

III-215 - AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM SISTEMAS DE MICRO DRENAGEM URBANA – ESTUDO DE CASO EM CAMPUS UNIVERSITÁRIO

Rodrigo Eduardo Cordoba⁽¹⁾

Doutorando (Hidráulica e Saneamento), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo

Marco Aurélio Soares de Castro⁽²⁾

Doutorando (Hidráulica e Saneamento), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo

Leandro Guimarães Bais Martins⁽³⁾

Doutorando (Hidráulica e Saneamento), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo

Valdir Schalech⁽⁴⁾

Professor Associado, Departamento de Hidráulica e Saneamento, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo

Endereço^(1,2,3,4): Av. trabalhador Sancarlenense, 400 – Cx. Postal 359 - Centro – São Carlos – SP - CEP: 13566-590 - Brasil - Tel: +55 (16) 3373-9571 - Fax: +55 (16) 3373-9550 - e-mail: cordoba@usp.br

RESUMO

O trabalho teve como objetivo principal avaliar os impactos negativos causados pelos resíduos sólidos coletados em sistemas de micro drenagem em um campus universitário. Para tanto, foi realizado um estudo de caso em quatro etapas - avaliação da área em estudo; desenvolvimento de estruturas para captura dos resíduos; quantificação e caracterização qualitativa – caracterização gravimétrica; e proposição de medidas para gestão e gerenciamento desses resíduos. Resultados apontaram que o campus conta com um sistema de drenagem eficiente com manutenção periódica. Para captura dos resíduos a utilização de caixas plásticas perfuradas demonstrou ser eficiente. Na caracterização gravimétrica a matéria orgânica foi predominante representando 95,5%, seguida de resíduos da construção civil (2,4%), plásticos (1,6%), rejeitos (0,4%) e metais (0,1%). Por fim, recomenda-se o uso de estruturas de captação de resíduos em conjunto com programas de compostagem para realizar a destinação ambientalmente adequada dessa matéria orgânica predominante.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos sólidos, drenagem urbana, resíduos de limpeza urbana, resíduos de poda e capina, compostagem.

INTRODUÇÃO

A Lei 11445/2007 define Saneamento básico como o conjunto de serviços, infra-estruturas e instalações operacionais de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, e drenagem e manejo das águas pluviais urbanas (BRASIL, 2007). O texto ainda especifica as atividades que compõem o serviço público de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos urbanos:

- coleta, transbordo e transporte dos resíduos
- triagem para fins de reúso ou reciclagem, de tratamento, inclusive por compostagem, e de disposição final
- de varrição, capina e poda de árvores em vias e logradouros públicos e outros eventuais serviços pertinentes à limpeza pública urbana (BRASIL, 2007)

A Lei 12.305/2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos, definiu os resíduos quanto à origem e à periculosidade, apresentando ainda a hierarquia de estratégias a serem consideradas em sua gestão e gerenciamento (da não geração à disposição final).

O arcabouço legal brasileiro procura, entre outros objetivos, equacionar, mitigar e evitar os diversos impactos negativos trazidos pelo processo de urbanização observado no país, frequentemente veloz e desordenado: a urbanização traz como resultados a impermeabilização do solo, o que aumenta o volume de águas pluviais que é escoado superficialmente e que deve ser recolhido pelos sistemas de drenagem urbana. Em conjunto com

fatores como o aumento nos padrões insustentáveis de consumo e práticas inadequadas de manejo, também gera um aumento na quantidade de resíduos detectados na drenagem urbana.

Os resíduos sólidos urbanos têm composição bastante heterogênea em termos de materiais constituintes, sendo de modo geral constituídos de parcelas orgânicas (degradáveis) e inorgânicas (degradáveis), cada qual podendo impactar o meio ambiente de forma característica – aqueles pela sua degradação, que compromete a qualidade da água e põe em risco a fauna aquática e mesmo a saúde humana; estes, por seu volume ou peso, que pode causar assoreamento ou entupimento de dutos, comprometendo a drenagem e causando alagamentos.

Assim, é fundamental analisar a parcela de resíduos sólidos que não é coletada pelos serviços de limpeza urbana e acaba por atingir os sistemas de drenagem, de modo a avaliar a eficiência destes, bem como identificar possíveis utilizações de tais resíduos, tenho em mente que a Política Nacional de Resíduos Sólidos prevê uma hierarquia de alternativas de gestão e gerenciamento que prioriza, além da não geração e da redução, a reutilização, reciclagem e o tratamento, inclusive por compostagem, dos resíduos.

