

Concentração de TSS, metais pesados e fósforo total no escoamento superficial de um estacionamento de grande circulação

TSS, heavy metals, and total phosphorus concentration from the runoff of a parking lot of with high vehicle circulation

Gardenio Diogo Pimentel da SILVA [1](#); Lucy Anne Cardoso Lobão GUTIERREZ; Eliane de Castro COUTINHO; Eder Silva de OLIVEIRA

Recibido: 06/09/16 • Aprobado: 29/09/2016

Conteúdo

- [1. Introdução](#)
 - [2. Materiais e Métodos](#)
 - [3. Resultados e Discussão](#)
 - [4. Conclusão](#)
- [Bibliografia](#)

RESUMO:

O presente trabalho buscou investigar a concentração de TSS, Zn, Cu, Pb, Ni, V, Cd, Cr e P total no escoamento de um estacionamento e comparar essas concentrações com outros estudos e limites estabelecidos pela resolução CONAMA. A concentração média para SST foi 1152,13 mg l⁻¹; enquanto que a concentrações médias de metais, em µg l⁻¹, foram: 156 de Cu, 1744,84 de Zn, 256,69 de Pb, 74,88 de Cr, 15,56 de Ni, 0,72 de Cd e 35,54 de V, respectivamente. Fósforo apresentou concentração média de 0,06 mg l⁻¹. TSS apresentou correlação positiva com os metais pesados na ordem decrescente Pb, V, Cr, Ni, Zn, Cd, Cu.

Palavras-chaves: CONAMA, poluição, sólidos suspensos totais.

ABSTRACT:

This paper investigated the concentration of TSS, Zn, Cu, Pb, Ni, V, Cd, Cr, and total P in the runoff from a parking lot. In addition, this article aimed to compare the concentrations found with other studies and limits established by the resolution CONAMA. The TSS average concentration found was of 1152.13 mg l⁻¹; while the average concentration for heavy metals, in µg l⁻¹, were of 156.89 Cu, 1744.84 Zn, 256.69 Pb, 74.88 Cr, 15.56 Ni, 0.72 Cd, and 35.54 V, respectively. Phosphorus average concentration found of 0.06 mg l⁻¹. TSS showed a positive correlation with heavy metals in descending order of Cu, Zn, Pb, Cr, Ni, Cd, V.

Key Words: CONAMA, pollution, total suspended solids.

1. Introdução

A Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos [USEPA] (2013) destaca as que o escoamento de águas pluviais de regiões vicinais urbanas ou suburbanas é o principal motivo de impactos negativos aos cursos de águas, afetando a qualidade e quantidade de água, danos ao habitat de animais, impactos negativos à saúde pública e desconfigurar a estética da paisagem urbana, visto que os poluentes lançados para atmosfera pelo uso de veículos movidos a combustíveis fósseis podem se conectar a partículas sólidas presentes no ar, precipitar e com um evento pluvial serem escoadas do pavimento para corpos hídricos mais próximos.

Existem diversas pesquisas sendo realizadas no sentido de quantificar os poluentes da runoff de áreas pavimentadas fora do Brasil tanto em rodovias e estacionamentos. Os resultados apontam concentração de diversos poluentes no escoamento, dentre eles: metais pesados como cobre (Cu), Zinco, (Zn), Chumbo (Pb), crômio (Cr), Cádmio (Cd) e níquel (Ni); e Totais de sólidos em suspensão (TSS). Na esfera nacional brasileira pouco se tem estudado a quantificação desses contaminantes em rodovias e menos ainda em estacionamentos de áreas urbanas, principalmente na região Norte do país onde há índices pluviométricos elevados e cidades consideravelmente grandes como a capital do Estado do Pará, Belém. Nos países desenvolvidos já se buscam as Boas Práticas de Ambientais (BPA) para tratar as águas pluviais que escoam no pavimentam e carregam diversos poluentes para os corpos hídricos.

