-	1	-	1,00	0,1	-	0,2	-	5,00	-	

Figura 4. Resultado da determinação da concentração (em mg.L⁻¹) dos metais tóxicos e elementos traços, total e dissolvido, por coletor, considerando (n) = 24 amostras

	Al (T)	Al (D)	Ca (T)	Ca (D)	Na (T)	Na (D)	Mg (T)	Mg (D)	K (T)	K(D)	P (T)	P (D)	
	Unid.	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	
Coletor 1	Máx.	6,46	1,05	13,24	17,80	1,78	0,53	3,70	4,21	4,78	4,53	0,33	<0,2
	Min.	0,48	0,15	3,30	3,18	0,12	<0,5	0,69	0,68	0,85	1,46	<0,2	<0,2
	Média	3,05	0,53	7,14	8,58	1,05	0,35	1,85	1,93	2,99	3,02	0,33	-
	Mediana	2,61	0,49	6,52	7,97	1,18	0,31	1,63	1,54	3,12	2,74	0,33	-
Coletor 2	Máx.	4,31	1,19	22,12	30,32	2,35	1,04	4,31	5,14	7,49	7,15	<0,2	<0,2
	Min.	0,74	0,21	3,12	3,01	0,25	<0,5	0,67	0,62	1,04	1,66	<0,2	<0,2
	Média	1,73	0,46	7,63	9,50	1,17	0,42	2,28	2,57	3,32	3,47	-	-
	Mediana	1,33	0,31	5,15	6,09	1,23	0,34	1,92	1,92	2,82	2,99	-	-
Coletor 3	Máx.	5,93	1,17	21,88	28,17	2,10	0,88	4,60	5,43	6,92	7,11	<0,2	<0,2
	Min.	0,18	0,21	3,18	2,99	0,30	0,18	0,44	0,39	1,09	1,73	<0,2	<0,2
	Média	1,79	0,43	7,55	8,78	1,16	0,43	2,28	2,54	3,24	3,51	-	-
	Mediana	1,13	0,28	5,26	5,61	1,27	0,37	1,97	1,97	2,97	3,03	-	-
Coletor 4	Máx.	5,56	0,94	33,12	25,60	3,38	0,93	5,88	5,31	11,41	4,44	<0,2	<0,2
	Min.	0,21	0,19	2,78	2,91	0,24	0,15	0,39	0,31	1,00	1,74	<0,2	<0,2
	Média	1,82	0,43	8,99	8,13	1,33	0,38	2,47	2,36	3,92	2,96	-	-
	Mediana	1,34	0,36	4,49	5,23	1,20	0,27	1,68	1,79	2,99	2,70	-	-
CONAMA 357/2005 430/2011	VMP	-	0,1	-	-	-	-	-	-	-	0,10	-	-

Figura 5. Resultado da determinação da concentração (em mg.L⁻¹) dos metais Al, Ca, Na, Mg, K, e do P, total e dissolvido, por coletor, considerando (n) = 24 amostras

4 CONCLUSÃO

A pesquisa realizada no ano de 2017, em duas sazonalidades (verão e inverno), demonstrou que os valores de concentrações de metais e sólidos totais diminuem conforme o tempo de exposição da água pluvial no escoamento, esse fenômeno, chamado efeito do *first flush*, corrobora com a literatura (Barco, et al., 2008)

Na região analisada, o estacionamento do IPEN, campus universitário, as amostras referentes ao escoamento superficial não apresentaram contaminação por metais tóxicos, quando comparado com a Resolução CONAMA 430/2011. Apresentaram elevados valores para Fe, caracterizado pela presença de solo nas amostras. Como descrito em outros estudos, o valor do pH permaneceu estável com um valor entre 6,02 a 7,84.

Foi possível verificar que a água pluvial, proveniente do escoamento superficial, tem uma grande importância na verificação de novos poluentes que podem estar contaminando o corpo hídrico. Mesmo não sendo possível aplicar uma legislação para esse tipo de amostra, é possível aplicar um monitoramento para a melhoria das condições dessas águas, como por exemplo verificar a origem essas fontes difusas e tentar diminuir essa exposição a região analisada.