Este trabalho teve como objetivo principal avaliar os impactos negativos causados pelos resíduos sólidos coletados em sistemas de micro drenagem em um campus universitário. Para alcançar o objetivo principal, foram delineados os seguintes objetivos específicos: avaliação do sistema de micro drenagem do campus; desenvolvimento de estruturas para captura dos resíduos de limpeza urbana que atingem o sistema de micro drenagem; determinação a composição gravimétrica desses resíduos; avaliação a relação das precipitações com as quantidades de resíduos coletados; proposição de medidas de gestão e gerenciamento desses resíduos.

URBANIZAÇÃO E A POLUIÇÃO DIFUSA

Tucci (1997) aponta o significativo crescimento da população urbana no Brasil, em um processo de urbanização que não foi acompanhado de similar crescimento e desenvolvimento da infraestrutura adequada. Esta situação agrava os potenciais impactos do processo de urbanização, tais como:

- a impermeabilização das superfícies, que faz com que uma significativa parte da água que antes infiltrava-se no solo, passe a escoar; isto, combinado com o aumento da capacidade de escoamento através de condutos e canais, resulta no aumento das vazões máximas;
- redução da evapotranspiração do escoamento subterrâneo e lençol freático;
- aumento da produção de sedimentos devido à remoção de cobertura natural e à geração de resíduos sólidos;
- deterioração da qualidade de águas superficiais, principalmente no início das chuvas pela drenagem das águas que carregam material sólido e lavam as superfícies urbanas.

Von Sperling (1996) define a poluição das águas como sendo a adição de substâncias ou formas de energia que alterem, direta ou indiretamente, a natureza do corpo d'água de forma que prejudique os legítimos usos que dele são feitos.

Dentre os principais agentes poluidores de águas - sólidos em suspensão, matéria orgânica biodegradável, nutrientes, patogênicos, matéria orgânica não biodegradável, metais pesados e sólidos inorgânicos dissolvidos - a drenagem superficial constitui uma fonte significativa dos quatro primeiros.

A poluição veiculada pela drenagem constitui um exemplo típico de poluição difusa, que atinge um corpo d'água de forma distribuída ao longo de parte de sua extensão, ao contrário da poluição pontual, que se dá de forma concentrada no espaço – como, por exemplo, um emissário descarregando esgotos em um determinado ponto de um rio (VON SPERLING, 1996). A poluição difusa em áreas urbanas é gerada pelo escoamento superficial proveniente da deposição de poluentes, de maneira esparsa, sobre a área contribuinte da bacia hidrográfica em questão; esta poluição é proveniente de atividades como a deposição atmosférica e o escoamento superficial urbano e se apresenta de forma bastante diversificada, dependendo de fatores como uso e ocupação do solo, densidade populacional, estações do ano, topografia, geologia e das características e frequência das precipitações (BRITES, 2005). A autora ressalta que uma característica marcante da poluição difusa é a variabilidade na concentração de poluentes lançados nos corpos d'água, o que dificulta o estabelecimento de diferenças na produção de cargas poluentes.

Apesar disto, a identificação das fontes geradora da poluição difusa torna-se de relevante importância para a avaliação correta do seu potencial poluidor, dos impactos gerados e também para a determinação de medidas de controle adequadas (BRITES, 2005).

RESÍDUOS SÓLIDOS EM SISTEMAS DE DRENAGEM URBANA

Inicialmente, cabe apresentar a definição dos tipos de resíduos sólidos considerados no estudo, conforme a Lei 12305/10 (Política Nacional de Resíduos Sólidos). Os resíduos domiciliares são aqueles originários de atividades domésticas em residências urbanas (BRASIL, 2010a). São de composição bastante heterogênea; como exemplos, citam-se: restos de alimentos, papel, papelão (jornais, livros, revistas, folhetos de propaganda, embalagens de papel, e toalhas de papel e papelão ondulado), plásticos, borracha e couro, têxteis, restos de poda e capina, madeira, vidro, latas de aço ou alumínio, outros metais (ferrosos e não ferrosos), cinzas e folhas, além de resíduos especiais (incluindo resíduos volumosos, eletroeletrônicos) e resíduos domiciliares perigosos (pilhas, óleo, pneus, além de equipamentos contendo metais pesados, como baterias de níquel-cádmio (TCHOBANOGLIOUS et al, 1993; PICHTEL, 2005). Ainda conforme a Lei 12305/10, os resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviço podem, em razão de sua natureza, composição ou volume, ser equiparados aos resíduos domiciliares pelo poder público municipal, caso sejam caracterizados como não perigosos, (BRASIL, 2010a).