Todavia, esse problema da urbanização associada com a emissão de poluentes através de veículos não se restringe apenas a contaminação de ambientes próximos a rodovias ou a estacionamentos abertos. Segundo Kim, Dominici & Buckle (2007), espaços fechados como garagens funcionam como um "hot-spot" ou microambientes onde os poluentes atmosféricos oriundos de veículos entram em contato direto com a população devido à proximidade em relação aos atendentes da garagem e/ou pedestres, intensidade da atividade de carros e a estrutura local semifechada. O mesmo princípio se aplica a estacionamentos rotativos fechados onde a movimentação de veículos é intensa, o contato com os usuários se faz bastante presente e o ambiente fechado ou semifechado funciona como um hot-spot para o acúmulo de poluentes.

Mediante a necessidade de estudos para investigar e quantificar a concentração de poluentes presentes nas águas pluviais escoadas na superfície de pavimentos impermeáveis na cidade de Belém. O presente trabalho busca como objetivos investigar a concentração de metais pesados (zinco, cobre, chumbo, crômio, cádmio, níquel e vanádio), fósforo e TSS no escoamento de um estacionamento altamente movimentado; além disso, busca-se usar uma metodologia mundialmente difundida na quantificação de poluentes em águas pluviais denominada de *Event Mean Concentration* (EMC- Concentração Média dos Eventos) e comparar os valores encontrados em EMC com estudos realizados em outros países e com os limites estabelecidos pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente [CONAMA] resolução 357 de 2005 ou CONAMA 430 de 2011, para despejo de águas em corpos hídricos.

2. Materiais e Métodos

2.1. Local de estudo

A pesquisa foi desenvolvida em um ambiente fechado devido a pouca influência de intempéries e maior controle das condições do ambiente. Dessa maneira foi escolhido para realização deste estudo o estacionamento de um supermercado localizado na Avenida Pedro Miranda, bairro da Pedreira, Belém-PA.

O estacionamento possui três andares, contando com o térreo, e é caracterizado como semifechado, contendo cobertura completa e entrada de luz em uma lateral. O estudo foi realizado somente no segundo andar o qual contém alta circulação de veículos e não sofre alagamentos em dias de eventos pluviais.

Os dias de coleta foram 15/04/15, 19/05/15, 17/06/15 e 08/07/15, compreendendo um intervalo de no mínimo 21 dias (entre a penúltima e a última coleta) para que os poluentes

pudessem acumular no pavimento, ressalta-se de acordo com Finney (2010), que a partir de 15 dias a concentração de poluentes já apresenta valores constantes. Com relação à área de coleta, o estacionamento possui 1055 m² de área, no entanto, buscou-se compor uma representação significativa das porções de área de circulação e área de estacionamento, dessa forma foram usados 22 m² de área de estacionamento e 21 m² de área de circulação. Para a amostragem, procedeu-se a lavagem de local com o mesmo tipo de procedimento rotineiro usado pelos funcionários do local, todavia sem a utilização de produtos químicos.

2.2. Procedimento de coleta

Para iniciar o procedimento de coleta, todos os utensílios usados no experimento tiveram que serem lavados previamente com água destilada, isso compreendeu os seguintes equipamentos: vassouras, esfregão, balde, pá e frascos de coleta. Em seguida, encheu-se o balde com aproximadamente 4 litros de água de poço (usada no próprio estabelecimento), lançou-se água sobre o pavimento, depois se usou o esfregão e vassoura simulando o procedimento adotado pela equipe de limpeza do estacionamento. A opção por utilizar um pequeno volume de água, aproximadamente 4 litros em cada evento, foi adotada para concentrar os poluentes em um único frasco com pouco volume. Cerca de 2 litros de água foram coletados a cada evento. Tentou-se, dessa maneira, simular a coleta do primeiro fluxo do escoamento superficial caso houvesse uma limpeza no local. No total foram feitos 4 (quatro) eventos de limpeza e em todos foram coletadas amostras. Foi realizada também análise da água do poço para normatizar os parâmetros analisados e assim evitar majoração dos resultados.

2.3. Métodos de análises

As amostras de SST foram determinadas no Laboratório de Hidrocarbonetos da Universidade do Estado do Pará. Para determinação de metais pesados, uma alíquota de cada evento contendo 215 ml foi preservadas com ácido nítrico (HNO₃) e em seguida enviadas para quantificação de metais pesados no Laboratório Bureau Veritas Minerals Laboratory, Canadá.

