

O IMPACTO DA POLUIÇÃO DIFUSA ORIUNDA DO SISTEMA DE DRENAGEM URBANO NO LAGO PARANOÁ

Maria Elisa Leite Costa^{1} & Sérgio Koide²*

Resumo – A poluição difusa em bacias urbanas é conduzida aos corpos hídricos, em geral, sem tratamento, pelo sistema de drenagem urbana das águas pluviais. Essa situação ocorre na Bacia do lago Paranoá, DF, em que o lago, futuro manancial para abastecimento público, é o corpo receptor. Como as cargas de poluições pontuais oriundas das ETEs são tratadas (remoção de nutrientes pela CAESB), este trabalho, baseado no monitoramento da poluição advinda de galerias de drenagem urbana, é focado no uso e ocupação da área de contribuição da bacia hidrográfica com o objetivo de conhecer as cargas lançadas. Para isso, utilizou-se linígrafos e amostradores automáticos na determinação da vazão e concentração, respectivamente, dentro das galerias de drenagem, próximo ao exultório durante os eventos de cheia. Foram monitorados quantitativamente 97 eventos e qualitativamente, 34, no qual se analisaram variáveis como DQO, N, P e SS, tendo em vista a preocupação com a eutrofização e o assoreamento do corpo hídrico. As estimativas realizadas mostram que as cargas de poluição difusa carreadas pela drenagem pluvial da Asa Norte de Brasília nos meses mais chuvosos podem ser maiores do que as cargas do esgoto tratado lançadas no braço norte do Lago Paranoá pela ETE Norte nesses períodos.

Palavras-Chave – monitoramento, bacias urbanas, cargas difusas.

THE IMPACT ABOUT DIFFUSE POLLUTANT LOADS FROM DRAINAGE NETWORK SYSTEM IN PARANOÁ LAKE

Abstract – The diffuse pollution in urban areas is carried to the water bodies by the urban drainage systems usually without treatment. This situation happens in the Paranoá watershed, in which the reservoir, future water source for the water supply system, is the receiving water body. As the point source from the wastewater treatment plants are treated at tertiary level to remove nutrients, this paper, based on the monitoring of urban drainage galleries, focus on the land use and occupation of the contributing area aiming to estimate diffuse pollutant loads. Thus, level loggers, and automatic samplers were used to determine flows and concentrations, respectively, inside the drainage gallery near the outlet, during flood events. Flow was monitored in 97 events and quality in 34, leading to 438 samples, in which variables like COD, N, P, SS, were analyzed, due to concern about eutrophication and siltation. The estimated diffuse pollutant loads carried by Rainfall drainage Asa Norte (Brasilia neighborhood) during rainy months can be more significant than the loads from the wastewater treatment plant released into Lake Paranoá in Asa Norte in November and January.

Keywords – monitoring, urban watersheds, diffuse pollutant loads.

1. INTRODUÇÃO

As cargas de poluição são definidas como o produto entre a concentração do poluente na água e a vazão de descarga, em um determinado intervalo de tempo. As cargas difusas estão associadas ao escoamento superficial distribuído ao longo das bacias hidrográficas e destacam-se pela alta variabilidade na concentração de poluentes lançados nos corpos d'água em função da magnitude

¹ Afiliação: Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos hídricos da Universidade de Brasília, mariaelisa@unb.br

² Afiliação: Professor Associado da Universidade de Brasília, Departamento de engenharia civil e ambiental. Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos da Universidade de Brasília, skoide@unb.br

dos eventos de precipitação, seja ao longo de um mesmo evento ou em função do tipo de área urbana, como por exemplo, residencial, industrial ou comercial (Porto, 1995).

Como os dados hidrológicos em bacias urbanas são praticamente inexistentes no Brasil, tanto no aspecto quantitativo como qualitativo, sabe-se pouco sobre esse tipo de poluição no país de acordo com Tucci (2005), sem muitas alterações para os dias atuais. Portanto, a aquisição de dados de boa qualidade é essencial para o desenvolvimento e aprimoramento de estudos hidráulicos e hidrológicos nesse tipo de bacia (Garcia, 2005).