Este processo de avaliação pode ser considerado uma ferramenta estratégica para a identificação e caracterização de problemas ambientais e impactos associados, derivados da poluição do ar, do uso e da ocupação do solo, voltados para a qualidade dos recursos hídricos.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), processo nº 155116/2016-9 e nº 305385/2016-0 pelo fomento.

REFERÊNCIAS

- Alias, N., Liu, A., Egodawatta, P., & Goonetilleke, A. (15 de Fevereiro de 2014a). Sectional analysis of the pollutant wash-off process based on runoff hydrograph. *Journal of Environmental Management*, 134, pp. 63-69.
- Alias, N., LIU, A., Goonetilleke, A., & Egodawata, P. (Março de 2014b). Time as the critical factor in the investigation of the relationship between pollutant wash-off and rainfall characteristics. *Ecological Engineering*, pp. 301-305.
- APH AWWA WPCF. (2017). American Public Health Association American Water Works Association & Water Pollution Control Federation. *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*, Washington.
- Barco, J., Papiri, S., & Stenstrom, M. K. (2008). First flush in a combined sewer system. *Chemosphere*, 71, pp. 827-833.

- Becouze-Lareure, C. e. (2016). Source characterisation and loads of metals and pesticides in urban wet weather discharges. *Urban Water Journal* (**13** (6)), pp. 600–617.
- Brasil. (17 de Março de 2005). CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - RESOLUÇÃO 357/2005. Obtido em 10 de Maio de 2018, de Ministério do Meio Ambiente: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>
- Brasil. (13 de Maio de 2011). CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - RESOLUÇÃO 430/2011. Obtido em 10 de Maio de 2018, de Ministério do Meio Ambiente: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>
- Collins, K. A., Lawrence, T. J., Standerc, E. K., Jontos, R. J., Kaushal, S. S., Newcomer, T. A., Ekberg, M. L. (24 de Março de 2010). Opportunities and challenges for managing nitrogen in urban stormwater: A review and synthesis. (E. B.V., Ed.) *Ecological Engineering*, pp. 1507-1519. doi:10.1016/j.ecoleng.2010.03.015
- Deletic, A. B., & Maksimovic, C. T. (01 de Setembro de 1998). Evaluation of Water Quality Factors in Storm Runoff from Paved Areas. *Journal of Environmental Engineering*, 124.
- Dierberg, F. E., & DeBusk, T. A. (2 de Setembro de 2008). Particulate phosphorus transformations in south Florida stormwater treatment areas used for Everglades protection. *Ecological Engineering*, 34, pp. 100-115.
- Faustino, M. G. (2016). Desenvolvimento e Validação de Metodologia para Determinação de Metais em Amostras de Água por Espectrometria de Emissão Óptica com plasma de Argônio (ICP-OES). Dissertação de Mestrado. São Paulo: Universidade de São Paulo.
- Huber, M., Welker, A., & Helmreich, B. (2016). Critical review of heavy metal pollution of traffic area runoff: occurrence influencing factors and partitioning. *Science of the Total Environment*(541), pp. 895–919.
- Liu, A., Goonetilleke, A., & Egodawatta, P. (2012). Taxonomy for rainfall events based on pollutant wash-off potential in urban areas. *Ecological Engineering*.
- Pires, M., Cotrim, M., & Sousa, W. H. (2017). Relatório Anual de Gestão Ambiental do IPEN. São Paulo: IPEN.
- PROSAB 5. (2009). Manejo de Águas Pluviais Urbanas. Obtido de Programa de Pesquisa em Saneamento Básico: https://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/prosab5_tema_4.pdf
- Valtanen, M., Sillanpää, N., & Setälä, H. (2015). Key factors affecting urban runoff pollution under cold climatic conditions. *Journal of Hydrology*(529), pp. 1578–1589.
- Westerlund, C., & Viklander, M. (2006). Particles and associated metals in road runoff during snowmelt and rainfall. *Science of the Total Environment*(362), pp. 143 - 156.
- Zhang, W., Li, T., & Dai, M. (5 de Abril de 2015). *Ecological Engineering*. Influence of rainfall characteristics on pollutant wash-off for road catchments in urban Shanghai, pp. 302-106. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2015.04.016>