Para avaliação dos resultados, utilizou-se primeiramente o método de cálculo das amostras compostas da massa carregada no fluxo (flow-weighted), ou método de soma das massas, com o intuito de descobrir a massa de cada poluente contido em cada frasco. Esse cálculo pode ser feito através da equação 1, onde: M = é a massa total do poluente; V_t = volume de descarga correspondente para a amostra; C_c = concentração do poluente na amostra:

$$\text{Eq 1.} \quad M = V_t * C_c.$$

Posteriormente, com a massa total dos poluentes encontradas, realizou-se a aplicação do método *Event Mean Concentration* (EMC-concentração média do evento). Este método busca representar a concentração de poluentes específicos advindos de águas pluviais e pode ser definida como massa total do poluente dividida pelo volume, ou descarga, do evento pluvial. Flint e Davis (2007), ressaltam que este método tem por finalidade calcular a concentração resultante de todo um evento pluvial caso este fosse coletado em um único container. A equação (Eq) 2 mostra o método de cálculo segundo Wang, He, Ai, Wang, & Zhang (2013), onde M (g) = massa do poluente; V (m³ ou L) = volume total de água da chuva escoada; C_t (mg l⁻¹) = concentração de poluentes no intervalo de tempo; Q_t (m³ min⁻¹) = quantidade do escoamento de água da chuva, neste caso água da lavagem, no intervalo de tempo; Δt (min) = intervalo de tempo:

$$\text{Eq. 2.} \quad \text{EMC} = \frac{M}{V} = \frac{\int_0^t C_t Q_t dt}{\int_0^t Q_t dt} \approx \sum \frac{C_t Q_t \Delta t}{Q_t \Delta t}$$

O volume usado para o cálculo da massa de metais foi equivalente à amostra de 2 litros correspondente ao volume usado coletado nos frascos. Enquanto que o volume usado nas estimativas de EMC foi de 4 litros que equivale ao volume de água usado no evento.

Devido ao baixo número de coleta na amostragem, um frasco por evento, foi utilizado apenas o modelo da fórmula com a massa e o volume, ou seja, a primeira parte da equação 2, caso fosse realizado coletas ao longo de um período de tempo, por exemplo, a cada 2 minutos do runoff, utilizar-se-ia a segunda parte da equação que apresenta o intervalo de tempo. No estudo, o volume usado para a Eq. 2 foi de 4 litros e a massa calculada anteriormente calculada, em gramas, de acordo com o método de soma de massa. Em seguida, os resultados obtidos nas concentrações, em EMC, foram comparados com outros estudos e com concentrações de lançamentos de efluentes pela resolução CONAMA 430 de 2011 e CONAMA 357 de 2005.

Após a obtenção dos resultados foi aplicada a análise de correlação de Pearson entre os valores de SST e metais pesados.

3. Resultados e Discussão

Nas tabelas 2 são apresentadas as concentrações de SST, metais pesados encontrados nas quatro coletas realizadas no presente estudo e os valores limites de lançamento de efluentes do CONAMA.

Tabela 1. Sumário das concentrações EMCs de SST, metais pesados em cada coleta.

	15/04/15	19/05/15	17/06/15	08/07/15	Médias	Desvio Padrão	CONAMA
P(mg-1)	0,09	0,13	0,27	0,11	0,15	0,08	—
SST (mg l-1)	609,75	1710,00	1595,25	693,50	1152,13	580,83	500*
Cu (µg l-1)	70,55	120,45	298,10	138,45	156,89	98,43	1000**
Zn (µg l-1)	954,55	1651,65	2866,30	1506,85	1744,84	805,72	5000
Pb (µg l-1)	151,10	324,40	374,75	176,50	256,69	109,70	500
Cd (µg l-1)	0,43	0,70	1,17	0,56	0,72	0,32	200
Cr (µg l-1)	37,60	89,10	115,55	57,25	74,88	34,43	500
Ni (µg l-1)	8,55	15,93	24,95	12,80	15,56	6,95	2000
V (µg l-1)	21,85	44,35	52,20	23,75	35,54	15,07	—

