



XIII SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE

COMPORTAMENTO DA CARGA DE POLUENTES AO LONGO DE UM DIA NO CORREGO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS

Agra, C. C.¹; Cavalcante, J. C.¹; Braga, R. M. B.¹; Callado, N. H.^{2}*

RESUMO – O monitoramento quali-quantitativo é uma das principais ferramentas para o planejamento e gestão dos recursos hídricos, principalmente com a degradação da qualidade das águas devido ao crescimento urbano desordenado e falta de infraestrutura. Neste contexto, diversos canais para drenagem de águas pluviais têm recebido efluentes sanitários, gerando cargas de poluentes que são transportadas pelo sistema de drenagem urbano e lançados em corpos d'água. O presente trabalho tem o objetivo de calcular a carga gerada em um córrego que corta o campus da UFAL e deságua em um bueiro da rede de drenagem do Tabuleiro, em Maceió/AL. A análise da água foi efetuada através de coletas de amostras e medição de vazão com intervalos de 3h, visando traçar um perfil do dia para entender o comportamento das cargas. Os resultados obtidos mostraram elevadas cargas geradas em um dia de avaliação, com altos valores de DQO (3 kg.h^{-1}), DBO ($0,6 \text{ kg.h}^{-1}$), nitrogênio amoniacal (1 kg.h^{-1}), fósforo ($0,08 \text{ kg.h}^{-1}$), coliformes ($25 \times 10^7 \text{ NMP.s}^{-1}$) e sólidos (350 kg.h^{-1}), o que contribui para a degradação da água lançada pelo sistema de macrodrenagem do Tabuleiro.

ABSTRACT– The qualitative and quantitative monitoring is one of the main tools for the planning and management of water resources, especially with the degradation of water quality due to urban sprawl and lack of infrastructure. In this context, several channels for rainwater drainage have received wastewater, generating pollutant loads are carried by the urban drainage system and launched into water bodies. This study aims to calculate the load generated in a stream that bisects the campus UFAL and empties into a culvert of the Board drainage network in Maceió / AL. The water analysis was conducted through sample collection and flow measurement at intervals of 3 hours, aiming to chart a day profile to understand the behavior of the loads. The results showed high loads generated on a valuation day, with high values of COD (3 kg.h^{-1}), DBO (0.6 kg.h^{-1}), ammonia (1 kg.h^{-1}), phosphorus (0.08 kg.h^{-1}), coliforms ($25,107 \text{ MPN.s}^{-1}$) and solid (350 kg.h^{-1}), which contributes to the degradation of water released by the system board macrodrainage.

Palavras-Chave – Perfil de poluentes, Drenagem, Polutograma.

1) Aluna Mestrado Programa de Pós-graduação em Recursos Hídricos e Saneamento do Centro de Tecnologia da UFAL

2) Professora do Programa de Pós-graduação em Recursos Hídricos e Saneamento do Centro de Tecnologia da UFAL

*Centro de Tecnologia / Universidade Federal de Alagoas. Av. Lourival de Melo Mota, S/N – Cidade Universitária, Maceió, Alagoas. 57.900-000. Brasil. E-mail: ncallado@ctec.ufal.br

INTRODUÇÃO

A degradação da qualidade da água superficial pode ser refletida no seu monitoramento, onde se busca associar os resultados obtidos a fatores externos e potenciais fontes poluidoras. Neste sentido, as redes de drenagem urbana contribuem para tal processo através do transporte de poluentes líquidos e sólidos, que tem sua origem dependente de diversos aspectos e pode ocorrer por fontes pontuais e difusas no corpo receptor (PORTO, 1995).

Com o atual crescimento urbano e infraestrutura precária, tem aumentado o número de canais para drenagem de águas pluviais que recebem lançamentos de efluentes sanitários, gerando carga de poluentes no sistema, que deságua nos corpos hídricos receptores. Essas cargas variam de acordo com a vazão e a concentração de parâmetros de qualidade, sendo alteradas ao longo do dia de acordo com ações antrópicas, ocorrência de precipitação, geração de resíduos sólidos, entre outros fatores.