Se o corpo receptor dessa poluição difusa for um lago, há uma preocupação especial com as cargas de nutrientes, que podem causar eutrofização, pois diferentes problemas nos recursos hídricos são associados a esse fenômeno. Além dos nutrientes, os sedimentos também provocam um impacto negativo nos lagos, o assoreamento, que diminui a lâmina d'água, reduzindo a profundidade e com isso a capacidade de armazenamento, prejudicando finalidades como a geração de energia e contenção de cheias (Von Sperling, 2005).

Assim, o objetivo deste trabalho é quantificar as cargas difusas que aportam no Lago Paranoá oriunda de duas sub-bacias urbanas por meio do monitoramento desse tipo de poluição a fim de alertar sobre os possíveis impactos que as mesmas já podem estar causando a Bacia Hidrográfica.

2. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo compreende duas sub-bacias urbanas no Plano Piloto da cidade de Brasília, a do C.O. e a do Iate, cuja localização pode ser visualizada na Figura 1 e as principais características encontram-se resumidas na tabela 1.

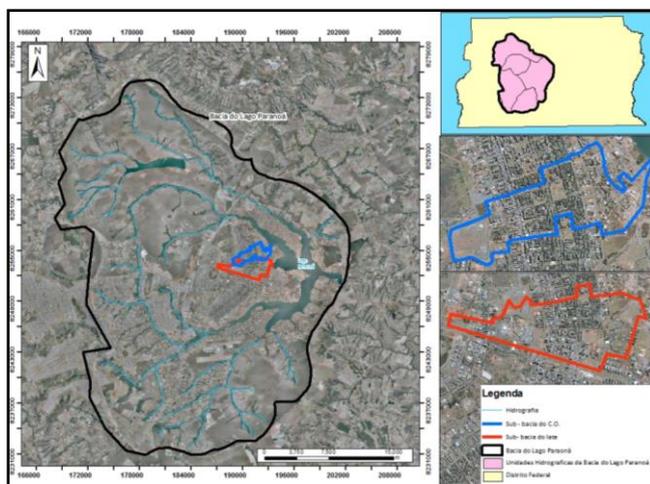


Figura 1 – Área de Estudo – Bacia do Lago Paranoá com destaque para a Sub-bacia do C.O e a Sub-bacia do Iate.

Tabela 1 – Características da Sub-bacia do C.O e do Iate.

| Características | Sub-bacia do C.O. | Sub-bacia do Iate |
|---|---|--|
| Área | 5,43Km ² | 8,9 Km ² |
| Comprimento | 15,3 Km | 16,9Km ² |
| Ponto mais elevado | Autódromo Nelson Piquet | Setor Militar Urbano |
| Declividade Média | 2,84% | 4,05% |
| Exultório | Centro Olímpico da UnB | Iate Clube de Brasília |
| Rede de drenagem | Retangular (2,2 x 2,2) | Quadrangular (3 x 3 m) |
| Tipos de uso e ocupação do solo presentes | 13,5% - áreas pavimentadas 45% - solo exposto/campo aberto/áreas | Predomina o uso por áreas comerciais que abrigam autarquias e sedes da |

| | | |
|----------------------------|--------------------------------------|--|
| | verdes 41,5% – regiões edificadas | administração pública, além de algumas quadras residenciais e mais a jusante áreas com solo exposto. |
| Cota do ponto mais elevado | 1140m | 1160m |
| Cota do Exultório | 1000m | 1000m |

Percebe-se pela imagem e pela tabela, que as áreas estudadas são densamente urbanizadas, distinguindo-se no uso e ocupação do solo, pois enquanto que a sub-bacia do C.O. é predominante residencial, a do Iate, é comercial. Outra importante característica é que a sub-bacia do Iate é 64% maior que a o C.O. e receberá mais contribuição do escoamento superficial.

3. METODOLOGIA

Para a obtenção de dados referentes às cargas de poluição difusa é necessário conhecer a vazão que está sendo conduzida pela galeria no momento que são coletadas as amostras de água para a análise da concentração dos poluentes. Assim, utilizou-se de dois equipamentos: o linígrafo de boia, que registra a cota na galeria de drenagem e o amostrador automático que coletava, durante a passagem de ondas de cheias, o volume de água necessário para a análise da qualidade, ambos programados para amostragem a cada 5 minutos.