*Sólidos Dissolvidos Totais

**Cobre dissolvido

Para se comparar o presente estudos com outros realizados fora do Brasil, criou-se outra tabela, tabela 2, na qual foram inseridas as médias dos valores para cada contaminante de interesse no presente estudo, assim como as concentrações de outros estudos realizados em outros países, tais como Estados Unidos (EUA), Alemanha (ALE), Dinamarca (DIN) e China (CHI). No estudo feito na Dinamarca, Istenič et al. (2012), existem três locais de coleta (Odense, Aarbus e Silkeborg), por isso há três valores diferentes, o mesmo ocorre para a China, Gan, Zhuo, Li e Zhuo, (2008), na qual os autores fizeram os estudos em uma região

urbana e em uma rural, desta forma, apresentaram duas concentrações diferentes.

Tabela 2. Comparação da concentração de poluentes neste estudo com outros estudos em outros países e padrões de lançamento de efluentes do CONAMA.

	Local	SST mg l-1	Cu µg l-1	Zn µg l-1	Pb µg l-1	Cd µg l-1	Cr µg l-1	Ni µg l-1	V µg l-1	P mg-1
Presente estudo	Brasil	1152,13	156,89	1744,84	256,69	0,72	74,88	15,56	35,54	0,15
Barrett et al. (2006)	EUA	117,8	26,8	167,4	12,6	—	—	—	—	0,13
Hilliges et al. (2013)	ALE	405*	194	933	37,2	—	—	—	—	—
Istenič et al. (2012)a	DIN	48	451	433	24	0,11	5,5	28	—	0,31
Istenič et al. (2012)b		53	181	19	4,7	0,07	4,3	7	—	0,28
Istenič et al. (2012)c		37	15	114	5,4	0,07	2,6	10	—	0,22
Gan et al. (2008)d	CHI	451,7*	140	1760	118,2	1,6	40,4	22,6	—	—
Gan et al. (2008)e		111,1*	90	700	92,3	1,5	26,8	13,4	—	—
Taylor et al. (2001)	EUA	227.00	2955	779	780	—	—	—	—	1,7
CONAMA		500**	10001	5000	500	200	500	2000	—	—

*sólidos suspensos

**sólidos dissolvidos totais

— não mencionado

1cobre dissolvido

a Odense

b Aarhus

c Silkeborg

d local urbano

e local rural

3.1. Fósforo

As concentrações de fósforos estão disponíveis na tabela 1 e tabela 2 juntamente com os valores de outros estudos. Em média a concentração de fósforo foi de 0,15 mg l-1 e desvio médio padrão de 0,08. Acredita-se que os traços encontrados desse nutriente sejam devidos ao uso de detergentes na limpeza do pavimento.

A presença de fósforo nesse efluente pode trazer sérios impactos no meio ambiente, um impacto de significativo causado pelo excesso desses nutrientes, como fósforo e nitrogênio, é o processo de eutrofização do corpo d'água receptor.

As concentrações encontradas foram relativamente baixas, contudo, deve-se levar em consideração que há outros pontos de contribuição que ao serem somados podem causar

impactos ambientais de maneira significativa.

O CONAMA 430 não estabelece um limite de lançamento e no art. 17 compete aos órgãos ambientais essa definição de limites de lançamento, baseado nas características do corpo receptor e histórico do crescimento de cianobactérias no mesmo, ou seja, fica a critério do órgão ambiental local impor tais limites.

3.2. Totais de sólidos em suspensão

As concentrações de SST encontradas com a lavagem do estacionamento foram consideravelmente elevadas apresentando valores de EMC que variam de 609,75 a 1710,00 mg l⁻¹, média de 1152,13 mg l⁻¹ e desvio médio padrão de 236,84. A média de sólidos dissolvidos nesse escoamento foi de 94,79 mg l⁻¹, logo se percebe a predominância de sólidos suspensos. Esses valores estão relativamente altos quando comparados aos encontrados em rodovias por Barrett, Kearfott e Malina (2006), de 117,80 mg l⁻¹, Taylor, Barrett, Borroum, & Currier (2001), de 227,00 e Mackay, Zike, Mahoney, & Bushey (2011), de 40 a 703,00 mg l⁻¹. O fato de ter se concentrado o volume do evento para conter a maior quantidade possível de poluentes em um frasco pode ter influenciado nesse resultado, porém já eram esperados valores elevados devido à coloração escura que o efluente apresentou na coleta e pelo fato de ser um ambiente fechado o qual não ocorre ventilação para transpor sólidos de forma significativa para fora do espaço do estacionamento.