O entendimento das cargas poluentes é fundamental para compreender a deterioração da qualidade da água nos corpos hídricos, sendo alvo de diversos trabalhos (ZAFFANI, 2012; QI et al., 2014; SÉBASTIAN et al., 2015; HUILIANG et al., 2015; ZHAO et al., 2015; MCKEE e GILBREATH, 2015), além de servir como instrumento de planejamento e gestão. Para representar o transporte de poluentes em um escoamento urbano e visando compreender a poluição difusa, estudos recentes (MÉTADIER E BERTRAND-KRAJEWSKI, 2012; MEMON *et al.*, 2014) têm utilizado o polutograma, gráfico que mostra a variação da carga ao longo do tempo.

Na Universidade Federal de Alagoas, devido a problemas operacionais do sistema de esgotamento sanitário, o talvegue natural para drenagem de águas pluviais está recebendo os efluentes de todo o Campus, incluindo o Hospital e o Restaurante Universitário, e do Complexo Penitenciário, estando interligado ao sistema de macrodrenagem urbana da bacia do Tabuleiro, com descarte final no riacho Jacarecica.

O objetivo deste trabalho foi calcular as cargas geradas ao longo de um dia no córrego da Universidade, por meio da construção de polutogramas, visando analisar a variação desses valores e relacionar os horários de pico das cargas com o funcionamento das unidades do Campus.

METODOLOGIA

Área de Estudo

O manancial em estudo é um córrego que corta o Campus A. C. Simões da Universidade Federal de Alagoas (CACS/UFAL), em Maceió/AL. Trata-se de um talvegue natural (Figura 2b) para onde drena as águas pluviais do Campus, e que, portanto, deveria ter escoamento apenas em eventos de chuva. No entanto esse córrego recebe os efluentes sanitários do CACS/UFAL e do Complexo Penitenciário de Maceió, que fica localizado ao lado do Campus. O córrego está interligado ao sistema

de macrodrenagem urbana da bacia endorreica do Tabuleiro, com descarte final no riacho Jacarecica, juntamente com as demais águas pluviais drenadas e esgotos lançados ao longo de seu percurso, visto que a região não dispõe de rede pública coletora de esgotos.

O sistema de esgotamento sanitário do CACS/UFAL consiste de uma rede coletora, poços de visita, uma estação elevatória de esgotos e uma unidade de tratamento biológico formado por duas lagoas de estabilização em série, uma anaeróbia seguida de uma facultativa. O sistema foi projetado e construído em meados da década de 70, para atender todas as edificações do CACS, incluindo o Hospital Universitário Professor Alberto Antunes (HUPAA), e funcionou até 2004. Atualmente a elevatória de esgotos está fora de operação e o sistema de lagoas sem uso. Os efluentes gerados são lançados *in natura* neste córrego que atravessa o Campus.

O Complexo Penitenciário também dispõe de um sistema de esgotamento sanitário, dotado da rede coletora de esgotos e de uma estação de tratamento de efluentes composta de elevatória de esgotos, quatro reatores anaeróbios, duas lagoas de estabilização do tipo facultativa e um sistema de desinfecção por radiação ultravioleta. No entanto, atualmente a elevatória está desativada e os efluentes vertem pelo extravasor da elevatória para o córrego da UFAL. A Figura 1 apresenta uma imagem de satélite com o sistema descrito.