Uma estratégia utilizada para a análise da qualidade das águas de drenagem urbana foi à instalação desses equipamentos junto às galerias. Para isso foi necessário à construção de poços piezométricos onde há um tubo de ligação constituindo um sistema de vaso comunicante entre a galeria e o linígrafos. As instalações podem ser vistas nas figuras 2 a 5.



Figura 2 – Linígrafo instalado na sub-bacia do C.O.



Figura 3 – Amostrador na sub-bacia do C.O.



Figura 4 – Linígrafo instalado na sub-bacia do Iate



Figura 5 – Amostrador na sub-bacia do Iate

Para a determinação da vazão na sub-bacia do C.O. foi utilizada a curva-chave da galeria (Equação 1), calculada com ajuda de ADCP. Para a sub-bacia do Iate tentou-se determinar a curva-chave da galeria do Iate com o auxílio do equipamento ADC, molinete acústico digital, mas a

medição não foi possível, devido à limitação do equipamento, que mede as velocidades máximas de 2m/s, quando na galeria ocorrem valores mais elevados. Para estimar a vazão foi assumida a hipótese de que ocorre escoamento crítico antes de um grande degrau dentro da galeria e se determinou a vazão pelo escoamento crítico, definido pela Equação 2.

$$Q = 0,29y^{0,425} \quad \text{Equação 1 (Silva Junior, 2010)}$$

$$\frac{dE}{dy} = 0 \Rightarrow yc = \left(\frac{Q^2}{g}\right)^{1/3} \quad \text{Equação 2 (Porto, 1999)}$$

Q- Vazão (m³/s)

Y e yc- cota medida pelo linígrafo (m)

g- aceleração da gravidade (m/s²)

A coleta de amostras foi realizada numa frequência correspondente a cada evento chuvoso. Não foi possível a aquisição das amostras dos primeiros eventos da época chuvosa de 2012/2013, que teve início em setembro de 2012, devido a falhas do sistema de captação.

Para a seleção das variáveis de qualidade da água, escolheram-se aquelas que seriam mais significativas para o corpo receptor, referentes ao nível de matéria orgânica e nutrientes, além de sedimentos, principalmente devido a impactos ambientais frequentes em lagos: eutrofização e assoreamento.

Os mais usados para esse tipo de estudo são a DQO, o nitrogênio e o fósforo, além de parâmetros físicos como os sólidos suspensos. Na Tabela 2 estão resumidos os métodos e equipamentos adotados pelas metodologias sugeridas pelo *Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater* ou pelo fabricante dos equipamentos.

Tabela 2 - Resumo dos parâmetros e métodos de análises de qualidade de água utilizados.

| Parâmetro | Método | Nível de Detecção | Equipamento | Modelo |
|---------------------|------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|---------------------|
| Nitrito | Diazotização | 0 - 3,0 mg/L | Espectrofotômetro | DR-2010 |
| Nitrato | Redução do Cádmio | - | Espectrofotômetro | DR-2010 |
| Amônia | Nessler | - | Espectrofotômetro | DR-400 |
| Fósforo Reativo | | 0-5.0mg/L | Espectrofotômetro | DR-400 |
| Fósforo Total | Digestão de ácido persulfato | 0-30mg/L | Espectrofotômetro | DR-400 |
| Sólidos Totais | Gravimétrico | - | - | - |
| Sólidos Dissolvidos | Gravimétrico | - | - | - |
| Sólidos Suspensos | Gravimétrico | - | - | - |
| DQO | Digestão de Hg | 0-150mg/L - LR 0-1500mg/L - HR | Espectrofotômetro Reator | DR-2010 DQO HACH |

Para a análise das cargas de poluentes descarregadas no Lago Paranoá utilizou-se a Equação 3, onde o valor da concentração foi calculado por meio do CME (Equação 4).

$$W = Q \times C \quad \text{Equação 3}$$

W – carga do poluente

Q – Vazão

C – concentração do poluente

$$CME = \frac{M}{V} = \frac{\int C(t)Q(t)dt}{\int Q(t)dt} \quad \text{Equação 4}$$