Os resíduos de limpeza urbana originam-se da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana; são constituídos por resíduos de varrição, poda e capina, além dos resíduos coletados de áreas públicas, como parques, praças e praias.

Por sua vez, os resíduos de serviços públicos de saneamento básico (RSPSB) são definidos como “*os gerados nessas atividades*”, excetuados os resíduos sólidos urbanos.

Os Resíduos da Construção Civil (RCC) são aqueles os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluindo os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis (BRASIL, 2010a)

Quanto à presença de resíduos sólidos em drenagem urbana, Tucci (2004) aponta três estágios característicos do processo de urbanização, sendo que cada um deles apresenta características distintas quanto ao tipo de resíduos lançados em um sistema de drenagem:

- estágio inicial: modificação da cobertura da bacia pela retirada da proteção natural; o solo fica desprotegido; no período chuvoso há o aumento da erosão e consequentemente da produção de sedimentos. Nesta fase existe predominância dos sedimentos e pequena geração de resíduos sólidos urbanos;
- estágio intermediário: parte da população está estabelecida e ainda existe importante movimentação de terra devido a novas construções, o que causa, respectivamente, geração de resíduos sólidos urbanos e geração de sedimentos;
- estágio final: observa-se o grau mais elevado de urbanização; praticamente todas as superfícies urbanas estão consolidadas, com apenas algumas áreas de construção ou sem cobertura consolidada. Desse modo, predomina a geração de resíduos sólidos urbanos, ocorrendo geração de uma pequena parcela de sedimentos.

Neste último estágio, Tucci (2004) indica que a quantidade de sólidos totais que chegam à drenagem é função de fatores como: frequência e cobertura da coleta de resíduos domiciliares; frequência da limpeza das ruas; forma de disposição dos resíduos pela população; e frequência da precipitação.

Armitage e Rooseboom (2000) dividem os resíduos encontrados em drenagem urbana em oito tipos:

- Plásticos: sacolas, embalagens, recipientes, garrafas, caixas, fitas cassetes, seringas, utensílios
- Papéis: embalagens, jornais, folhetos, embalagens de comida e bebida, papelão
- Metais: chapa metálica, latas, tampinhas de garrafa
- Vidro: garrafas, cacos
- Vegetação: ramos e folhas de árvores, frutas e vegetais podres

- Animais: cães e gatos mortos, esqueletos variados
- Material de construção: venezianas, tábuas, postes de madeira, tijolos quebrados, pedaços de concreto
- Outros: roupas velhas, sapatos, panos, esponjas, lápis, canetas, bitucas de cigarros, pneus.

Segundo a Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública (ABRELPE, 2011) a geração média de resíduos sólidos urbanos por habitante é de 381,6 kg/ano, ou 1,06kg/dia. Desse total 342,1 kg/hab/ano (ou 0,95 kg/hab/dia) são coletados. Há portanto, um remanescente de 39,5 kg/hab/ano ou 0,11 kg/hab/dia que não são coletadas. Uma parcela deste valor inevitavelmente será encaminhada para os sistemas de drenagem urbana; no entanto, Tucci (2002) já apontava a falta de informações significativas, nem mesmo em nível internacional, sobre a quantidade de resíduos que são retidos na drenagem.