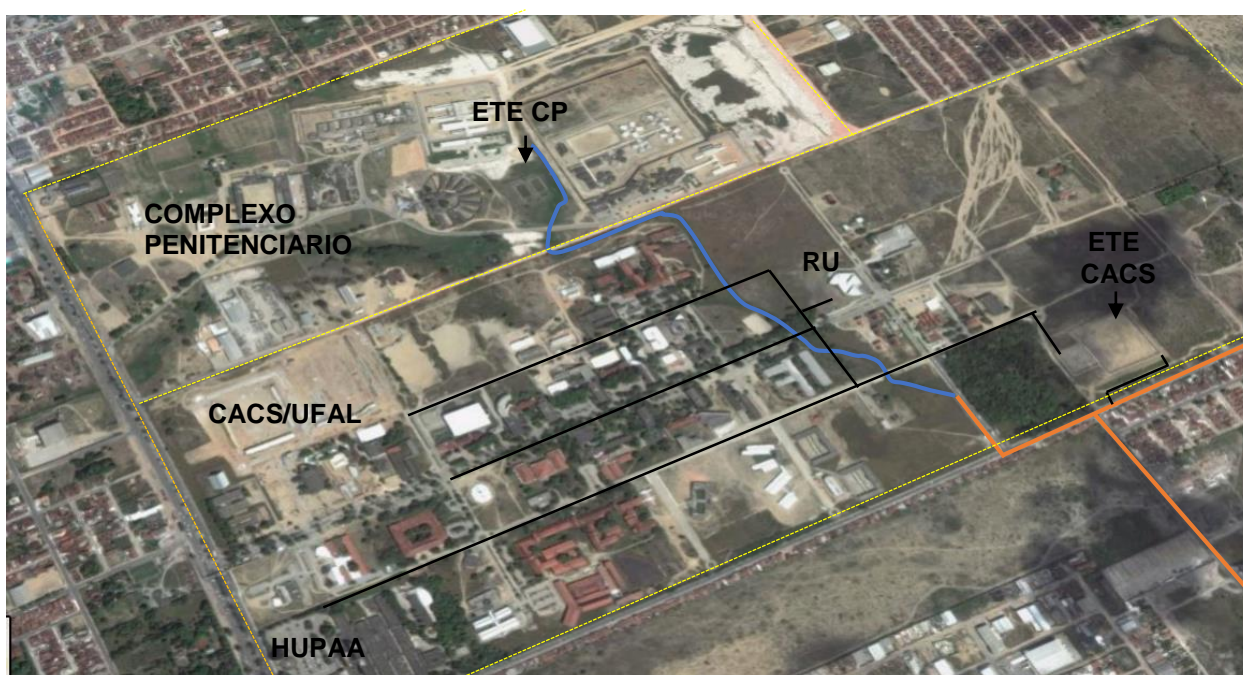


Figura 1 - Imagem de satélite do CACS. Fonte: Adaptado de Google Maps, acessado em 17/06/2016.
Legenda: — Córrego que corta o CACS/UFAL, — Rede de drenagem urbana; — Rede coletora de esgotos do CACS/UFAL.

As coletas foram realizadas no ponto em que o riacho desagua em um bueiro da rede de drenagem de águas pluviais (Figura 2a). O objetivo da escolha desse local de estudo é analisar as cargas totais que são geradas pelos contribuintes do sistema e levadas para a rede de drenagem urbana.



Figura 2 – (a) Ponto de coleta; (b) Córrego do CACS/UFAL

Monitoramento Quali-Quantitativo

O monitoramento do riacho foi efetuado através da coleta de amostras e medição de vazão com intervalos de 3h, no dia 13 de junho de 2016, das 6h às 18h. Não ocorreram precipitações no dia da coleta e nem nos 5 dias anteriores. É importante ressaltar que a coleta foi realizada no período de recesso das aulas da graduação, momento em que diminui o fluxo de alunos no local.

Para análise da qualidade da água foram realizadas medições *in situ* com a sonda multiparâmetros HORIBA U53, para determinar a temperatura da água, pH, potencial de óxi-redução (ORP), condutividade, turbidez, sólidos totais dissolvidos e salinidade. Posteriormente, foram coletadas amostras de água, armazenadas em garrafas de polietileno e colocadas em caixas térmicas, para análises no Laboratório de Saneamento Ambiental (LSA) da UFAL. As seguintes variáveis físico-químicas e microbiológicas foram analisadas segundo APHA (2005): demanda química de oxigênio (DQO), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), nitrogênio amoniacal, fósforo total, sólidos totais, coliformes totais e *E. coli*.