Foi realizada a verificação das cargas monitoradas nas duas sub-bacias com a ETE Norte, localizada na Asa Norte, para os meses mais chuvosos (novembro e janeiro), responsável por coletar e tratar os esgotos domésticos de 260 mil habitantes. Foram comparadas as cargas lançadas pelas águas pluviais dessas sub-bacias com as cargas dessa ETE que trata o esgoto com uma vazão média de 451,71L/s e possui o sistema de tratamento em nível terciário/avançado, com remoção de nutrientes (fósforo e nitrogênio), para proteger a qualidade da água do lago do processo de eutrofização (SIESG, 2012).

Outra análise consistia na hipótese de que o uso e ocupação das sub-bacias ocorreriam por todo o bairro (Asa Norte) juntamente com as mesmas características das precipitações e escoamento, e gerariam cargas de poluições difusas para tal região ($W_{ASA\ NORTE}$).

4. RESULTADOS

Foram contabilizados no monitoramento quantitativo, 43 eventos na sub-bacia do C.O. que foram identificados no linígrafo pela onda de cheia. Para a sub-bacia do Iate, o número foi maior, 54 eventos, fato justificado pelo fato de que o monitoramento nesse ponto iniciou em setembro, enquanto que o do C.O. em novembro. Porém, outro fato observado na sub-bacia do Iate corresponde a lançamentos ocasionais da concessionária de saneamento do DF relativos a descargas de água da lavagem do filtro de uma ETA. Esses dados juntamente com as vazões atingidas podem ser verificados na Tabela 3, onde se confirma a maior contribuição das águas pluviais na sub-bacia do Iate, que atingiu vazões de até 21,5m³/s, enquanto que a máxima atingida no C.O. foi de 7,93m³/s.

Tabela 3 – Eventos ocorridos na sub-bacia do C.O e na sub-bacia do Iate.

| | | Classificação | Nº de eventos | Max | Min | % |
|------|---------|--------------------------|---------------|------|------|---------------|
| C.O. | Grande | > 2,78 m ³ /s | 13 | 7,93 | 3,69 | 30,23 |
| | Médio | > 1,1 e < 2,78 | 18 | 2,78 | 1,1 | 41,86 |
| | Pequeno | <1,1 m ³ /s | 12 | 0,86 | 0,13 | 27,91 |
| | Total | | 43 | | | 100,00 |
| Iate | Grande | > 7 m ³ /s | 17 | 21,5 | 7,23 | 31,48 |
| | Médio | > 3 e < 7 | 20 | 3,0 | 5,98 | 46,51 |
| | Pequeno | <3 m ³ /s | 17 | 274 | 0,42 | 39,53 |
| | Total | | 54 | | | 100,00 |

Na análise do monitoramento de qualidade das águas, foram recolhidas 438 amostras ao longo do período estudado, onde 222 eram provenientes da sub-bacia do C.O. e 216 da sub-bacia do Iate, em 17 diferentes eventos de chuva (Tabela 4). O volume das amostras foi variável ao longo monitoramento, de 1L a 700mL, mas volume suficiente para a identificação das 12 variáveis analisadas (tabela 2).

Depois de calculadas as cargas para cada evento em cada sub-bacia, os resultados foram organizado nas Figuras 6 e 7. Nota-se que houve eventos que carregaram mais poluentes no Lago Paranoá do que outros, dependendo das características da precipitação, mas em ambas sub-bacias as cargas de nitrogênio e fósforo (nutrientes) foram maiores nos eventos que ocorreram as vazões máximas monitoradas, a do dia 19/11/12 para a sub-bacia do C.O. e a do dia 17/10/12 para a sub-bacia do Iate. Destaca-se também às cargas de DQO, sendo bastante elevadas no início do período chuvoso, devido a provável acumulação dos poluentes no solo durante a estação seca, sendo

bastante influenciada pelo número de dias secos antecedentes. Na sub-bacia do Iate o pico da W_{DQO} foi dia 09/10/12, correspondente ao primeiro evento, enquanto que o primeiro evento na sub-bacia do C.O. lançou a terceira maior carga calculada. Esse fato pode ser explicado que pela análise dos dados, na galeria do C.O. há descargas de esgotos sanitários, influenciando na presença de matéria orgânica nesse sistema de drenagem. Quanto aos SS, percebe-se que na sub-bacia do Iate há uma descarga bem maior do que na sub-bacia do C.O., ocorrência justificada porque a sub-bacia do C.O. é considerada uma sub-bacia mais consolidada, enquanto que a do Iate engloba regiões com grande movimentação de terra, como o setor de autarquias, o Estádio e o setor hoteleiro influenciados pelos grandes eventos sediados em Brasília.