Essa concentração representa a quantidade total de sólidos no espaço usado no estudo, ou seja, cerca de 4% da área total. A preocupação com a concentração de SST no escoamento de áreas urbanas está relacionada com a capacidade de micropoluentes se ligarem a esses sólidos e serem levados com o escoamento superficial, dentre os poluentes carregados pelas frações finas no escoamento estão os metais pesados e hidrocarbonetos (OPHER e FRIEDLER, 2010). Portanto, quanto maior for a concentração de sólidos totais, de granulometrias diferentes, em um escoamento superficial, maior será a expectativa da carga de poluentes conectados neles (KIM, JEONG, & KO, 2014).

Outro ponto que deve ter atenção é o fato desse efluente da limpeza de estacionamento ser lançado diretamente no sistema de drenagem de águas pluviais, a qual terá como ponto final de descarga, sem tratamento, algum canal próximo. Essas partículas de sólidos podem ter atrelados contaminantes que contribuem para a perda de qualidade ambiental do ambiente aquático, nesse caso, dos canais que passam pela cidade de Belém. Desta forma, o tratamento desse efluente carregado de sólidos é essencial para assegurar a qualidade ambiental dos recursos naturais da cidade.

A CONAMA 430 de 2011, a qual altera a resolução de CONAMA 357 de 2005 sobre condições e padrão de lançamento de efluentes não menciona um valor mínimo de sólidos suspensos que pode ser lançado nos efluentes, porém a resolução de 2005 estabelece um valor de 500 mg l⁻¹ para sólidos dissolvidos totais (SDT). A média de sólidos dissolvidos totais no escoamento do estacionamento foi de 236,84 mg l⁻¹, apenas 2,11 vezes inferior ao padrão estabelecido, ou seja, 47,37% do padrão.

3.3. Metais pesados

Foram analisados 7 metais pesados no escoamento superficial do estacionamento, destes metais, o Zn apresentou as maiores concentrações [tabela 1]. A ordem decrescente da concentração de metais foi Zn > Pb > Cu > Cr > V > Ni > Cd. Istenič et al. (2012) encontrou em dois locais na Dinamarca a seguinte ordem decrescente de metais em sedimentos provenientes da drenagem de água da chuva Zn > Cu > Cr > Ni > Pb, enquanto que em um terceiro local foi Cu > Zn > Pb > Cr > Ni. Na tabela 4 é apresentado a comparação de médias dos parâmetros SST, Zn total, Cu total, Pb total, Cd total, Cr total, Ni total, V total e P total encontrados neste estudo com outros estudos realizados em outros países e valores de

lançamento para efluentes segundo a CONAMA 357 e CONAMA 430. É importante notar que o escoamento de um estacionamento é rico em contaminantes e, por isso, pode ser considerado um efluente.

Nota-se que o Pb apresentou concentrações mais altas que outros metais no presente estudo e em Gan et al. (2008), fato que pode estar ligado à fórmula dos combustíveis usados no Brasil e China, o mesmo ocorreu para Cr e Cd que em média tiveram concentrações superiores no presente estudo. Entretanto, um estudo feito por Silva, Siqueira e Leandro (2015), analisando metais presentes em sedimentos de superfícies asfálticas, no Brasil, também obteve uma ordem de concentração de metais onde a concentração de Cu foi mais elevada que a concentração de Pb, assim como a concentração de Cd sendo superior à de Cr, seguindo o padrão decrescente $Fe > Mn > Cu > Pb > Zn > Cd > Cr$.