Nas visitas de campo, a obtenção da vazão ocorreu pela medição da lâmina d'água no bueiro circular da rede de drenagem em que o córrego deságua (Figura 2a). Com essa altura foi possível calcular a área da seção molhada e relacionando-as com os valores de velocidade do fluxo, obtidos por meio de flutuador, foram estimadas as vazões em cada coleta pela equação da continuidade (Equação 1).

$$Q = V \times A \quad (1)$$

Posteriormente, com os dados de concentração e vazão de cada coleta, foi possível calcular as cargas instantâneas de cada parâmetro de qualidade (Equação 2), gerando polutogramas do dia de estudo.

$$Carga = Concentração \times Vazão \quad (2)$$

Por fim, os valores de concentração dos poluentes obtidos foram comparados com o da Resolução nº 357/2005 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), buscando verificar qual a classe que os padrões de qualidade da água do riacho atendem.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O córrego que corta a UFAL é um corpo hídrico intermitente, localizado numa bacia endorreica e não possui nascente, portanto deveria veicular água apenas em períodos de chuva. No entanto possui escoamento permanente devido a lançamentos de efluentes. Segundo a Resolução 357/2005 do CONAMA, o enquadramento dos corpos de água deve ser definido pelos usos preponderantes mais restritivos da água, atuais ou pretendidos, e que, enquanto não aprovado o seu enquadramento, as águas doces serão consideradas classe 2. Assim, a qualidade da água do córrego da UFAL deveria atender aos padrões de classe 2.

Os valores de concentrações dos parâmetros analisados obtidos estão apresentados na Tabela 1, e observa-se que estes se encontram, em sua maioria, acima do limite estabelecido pela Resolução nº 357/2005 do CONAMA, para classe 2, podendo atendendo somente aos padrões de classe 4. De acordo com as análises físico-químicas e microbiológicas realizadas, o córrego apresenta características típicas de esgoto sanitário.

Tabela 1 – Faixa de valores encontrados dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos.

Parâmetros	Faixa de valores	Média	DP*	CONAMA**
pH	6,4 – 7,4	6,9	0,43	6,0 – 9,0
Turbidez (UNT)	32,3 – 46,8	38,7	6,02	≤ 100,0
DQO (mg.L ⁻¹)	88,9 – 204,2	150,4	43,3	-
DBO (mg.L ⁻¹)	10,4 – 44,2	40,1	10,7	≤ 10,0
Nitrogênio Amoniacal (mg.L ⁻¹)	59,3 – 68,1	61,6	3,7	13,3
Fósforo Total (mg.L ⁻¹)	4,7 – 5,2	4,9	0,2	0,05
<i>E. coli</i> (NMP.100 mL ⁻¹)	8,4x10 ⁵ – 14,0x10 ⁵	10,4x10 ⁵	2,1x10 ⁵	4,0x10 ³
Coliformes Totais (NMP.100 mL ⁻¹)	2,8x10 ⁶ – 5,5x10 ⁶	4,9x10 ⁶	1,7x10 ⁶	-

*DP = desvio padrão; **Limites estabelecidos para enquadramento na resolução 357 do CONAMA classe 4.

A Figura 3 apresenta a variação das vazões ao longo do dia, verificando-se que ocorreu a elevação desses valores ao longo da manhã, com o pico às 15h. O crescimento da vazão coincide com o aumento do fluxo de pessoas na universidade, devido ao horário de funcionamento e de aulas.