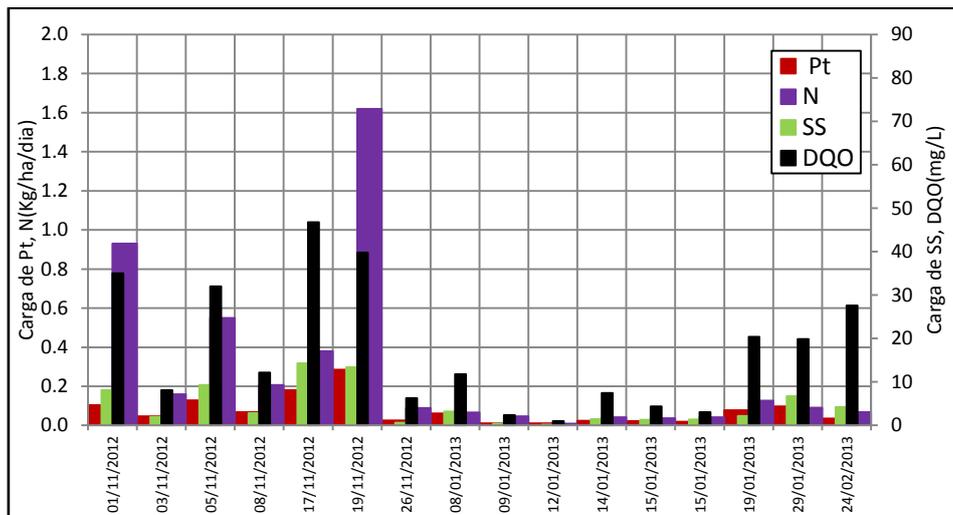


Figura 6 - Cargas de Pt, SS, N e DQO que aportaram no Lago Paranoá em cada evento na sub-bacia do C.O.

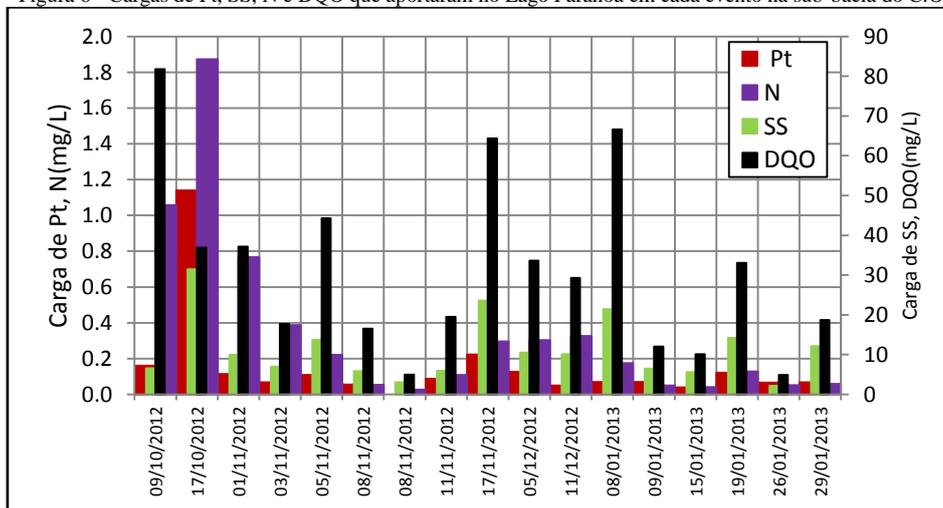


Figura 7 - Cargas de Pt, SS, N e DQO que aportaram no Lago Paranoá em cada evento na sub-bacia do Iate.