Gunawardena J., Egodawatta, Ayoko e Goonetilleke (2013) e Gunawardena J., Egodawatta, Ayoko e Goonetilleke (2012), afirmam que os metais pesados estão associados às partículas de diferentes tamanhos e são oriundas de diversas fontes como o tráfego de carros e o desgaste de componentes desses meios de transporte como pneus e freios. Assim, somente através de uma análise isotópica é possível afirmar a origem exata que pode ter influenciado essa ordem decrescente de metais no escoamento do estacionamento, onde o Pb apresenta concentrações maiores que outros metais, diferentemente do que é encontrado na maioria das literaturas. Leonelli et al. (2012), Mackinnon, Mackenzie, Cook, Pulford, Duncan, & Scott (2011), e Preciado, Li, & Weis (2007), descrevem como o chumbo isotópico pode identificar a fonte de poluição, mesmo sendo difusa, e realizar comparações mais precisas da quantidade que cada fonte contribui. Com relação aos padrões de lançamento de efluentes das resoluções CONAMA 357 ou 430, todos os metais estão de acordo com os limites estabelecidos.

Outro fator relevante é a associação que existe entre metais pesados e sólidos suspensos na drenagem de águas pluviais. Dentre esses principais poluentes conectados Shinya, Tsuchinaga, Kitano, Yamada, & Ishikawa (2000), em seu estudo constatou que os metais pesados, exceto o níquel, possuem correlação positiva com sólidos suspensos do escoamento de locais pavimentados. Lau e Stensstrom (2005), sustentam essa ideia declarando que existe a possibilidade de estimar os metais pesados agregados a sólidos suspensos em águas pluviais, tendo, por exemplo, uma concentração de SST que varie de 50 a 250 mg l⁻¹, a concentração correspondente do metal Cu agregado em partículas na estrada poderia ser entre 45 a 225 mg l⁻¹. Baseado nessa afirmação, na tabela 3 é apresentado os valores de correlação entre SST e com os metais pesados Cu, Zn, Pb, Ni, Cr, Cd e V. A ordem decrescente $Pb > V > Cr > Ni > Zn > Cd > Cu$. Importante ressaltar que diferentemente de Shinya et al. (2000) o Ni mostrou correlação positiva e significativa.

Tabela 3. Valores de correlação entre SST e metais pesados

	Cu	Pb	Zn	Cr	Ni	Cd	V
Correlação com SST	0,36	0,94	0,52	0,85	0,64	0,58	0,93

Portanto, a partir dessas análises considera-se de extrema importância a redução de sólidos no efluente de estacionamento, pois os sólidos podem conter quantidades significativas de metais contaminantes agregados a serem transportados pelo escoamento superficial até os corpos receptores, assim contribuir para a deterioração de qualidade ambiental dos corpos hídricos receptores (NELSON, YONGE, & BARBER, 2009).

Nos estacionamentos de Belém, de uma forma geral, não há nenhum tipo de medida sendo aplicada para remover a carga de sólidos ou metais do escoamento da limpeza do pavimento do estacionamento. Ou seja, todo escoamento oriundo da limpeza, o qual contém elevadas cargas de sólidos e metais, é lançado diretamente no sistema de águas pluviais urbano.

Alguns estudos como Barrett et al. (2006), conseguiram remover, através de um pavimento chamado *porous friction*, em média 75%, 76% e 93% de Cu total, Zn total e Pb total, nesta ordem, do escoamento de uma rodovia. Porém existem outras mídias como lagoas nas quais Taylor et al. (2001) reportaram eficiência de 99% para Cu total, 93% para Zn total e 99% para Pb total. Hilliges, Schriewer e Helmreich (2013), também em seu estudo com sistema de calhas e filtros alcançaram valores significantes de remoção na ordem de 95,2%, 99,5% e 100% para Cu total, Zn total e Pb total, respectivamente. Há ainda diversos outros estudos usando métodos, mídias e adaptações diferentes na busca de remover poluentes na drenagem de águas em asfaltos e que possam ser economicamente e ambientalmente viáveis. Com relação à SST esses autores também apresentam boas taxas de eficiência na remoção de sólidos como 94% em Taylor et al. (2001), 94% Barrett et al. (2006) e 100% (HILLIGES, SCHRIEWER, & HELMREICH, 2013). Todavia, é necessário realizar um estudo de para estabelecer a melhor forma de tratamento baseado nos custos de implantação, meta de redução e espaço disponível.