Para Armitage & Rooseboom (2000), é importante estimar a quantidade de resíduos que adentram sistemas de drenagem, pois ela determinará, entre outros aspectos, a frequência da limpeza das galerias. Contudo, a taxa de geração desses resíduos é muito variável, dependendo de um grande número de fatores independentes entre si, como:

- Característica predominante da região – comercial, residencial, industrial;
- Densidade do desenvolvimento;
- Nível socioeconômico da comunidade: a geração e as características dos resíduos variam de região para região;
- Tipo de atividade industrial: algumas indústrias tendem a produzir mais resíduos que outras;
- Frequência e intensidade das chuvas: resíduos tendem se acumular até serem coletados pelo serviço de limpeza urbana ou serem levados por enxurradas até as galerias de drenagem; períodos de seca maiores significam mais oportunidades para a coleta ocorrer, mas também tendem a resultar em volumes maiores de resíduos sendo lançados no sistema de drenagem, por ocasião das primeiras chuvas da estação;
- Tipo de vegetação: os autores lembram que determinadas árvores têm folhas maiores que outras, sendo portanto de decomposição mais demorada;
- Eficiência e eficácia do serviço de limpeza urbana da região;
- Nível de consciência ambiental da comunidade, que pode resultar na redução no uso de certos produtos, na reutilização ou reciclagem de outros, ou ao menos da disposição adequada dos resíduos para coleta em lugar do simples lançamento em calçadas ou sarjetas;
- Dispositivos legais e eficiência na fiscalização, incluindo a efetiva aplicação de multas de valor adequado (ARMITAGE & ROOSEBOOM, 2000).

IMPACTOS CAUSADOS PELOS RESÍDUOS SÓLIDOS

A bibliografia relata inúmeras formas de impactos causados pelos resíduos sólidos em sistemas de drenagem urbana (ARMITAGE & ROOSEBOOM, 2000; TUCCI, 2002; BRITES, 2005): citam-se, de início, os aspectos visuais e olfativos desagradáveis, por conta da degradação de parte da massa de resíduos.

Há riscos para a fauna aquática, pela perturbação do habitat natural devida à degradação da qualidade da água e eventual impacto ou ingestão de resíduos.

A saúde humana também pode ser prejudicada, com o aumento na propagação de doenças, contaminação da água pela putrefação do conteúdo no interior de garrafas e latas, ou organismos patogênicos em seringas e outros objetos descartados, além da eventual presença de substâncias como metais pesados, que podem se acumular ao longo da cadeia alimentar, atingindo os seres humanos.

Destaca-se ainda a possibilidade de entupimento de bocas de lobo, obstrução de sarjetas e assoreamento de galerias e canais (SÃO PAULO, 2012), prejudicando o escoamento e mesmo impedindo o funcionamento hidráulico dos sistemas de drenagem (BRITES, 2005). Este quadro acarreta custos significativos com as operações de limpeza, gerando portanto impactos de ordem econômica.

Após alcançarem a rede de drenagem, os resíduos são transportados através dos condutos, arroios, rios, lagos e estuários até eventualmente alcançarem o mar. Frequentemente, podem permanecer fixos na vegetação ao longo das margens dos arroios, rios ou lagos, ou espalhados ao longo das praias (BRITES, 2005).

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho adotou como estratégia de pesquisa uma combinação de revisão bibliográfica e estudo de caso. A revisão bibliográfica concentrou-se nos seguintes tópicos específicos: resíduos sólidos, sistemas de drenagem urbana e dispositivos ('armadilhas') para coleta de resíduos.

Estudos de caso são investigações pormenorizadas de uma unidade em estudo específica. No caso, o estudo foi realizado em um campus universitário situado em área urbana do município de São Carlos (SP).

O estudo foi realizado em quatro etapas. Inicialmente, foi feita a avaliação da área em estudo, em especial do sistema de micro drenagem existente. Para tanto, foram consultados mapas e relatórios fornecidos pela administração do campus, bem como entrevistas semiestruturadas com engenheiros responsáveis pela manutenção desse sistema. Também foram efetuadas investigações de campo mediante registros fotográficos, utilização de aparelhos GPS (Global Positioning System), imagens aéreas, mapas da área urbana e mapas das sub-bacias urbanas.

Na segunda etapa, foram desenvolvidas estruturas para captura dos resíduos que adentram o sistema de micro-drenagem, com base na revisão bibliográfica feita previamente. A terceira etapa consistiu na captura dos resíduos, seguida de sua quantificação e caracterização qualitativa – caracterização gravimétrica.

Finalizado o estudo de caso, foram então relacionadas às propostas relativas à gestão e gerenciamento dos resíduos identificados.

ÁREA DE ESTUDO

A área 1 do Campus da Universidade de São Paulo em São Carlos (SP) está localizada no centro da cidade, em uma região já urbanizada há décadas. A própria área do Campus mostra-se totalmente urbanizada.