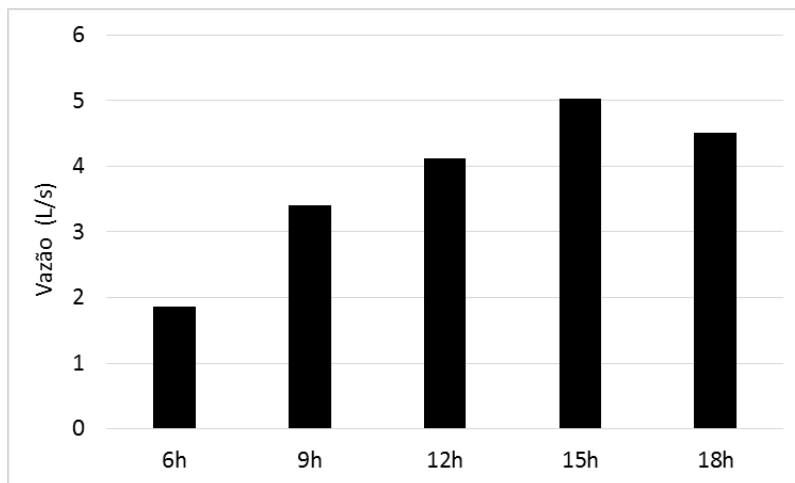


Figura 3 – Distribuição das vazões ao longo das coletas.

As cargas calculadas para cada coleta estão representadas na Figura 4 por meio de polutogramas, com o objetivo de analisar a variação ao longo do dia para cada parâmetro. É importante ressaltar que não foram construídos polutogramas de nitrito e nitrato porque os valores das análises foram muito baixos, provavelmente devido à pequena quantidade disponível de oxigênio dissolvido, o que mostra o estado de degradação da água do córrego.