As comparações das cargas de poluição mensal com a ETE Brasília Norte foram realizadas com duas considerações. A primeira relaciona somente as cargas lançadas por cada sub-bacia estudada e a segunda se utiliza da hipótese que o mesmo uso e ocupação de cada sub-bacia se estenderia por toda a Asa Norte, juntamente com as características chuva-vazão. Os resultados foram organizados na Tabela 4 sob a forma de porcentagem, relacionando as cargas encontradas para cada sub-bacia, como também as cargas calculadas para a região da Asa Norte com as cargas do esgoto bruto (afluente) e o esgoto tratado (efluente) da ETE.

Tabela 4 – Comparações entre as cargas das sub-bacias e da Asa Norte com as cargas de esgoto tratado e bruto da ETE Norte nos meses de novembro e janeiro.

| Nov. | C.O. | Varáveis | % W _{C.O.} /Weflu | % W _{C.O.} /Wafllu | % W _{ASA NORTE} /Weflu | % W _{ASA NORTE} /Wafllu |
|------|----------|----------------------------|-----------------------------|---------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| | | DQO | 31,3 | 2,4 | 152,6 | 11,8 |
| P | 15,5 | 0,8 | 75,5 | 3,9 | | |
| N | 2,2 | 0,4 | 10,7 | 1,9 | | |
| SS | 27,4 | 1,5 | 133,6 | 7,3 | | |
| Iate | Varáveis | % W _{IATE} /Weflu | % W _{IATE} /Wafllu | % W _{ASA NORTE} /Weflu | % W _{ASA NORTE} /Wafllu | |
| | DQO | 89,0 | 6,9 | 264,1 | 20,4 | |
| P | 34,5 | 1,8 | 102,4 | 5,3 | | |
| N | 3,0 | 0,5 | 8,9 | 1,6 | | |
| SS | 112,6 | 6,2 | 334,3 | 18,3 | | |
| Jan | C.O. | Varáveis | % W _{C.O.} /Weflu | % W _{C.O.} /Wafllu | % W _{ASA NORTE} /Weflu | % W _{ASA NORTE} /Wafllu |
| | | DQO | 46,8 | 4,7 | 228,1 | 22,8 |
| P | 91,0 | 1,7 | 443,5 | 8,2 | | |
| N | 2,9 | 0,3 | 14,3 | 1,6 | | |
| SS | 74,3 | 1,8 | 362,3 | 9,0 | | |
| Iate | Varáveis | % W _{IATE} /Weflu | % W _{IATE} /Wafllu | % W _{ASA NORTE} /Weflu | % W _{ASA NORTE} /Wafllu | |
| | DQO | 38,5 | 3,8 | 114,1 | 11,4 | |
| P | 52,7 | 1,0 | 156,5 | 2,9 | | |
| N | 1,0 | 0,1 | 3,1 | 0,3 | | |
| SS | 113,9 | 2,8 | 338,0 | 8,4 | | |

W_{CO} – Carga difusa da sub-bacia do C.O.

W_{IATE} - Carga difusa da sub-bacia do Iate.

W_{ASA NORTE} - Carga difusa da Asa Norte, pode ser relativo as cargas do C.O. ou do Iate.

Eflu. – efluente = esgoto tratado

Aflu – afluente = esgoto bruto

Os valores de concentrações (C) e cargas(W) considerados foram os médios.

Na sub-bacia do C.O. no mês de novembro, a carga de DQO liberada na galeria, corresponde a 31,3% da carga do efluente da ETE Norte no mesmo mês, de fósforo, 15,5% e de SS 27,4. Quando aos dados são comparados ao esgoto bruto, a DQO refere-se a apenas 2,4%. Enfatiza-se que a bacia do C.O. mede 5,43Km², sendo considerada pequena, por isso é importante a comparação para toda a porção Norte da Bacia Hidrográfica do Lago Paranoá.

Considerando a bacia de contribuição da Asa Norte, 26,47Km², com as mesmas características de uma das sub-bacia, percebe-se valores da porcentagem significativos para ambos os meses, sendo 11 das 12 análises dessas cargas de poluição difusas maiores que a do efluente tratado da ETE, alguns em mais de 400%, como foi o caso do P para o mês de janeiro.