Inicialmente, foi feita a avaliação da área em estudo voltada ao conhecimento do sistema de micro drenagem existente.

Esta foi feita por meio de:

- análise de mapas e relatórios fornecidos pela administração do campus,
- entrevistas semiestruturadas com engenheiros responsáveis pela manutenção desse sistema.

➔ *Trabalho do pessoal da SHS-319: segundo o Sr. Luiz, funcionário encarregado da manutenção da área de saneamento do campus, as canaletas de coleta de água pluvial não requerem manutenção constante, uma vez que são bastante largas e não apresentam acúmulo de resíduos. Os resíduos mais encontrados em tais canaletas são folhas de árvore e gravetos, não havendo presença significativa de resíduos domiciliares como latas de alumínio e PETs, exemplos comumente encontrados jogados em vias públicas e propícios a serem arrastados pelo vento e pela chuva para tais canais.*

- investigações de campo mediante utilização dos seguintes recursos: registros fotográficos, aparelhos GPS – Global Positioning System, imagens aéreas, mapas da área urbana e mapas das sub-bacias urbanas.

Os pontos de coleta estão localizados em duas redes de drenagem diferentes existentes no campus. A primeira rede recebe contribuição majoritária de uma área urbana externa ao campus, cortando a área sul deste. A segunda rede, na área norte, recebe apenas a drenagem interna do campus.

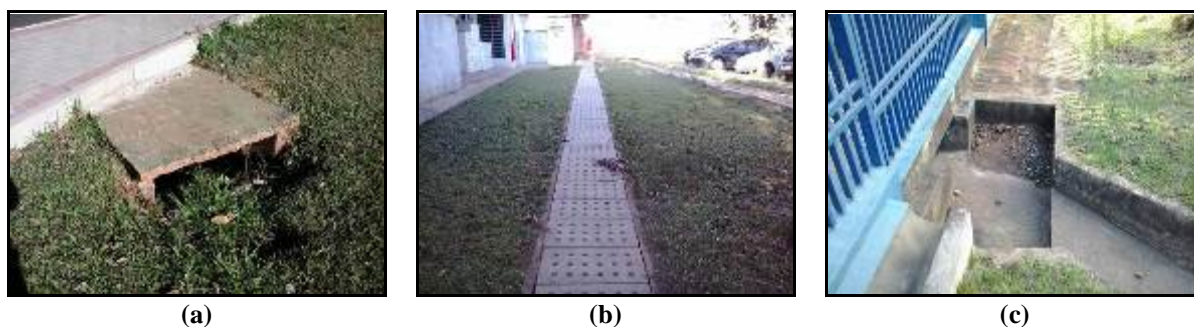


Figura 1: a) caixa de passagem pluvial ao norte do campus; b) sistema de drenagem que recebe a contribuição externa ao campus; c) sistema de drenagem após a contribuição externa e interna do campus (Fonte: os autores, 2012)

ESTRUTURAS PARA CAPTURA DE RESÍDUOS

A segunda etapa consistiu em planejar e instalar estruturas para captura dos resíduos que adentram o sistema de micro-drenagem. Inicialmente, procedeu-se a uma revisão bibliográfica específica, que apontou exemplos das diferentes estruturas ('armadilhas') desenvolvidas para esta finalidade:

- em córregos: Oliveira et al (2005) desenvolveram estrutura para captação de resíduos em córregos urbanos que envolveu a canalização de um trecho de 10 metros do corpo d'água analisado, no qual foi instalada uma gaiola basculável para captura e retirada dos resíduos. Silva et al (2011) utilizaram um dispositivo de captura fixado a um medidor de vazão construído em um trecho retilíneo do corpo d'água analisado. Brites e Gastaldini (2005), por sua vez, utilizaram redes feitas de telas de aço, instaladas transversalmente ao eixo dos rios.
- em sistemas de drenagem: Neves e Tucci (2003) apontam a utilização de cestas e redes presas aos condutos dos sistemas de drenagem.

Face à revisão empreendida, e considerando a menor escala do sistema de drenagem considerado, optou-se por utilizar armadilhas que consistiram basicamente em caixas plásticas gradeadas de três tamanhos diferentes; no sentido de garantir a melhor adaptação possível em cada ponto do sistema de drenagem, por vezes foi empregada uma combinação de duas caixas instaladas uma após a outra no sistema de drenagem.