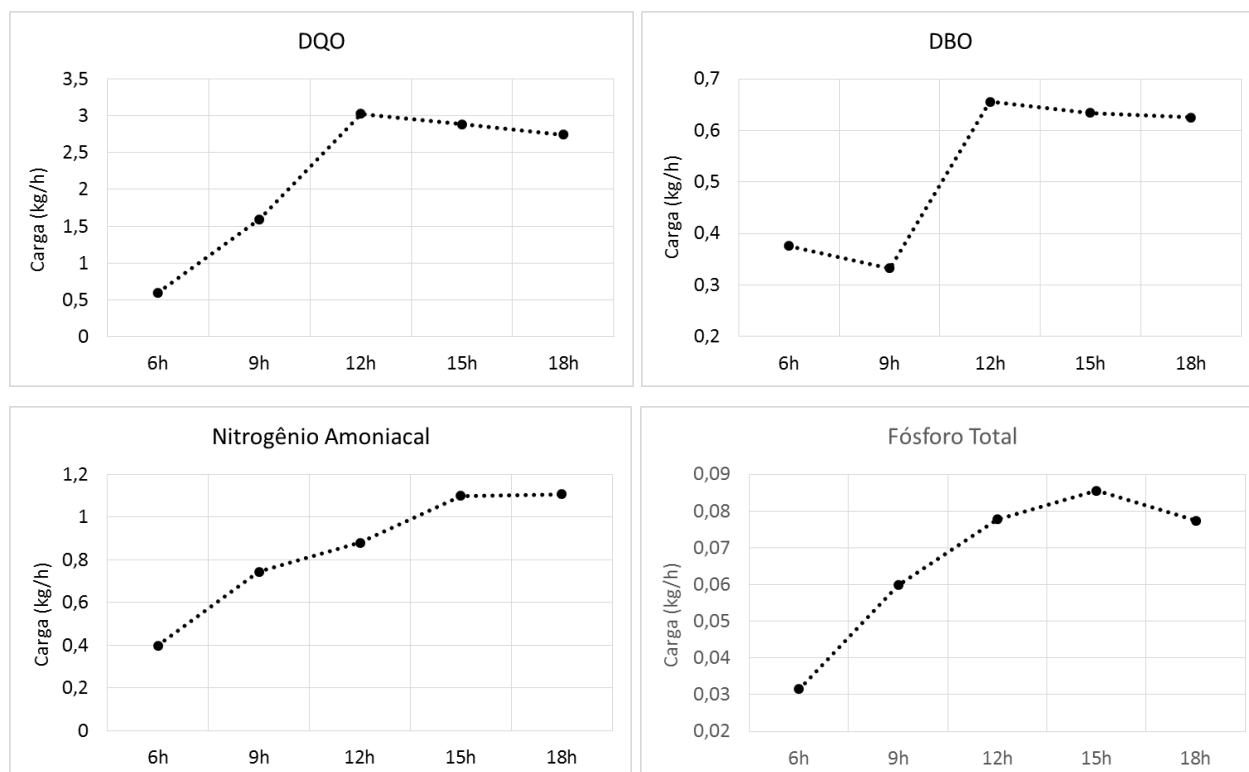


Figura 4 – Polutogramas dos poluentes: (a) Demanda Química de Oxigênio; (b) Demanda Bioquímica de Oxigênio; (c) Nitrogênio Amoniacal; (d) Fósforo Total.

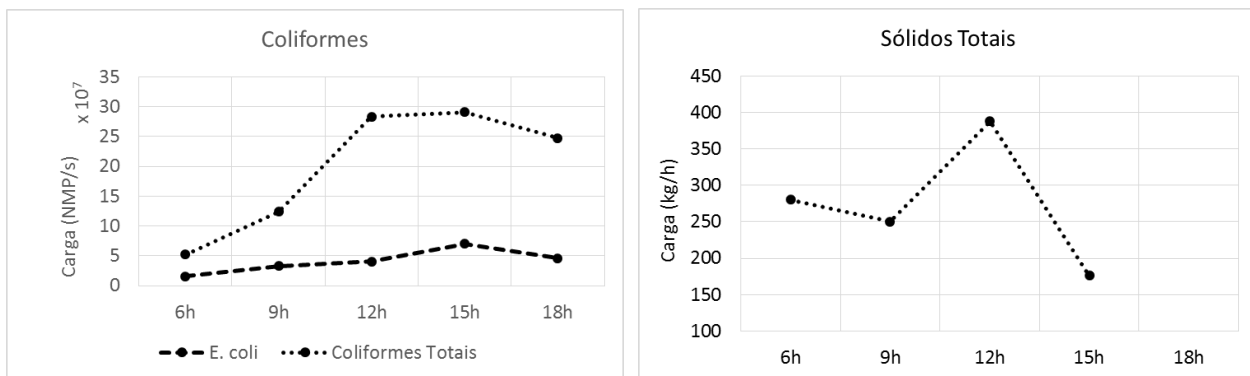


Figura 4 – Polutogramas dos poluentes: (e) Coliformes Totais e *E. coli*; (f) Sólidos Totais.

Verificou-se que a DQO, DBO, coliformes e sólidos tiveram pico às 12h, apesar do maior valor de vazão ter ocorrido na coleta de 15h. Isso indica que a concentração desses parâmetros foi bastante alta no horário do almoço, momento em que aumenta o fluxo de efluentes do restaurante universitário e das cozinhas do HUPAA e complexo penitenciário.

Analisando o polutograma de DBO (Figura 4b), observou-se que a carga da coleta de 6h foi mais elevada que o esperado. Para avaliar a existência de erros experimentais na análise desse horário, foi feita a relação DQO/DBO de todas as coletas (Tabela 2), onde verificou-se que os valores das relações foram semelhantes, exceto o de 6h, mostrando que pode ter ocorrido falha durante o primeiro ensaio de DBO. Além disso, os altos valores das relações de DQO/DBO observados entre 9h e 18h, provavelmente, se devem à contribuição dos efluentes do Hospital e do Restaurante Universitário.

Tabela 2 – Relação DQO/DBO ao longo do dia.

	DQO (mg/L)	DBO (mg/L)	DQO/DBO
6h	88,92	55,83	1,59
9h	130,40	27,16	4,80
12h	204,16	44,19	4,62
15h	159,60	35,06	4,55
18h	168,82	38,45	4,39

Os valores de cargas de nutrientes, nitrogênio amoniacal e fósforo, foram crescentes ao longo do dia e tiveram pico às 15h, ambos apresentando comportamento semelhante. A presença desses poluentes em elevadas quantidades pode gerar eutrofização do curso de água, com crescimento excessivo de algas, processo que foi confirmado nas visitas de campo.