4. Conclusão

Elevadas concentrações de SST, metais pesados (Zn, Pb, Cu, Cr, V, Ni e Cd) e P foram encontradas na drenagem da limpeza do estacionamento de veículos. As concentrações de todos os elementos de interesse estão dentro dos padrões da CONAMA 430, porém estes valores representam apenas uma estimativa simplificada do escoamento do estacionamento, sendo necessários novos estudos mais complexos para se calcular com maior precisão tal carga. Desta forma, com o presente estudo, é demonstrado que ambientes como estacionamentos e garagens são grandes fontes de contaminantes para o meio ambiente, pois com a lavagem, seja manual ou por um evento pluvial, há o carregamento de diversos poluentes que se acumulam na superfície do pavimento. A correlação encontrada entre SST, metais se mostrou positiva, apontando assim para a inevitabilidade do uso de algum sistema que minimize as concentrações de sólidos e conseqüentemente de metais carregados para o ambiente. A ordem decrescente de correlação foi da seguinte escala Pb > V > Cr > Ni > Zn > Cd > Cu.

Considerando este estudo, a escolha por um ambiente semifechado foi o primeiro passo para poder realizar a caracterização da concentração desses contaminantes em um ambiente parcialmente controlado nas limpezas do pavimento por agentes externos como precipitação. Logo este estudo foi um passo inicial na quantificação de poluentes em espaços de estacionamento em Belém e, possivelmente, outras localidades do Brasil. Espera-se que o presente trabalho ajude estudos posteriores na aplicação de novas pesquisas em locais abertos na região metropolitana de Belém.

Em suma, precisa-se de mais estudos que visem à quantificação de poluentes na drenagem urbana de águas pluviais e limpeza de estacionamentos, assim como estudos que possam realizar a identificação exata das principais fontes desses poluentes. Deve-se frisar que para tais estudos precisam-se incluir outros parâmetros como intensidade de chuva, volume pluviométrico, área de drenagem, uso do solo, além de considerar o tráfego local e dias antecedentes de estiagem (OPHER e FRIEDLER, 2010; GAN et al., 2008; FINNEY, 2010).

Por fim, ressalta-se que trabalhos como este, aliado com Políticas Públicas e medidas de tratamento de poluição em drenagem urbana contribuem para criação de uma cidade mais sustentável e melhor qualidade ambiental do meio urbano, ou seja, para o desenvolvimento sustentável do meio urbano.

Bibliografia

- ARYAL, R., VIGNESWARAM, S., KANDASAMY, J., & NAIDU, R. (2010). Urban Stormwater quality and treatment. *Korean Journal of Chemical Engineering*, 27(5), pp. 1343-1359.
- BARRETT, M. E., KEARFOTT, P., & MALINA, J. F. (2006). Stormwater Quality Benefits of a Porous Friction Course and its Effect on Pollutant Removal by Roadside Shoulders. *Water Environment*

Research, 78(11), pp. 2177-2185.