Área norte

Ponto 1: recebe essencialmente a contribuição externa ao Campus; foi utilizada uma combinação de caixas, unidas com arame; em cada caixa foi colocado um pequeno bloco para evitar que o escoamento de água arrastasse as caixas pelo sistema de drenagem (Figura 2).

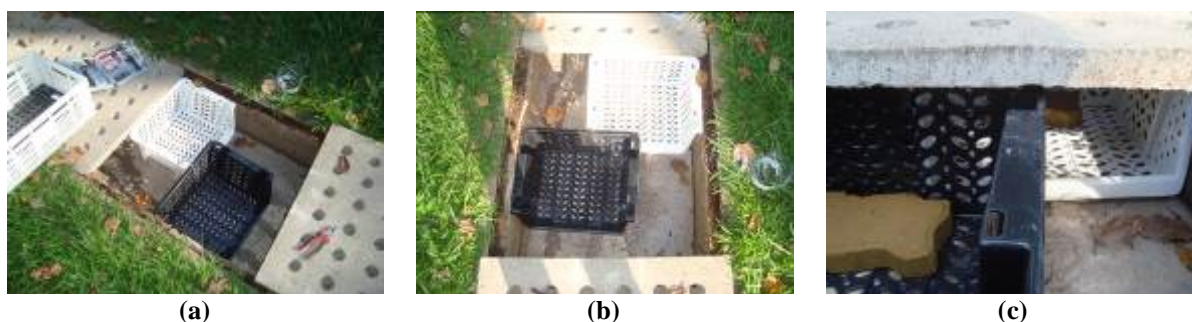


Figura 2: a) instalação das caixas; b) vista superior das caixas e fixação com arames; c) ancoragem com uso de blocos de concreto (Fonte: os autores, 2012)

Ponto 2 (próximo ao Departamento de Engenharia de Produção): recebe a soma das contribuições interna e externa do campus. Foi instalada uma caixa que foi também calçada por pesos, para evitar deslocamento (Figura 3).



Figura 3: a) instalação das caixas; b) vista superior das caixas e fixação com arames; c) ancoragem com uso de blocos de concreto (Fonte: os autores, 2012)

Ponto 3 (próximo ao edifício E1): recebe somente as contribuições interna. Foi instalada uma caixa no interior da boca de lobo (Figura 4).



Figura 4: a) local de instalação da caixa; b) vista superior da boca de lobo; c) caixa fixada em baixo da boca de lobo (Fonte: os autores, 2012)

Ponto 4 (próximo ao Instituto de Arquitetura e Urbanismo - IAU): recebe somente as contribuições interna. Foi instalada uma caixa no interior da boca de lobo (Figura 5).



Figura 5: a) local de instalação da caixa; b) vista superior da boca de lobo; c) caixa fixada em baixo da boca de lobo (Fonte: os autores, 2012)

CAPTURA E CARACTERIZAÇÃO GRAVIMÉTRICA E VOLUMÉTRICA DOS RESÍDUOS

Procedeu-se à retirada das armadilhas para caracterização gravimétrica junto ao Laboratório de Resíduos Sólidos, conforme Figura 6.

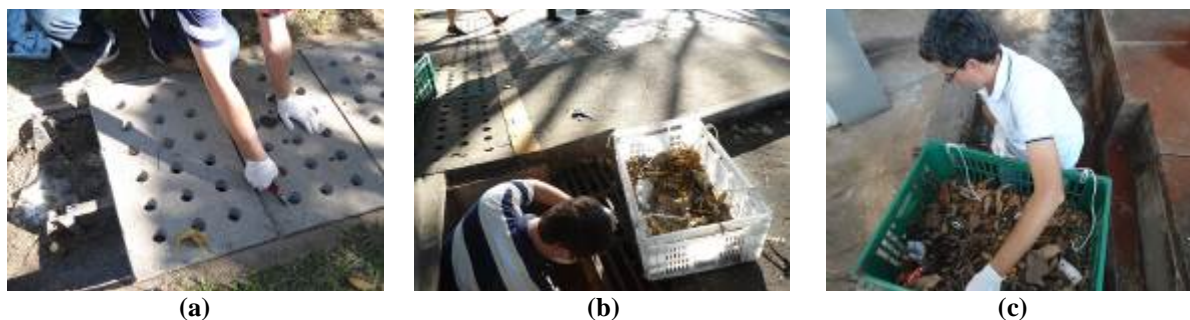


Figura 6: a) Retirada da armadilha Ponto 1; b) Retirada da armadilha Ponto 3; c) Retirada da armadilha Ponto 4 (Fonte: os autores, 2012)