Analisando todos os polutogramas, observa-se que as cargas às 6h da manhã são as que apresentaram menor valor, ou seja, no momento em que o CACS/UFAL ainda não está em pleno funcionamento. Dessa forma, fica claro a contribuição de cargas geradas ao longo de um dia pelo

lançamento de efluentes no córrego de drenagem, lançando esses poluentes no sistema da bacia do Tabuleiro.

CONCLUSÃO

A geração de cargas em um dia no CACS/UFAL é bastante elevada e contribui para a degradação da água lançada pelo sistema de macrodrenagem do Tabuleiro. Os valores obtidos neste trabalho ocorreram em período de recesso das aulas da graduação, o que indica que em período letivo as cargas podem chegar a valores ainda maiores.

As concentrações dos poluentes estudados foram maiores que o limite estabelecido pela Resolução nº 357/2005 do CONAMA, somente podendo enquadrar essas águas em classe 4. Além disso, observou-se que as cargas aumentaram ao longo de um dia, de acordo com o funcionamento do CACS/UFAL, o que mostra a contribuição gerada pelo lançamento de efluentes no córrego.

O trabalho ressalta a importância da ativação dos sistemas de esgotamento sanitário do CACS/UFAL e do Complexo Penitenciário, visando diminuir a degradação das águas despejadas no canal de drenagem pluvial.

AGRADECIMENTOS

Aos colegas de mestrado Lucas Tardelly e Marconi Cavalcanti pelo apoio nas coletas de campo.

BIBLIOGRAFIA

APHA, AWWA, WPCF. **Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water**. 21. ed. Washington DC, 2005.

BRASIL. 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, Alterada pela Resolução 410 de 04 de maio de 2009 e pela 430 de 13 de maio de 2011, do CONAMA. Brasília, DF, 2011.

HUILIANG, W. et al. Water and nonpoint source pollution estimation in the watershed with limited data availability based on hydrological simulation and regression model. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 22, n. 18, p. 14095-14103, 2015.

MCKEE, L. J.; GILBREATH, A. N. Concentrations and loads of suspended sediment and trace element pollutants in a small semi-arid urban tributary, San Francisco Bay, California. **Environmental monitoring and assessment**, v. 187, n. 8, p. 1-16, 2015.

MEMON, S. et al. Investigation of turbidity and suspended solids behavior in storm water run-off from different land-use sites in South Korea. **Desalination and Water Treatment**, v. 53, n. 11, p. 3088-3095, 2015.

MÉTADIER, M.; BERTRAND-KRAJEWSKI, J.L. The use of long-term on-line turbidity measurements for the calculation of urban stormwater pollutant concentrations, loads, pollutographs and intra-event fluxes. **Water research**, v. 46, n. 20, p. 6836-6856, 2012.

PORTO, M.F.A. **Aspectos qualitativos do escoamento superficial em áreas urbanas**. In: TUCCI, C.E.M; PORTO, R.L.L.; BARROS, M.T. (Org.) Drenagem Urbana, Porto Alegre, ABRH: Editora da Universidade/UFRGS, 1995, p. 387-426.

QI, W. et al. Organic micropollutants in the Yangtze River: seasonal occurrence and annual loads. **Science of The Total Environment**, v. 472, p. 789-799, 2014.

SÉBASTIAN, C. et al. Event-based quantification of emerging pollutant removal for an open stormwater retention basin—Loads, efficiency and importance of uncertainties. **Water research**, v. 72, p. 239-250, 2015.

ZAFFANI, A.G. **Poluição difusa da drenagem urbana com base ecohidrológica: diagnóstico atual e cenários de longo prazo em bacias urbanas de São Carlos, SP**. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2012.

ZHAO, W. L. et al. Load estimation and assessment of land-based pollution for Quanzhou Bay and their relevance to the Total Quantity Control of Pollutants Discharged into the Sea (TQCPS) Program in China. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 166, p. 230-239, 2015.