- CONAMA. (2011). *Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA*. Acesso em 11 de setembro de 2015, disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>
- FINNEY, K. (2010). *Compost biofilters for highway stormwater runoff treatment*. Tese de Mestrado, University of Guelph, Faculty of Graduate Studies, Guelph.
- FLINT, K. R., & DAVIS, A. P. (2007). Pollutant Mass Flusing Characterization of Highway Stormwater Runoff from an Ultra-Urban Area. *Journal of Environmental Engineering*, 133(6), pp. 616-626.
- GAN, H., ZHUO, M., LI, D., & ZHUO, Y. (2008). Quality Characterization and Impact Assessment of Highway Runoff in Urban and Rural Area of Guangzhou, China. *Environmental Monitoring & Assessment*, 140, pp. 147-159.
- GUNAWARDENA, J., EGODAWATTA, P., AYOKO, G. A., & GOONETILLEKE, A. (2012). Role of Traffic in Atmospheric Accumulation of Heavy Metals and Polycyclic Aromatic Hydrocarbons. *Atmospheric Accumulation*, 54, pp. 502-510.
- GUNAWARDENA, J., EGODAWATTA, P., AYOKO, G. A., & GOONETILLEKE, A. (2013). Atmospheric Deposition as a Source of Heavy Metals in Urban Stormwater. *Atmospheric Accumulation*, 68, pp. 235-242.
- HILLIGES, R., SCHRIEWER, A., & HELMREICH, B. (2013). A three-stage treatment system for highly polluted urban road runoff. *Journal of Environmental Management*, 128, pp. 306-312.
- ISTENIČ, e. a. (2012). Improved urban stormwater treatment and pollutant removal pathway in amended wet detention ponds. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 47, pp. 1466-1477.
- KIM, D. G., JEONG, K., & KO, S. O. (2014). Removal of road deposited sediments by sweeping and its contribution to highway runoff quality in Korea. *Environmental Technology*, 35(20), pp. 2546-2555.
- KIM, S. R., DOMINICI, F., & BUCKLE, T. J. (2007). Concentration of Vehicle-related Air Pollutants in an Urban Parking Garage. *Environmental Research*, 105, pp. 291-299.
- LAU, S., & STENSTROM, M. K. (2005). Metals and PAHs adsorbed to street particles. *Water Research*, 39, pp. 4083-4092.
- LEONELLI, e. a. (2012). Climatic isotopic signals in tree rings masked by air pollution: a case study conducted along the Mont Blanc Tunnel access road (Western Alps, Italy). *Atmospheric Environment*, 61, pp. 169-179.
- MACKAY, A. A., ZIKE, S., MAHONEY, J., & BUSHEY, J. T. (2011). Roadway runoff water quality from milled and unaltered surfaces during convective storms. *Journal of Environmental Engineering*, 37(12), pp. 1165-1175.
- MACKINNON, G., MACKENZIE, A., COOK, G., PULFORD, I., DUNCAN, H., & SCOTT, E. (2011). Spatial and temporal variation in Pb concentration and isotopic composition in road dust, farmland soil and vegetation in proximity to roads since cessation of use of leaded petrol in UK. *Science of the Total Environment*, 409, pp. 5010-5019.
- NELSON, S. S., YONGE, D. R., & BARBER, M. E. (2009). Effects of Road Salts on Heavy Metal Mobility in Two Eastern Washington Soils. *Journal of Environmental Engineering*, 135, pp. 505-519.
- OPHER, T., & FRIEDLER, E. (2010). Factors affecting highway runoff quality. *Urban Water Journal*, 7(3), pp. 155-172.
- PRECIADO, H., LI, L., & WEIS, D. (2007). Investigation of past and present multi-metal input along two highways of British Columbia, Canada, using lead isotopic signatures. *Water Soil Air*

Pollution, 184, pp. 127-139.

SHINYA, M., TSUCHINAGA, T., KITANO, M., YAMADA, Y., & ISHIKAWA, M. (2000). Characterization of Heavy Metals and Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Urban Highway Runoff. *Water Science & Technology*, 42(7-8), pp. 201-208.

SILVA, E. P., SIQUEIRA, E. Q., & LEANDRO, W. M. (2015). Metais tóxicos em sedimentos urbanos de superfícies asfálticas. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 20(1), pp. 226-236.

TAYLOR, S., BARRETT, M., BORROUM, J. S., & CURRIER, B. (2001). Stormwater treatment with a wet pond: study case. *Wetlands Engineering & River Restoration*.

USEPA. (2013). *Stormwater to Street Trees: Engineering urban forests for stormwater management*. Washington, DC: Office of Wetlands, Oceans and Watersheds Nonpoint Source Control Branch.

WANG, S., HE, Q., AI, H., WANG, Z., & ZHANG, Q. (2013). Pollutant concentrations and pollution loads in stormwater runoff from different land uses in Chongqing. *Journal of Environmental Sciences*, 25(3), pp. 502-510.

WINSTON, R., HUNT III, W., OSMOND, D. L., LORD, W., & WOODWARD, M. (2011). Field evaluation of four level spreader-vegetative filter strips to improve urban storm-water quality. *Journal of Irrigation and Drainage*, 137, pp. 170-182.

1. Email: engamgardenio@gmail.com

Revista ESPACIOS. ISSN 0798 1015
Vol. 38 (Nº 09) Año 2017

[Índice]

[En caso de encontrar algún error en este website favor enviar email a webmaster]

©2017. revistaESPACIOS.com • Derechos Reservados