Quando do momento da coleta, dos quatro pontos de coleta, apenas um apresentava os resíduos com um teor mais significativo de umidade. Assim, após a coleta, os resíduos foram espalhados sobre uma lona para se proceder à secagem, enquanto se procedia à caracterização das outras massas de resíduos coletadas.

Na caracterização, os resíduos foram divididos nos seguintes tipos, separados cada qual em um balde:

- matéria orgânica (folhas, galhos);
- plásticos (sacos, sacolas, embalagens de salgadinhos, copos);
- rejeitos (papéis, embalagens de papel, bitucas de cigarro, etc.);
- RCC (pedaços de tijolos, concreto e peças pré-moldadas, etc.);
- metais (latas de aço, alumínio, outros objetos metálicos).

Após a caracterização, foi feita a pesagem de cada um dos tipos de resíduo. Logo de início, a matéria orgânica destacou-se como o tipo mais presente. Desse modo, tais resíduos foram mantidos nos baldes para a pesagem, que foi feita em uma balança Toledo 3400, com capacidade para 30kg. Os demais resíduos, presentes em quantidades bem menores, eram transferidos para béqueres e pesados em uma balança Digimed com capacidade para 2kg.

A Figura 7 apresenta algumas fases do procedimento de caracterização gravimétrica.



Figura 7: a) Material coletado espalhado para secagem natural; b) Separação dos materiais; c) Rejeitos triados – bitucas de cigarro (Fonte: os autores, 2012)

Os resultados obtidos na caracterização em cada ponto estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Caracterização gravimétrica por ponto amostral

Material	ponto 1		ponto 2		ponto 3		ponto 4	
	peso (kg)	%	peso (kg)	%	peso (kg)	%	peso (kg)	%
Matéria orgânica	9,65	95,5	0,15	89,3	0,29	97,0	1,72	95,7
Plásticos	0,17	1,7	0,01	7,1	0,01	2,0	0,01	0,5
Rejeitos	0,03	0,3	0,01	3,6	0,00	1,0	0,01	0,7
RCC	0,25	2,5	0,00	0,0	0,00	0,0	0,04	2,4
Metais	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,01	0,7
total no ponto	10,10	100,0	0,17	100,0	0,30	100,0	1,80	100,0

A soma dos quatro pontos resultou nos valores apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Resumo da caracterização gravimétrica

Material	peso (kg)	%
Matéria orgânica	11,81	95,5
Plásticos	0,20	1,6
Rejeitos	0,05	0,4
RCC	0,30	2,4
Metais	0,01	0,1
TOTAL	12,37	100,0

O grande volume de matéria orgânica observado no ponto 1 deveu-se provavelmente à presença ainda grande de umidade e ao fato de que, como já mencionado, este ponto encontra-se em uma região que recebe contribuições de áreas externas ao Campus, onde há inclusive grande número de construções em andamento.

Assim, a terra de escavações, combinada com a água escoada, adere-se à matéria orgânica que adentra o sistema. As construções também podem ser responsáveis pelos RCC (fragmentos de concreto) coletados naquele ponto em particular.

Os rejeitos estavam presentes em volumes pouco significativos, sendo as bitucas de cigarro o material mais frequente.

CONCLUSÕES

As caracterizações confirmaram as primeiras impressões, comprovando o predomínio de matéria orgânica nos resíduos carreados pelo sistema de drenagem do Campus. Com relação aos principais impactos de resíduos em sistemas de microdrenagem mencionados na revisão, não foi observada nenhuma obstrução dos canais avaliados. Há, no entanto, histórico de ocorrências de extravasamento, sobretudo na área do ponto 1, assim futuras coletas e caracterizações também permitirão acompanhar eventuais comprometimentos dos canais pelo acúmulo de resíduos. De qualquer modo, após atravessarem o Campus, os resíduos acabam por atingir o sistema de drenagem da cidade e finalmente, o córrego que banha a região, podendo, desse modo, causar impactos ao longo deste percurso.