Percebe-se, ainda na Tabela 5, que as cargas de poluição difusa causadas pela drenagem pluvial somente das sub-bacias já são bastante significativas em relação a DQO, P e SS, principalmente a do Iate, onde as cargas de SS lançada por essa galeria corresponde a uma carga 112,6% maior no mês de novembro e 113,9% no mês de janeiro, quando comparadas com o esgoto tratado da ETE Norte.

Destaca-se que os SS comparados são de origens diferentes, pois, os lançados pela ETE são de origem orgânica, e os presentes na galeria de águas pluviais são de origem siltosa. Ou seja, o primeiro irá aumentar no Lago a concentração de matéria orgânica, enquanto que o segundo tipo de SS irá se depositar no fundo do lago contribuindo para o assoreamento.

Os dados de comparação do N foram prejudicados, visto que a CAESB analisa o NKT (Nitrogênio Kjeldahl Total), considerando a parcela de N orgânico transformado em amônia, enquanto que os dados monitorados foram referentes ao nitrato, nitrito e amônia.

Comparando os dados com o esgoto bruto, considerando as características dos eventos e da sub-bacia do Iate para toda a Asa Norte, o lançamento das cargas de poluição difusa mensais corresponderiam ao equivalente de um lançamento de esgoto bruto da ETE Norte Brasília durante 6 dias para DQO, e 5 dias para SS em novembro, e em janeiro seriam 3 e 2 dias, respectivamente. Situação equivalente para a sub-bacia do C.O. que tem como resultado um lançamento de esgoto *in natura* de 3 dias para DQO e 2 para SS em novembro, em janeiro, seria 8 dias para DQO e 3 dias para os SS.

5. CONCLUSÃO

O monitoramento é uma metodologia importante para a análise dos impactos ambientais nos recursos hídricos. Principalmente em se tratando das análises de poluição difusa, que é pouco estudada no Brasil. A partir de procedimentos metodológicos como a instalação de equipamentos próximos ao exultório das bacias, a coleta de amostras em cada evento de chuva discretizados em 5 min e as análises físico-químicas das variáveis, foi possível a obtenção de dados consistentes sobre a poluição difusa para a Bacia do Lago Paranoá.

A partir desses resultados, foi possível conhecer o comportamento de diversos poluentes, como a matéria orgânica e os nutrientes e os sólidos suspensos. Foram analisadas as cargas lançadas diretamente no Lago, sem qualquer tratamento, e concluiu-se que as cargas de poluição difusa oriundas do sistema de drenagem na Asa Norte nos meses de novembro e janeiro podem ser mais significativas do que a cargas lançadas pelo efluente tratado da ETE que recebe o esgoto doméstico desse bairro. Sendo necessário que as autoridades responsáveis implementem medidas para conter esse tipo de poluição.

REFERÊNCIAS

- BRASÍLIA. Sinopse do Sistema de Esgotamento Sanitário do Distrito Federal-Siesg. (2012). Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal – CAESB. 25ª edição. 179 pg.
- GARCIA, J.I.B.(2005). Monitoramento hidrológico e modelagem da drenagem urbana da bacia hidrográfica do arroio Cancela. Dissertação de Mestrado da Universidade Federal de Santa Maria do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. 169p.
- PORTO, R.M. (1999). Hidráulica Básica. São Carlos, REENGE/EESC/USP. 540 p.
- PORTO, M.F.A. (1995). Aspectos qualitativos do escoamento superficial em áreas urbanas. In: Tucci, C.E.M.; Porto, R.L.; Barros, M.T.de (organizadores). *Drenagem Urbana*. 1995. ABRH. Porto Alegre-RS.
- SILVA JUNIOR, J.A. (2010). Estudo da eficiência do manejo de águas pluviais urbanas na mitigação dos impactos de ocupação do solo. Exame de qualificação (Doutorado em Engenharia Civil - não publicado). Universidade de Brasília, Brasília. 135 pg.
- VON SPERLING, M. (2005). Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 452 p. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; UFMG, Belo Horizonte- MG.