Ressalta-se a necessidade de adotar medidas para o diagnóstico dos resíduos sólidos carreados para os sistemas de drenagem urbana, de modo a definir medidas que visem não só a limpeza e a prevenção de assoreamentos e obstrução de galerias, mas também considerem a possibilidade de aproveitamento de tais resíduos.

No presente estudo de caso, uma vez que dentre os resíduos captados, predominou a matéria orgânica facilmente degradável, identifica-se a possibilidade de, após a coleta e triagem, encaminhar esta fração dos resíduos para um processo de compostagem – há inclusive, uma área no Campus para o desenvolvimento de atividades de compostagem, além da composteira do programa USP Recicla, que, entre outras atividades, desenvolve programas de educação ambiental, visando à redução na geração de resíduos.

Propõe-se, para essa coleta, a adoção de estruturas de captura de resíduos, semelhante aos dispositivos utilizados na pesquisa aqui descrita. Elas seriam periodicamente retiradas dos pontos de coleta e esvaziadas, após o que a fração orgânica poderia ser separada da massa total de resíduos, sendo posteriormente encaminhada para compostagem.

Uma medida como essa contemplaria a um só tempo o que está expresso na Política Nacional de Saneamento Básico – a triagem dos resíduos, no caso para compostagem, como atividade de limpeza urbana e manejo de resíduos – e na Política Nacional de Resíduos Sólidos, que aponta a necessidade de destinação final ambientalmente adequada, privilegiando alternativas de reuso, reciclagem e tratamento em lugar da simples disposição em aterros, prevista apenas para os rejeitos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARMITAGE, N.; ROOSEBOOM, A. The removal of urban litter from stormwater conduits and streams: Paper 1 - The quantities involved and catchment litter management options. *Water S.A.*, v. 26, n. 2, p. 181-187, 2000.
2. BRASIL. Lei no 11.445 de 6 de janeiro de 2007. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília-DF, 8 de janeiro de 2007.
3. _____. Lei no 12.305 de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos no Brasil. *Diário Oficial da União*, Brasília-DF, 02 de agosto de 2010.
4. _____. Decreto no 7.404 de 23 de dezembro de 2010. Regulamenta a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília-DF, 23 de dezembro de 2010.
5. BRITES, A. P. Z. Avaliação da qualidade da água e dos resíduos sólidos no sistema de drenagem urbana. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Área de Concentração em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM,RS). 128 p. 2005.
6. BRITES, A. P. Z.; GASTALDINI, M.C.C. Estudo comparativo do lançamento de resíduos sólidos na drenagem urbana em duas bacias hidrográficas. In: XXIII Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental - Saneamento ambiental Brasileiro: Utopia ou realidade?. Rio de Janeiro/RJ: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, p.1-8, 2005.
7. NEVES, M. G. F. P.; TUCCI, C. E. M. Gerenciamento integrado em drenagem urbana: quantificação e controle de resíduos sólidos. In: XIV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos - Desafios à Gestão da Água no Limiar do Século XXI. Curitiba/PR: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003. v. 1. p. 1-16.
8. OLIVEIRA, A. L.; SCHETTINI, E.B.C.; SILVEIRA, A.L.L. Captação e caracterização de resíduos sólidos de arroio urbano. VI Encontro Nacional de Águas Urbanas. Belo Horizonte, 18 a 20 de maio de 2005. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/arroiodiluvio/copy_of_sobre-o-arroio-diluvio/Artigo_VI%20ENAU_residuos%20Solidos%20Mae%20dAgua.pdf>. Acesso em 04 set. 2012.
9. SÃO PAULO. Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano. Manual de Drenagem e manejo de águas pluviais – vol. 2: aspectos tecnológicos; fundamentos, São Paulo: SMDU. 220 p. 2012.
10. SILVA, A.S.; SILVEIRA, G.L.; WOLFF, D.B.; CRUZ, J.C. Captura de Resíduos Sólidos Drenados em uma Bacia Hidrográfica Urbana. *RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos* v. 16, n.4 (Out/Dez), 149-155, 2011.
11. TUCCI, C. E. M. Plano diretor de drenagem urbana: princípios e concepção. *RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 2, n. 2 (Jul/Dez), 5-12, 1997.
12. VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 2. ed., Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 243 p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, v. 1). 1996.