ELABORAÇÃO DE ARMADILHAS PARA QUANTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM BACIAS URBANAS

Pedro Paulo Martins de Carvalho[1]; Luciene da Silva[2], Marllus Gustavo Ferreira Passos das Neves[3]& Yuri Barbosa dos Santos[4]

RESUMO – Este artigo mostra um projeto preliminar de uma estrutura de retenção de resíduos sólidos (armadilha de resíduos sólidos) a ser colocada em uma pequena bacia urbana em Maceió, Alagoas. Esta estrutura está baseada em estudos anteriores e o local foi escolhido porque a bacia hidrográfica possui uso do solo homogêneo. Esta bacia tem uma área de 0,48 km^2. Um estudo preliminar é conduzido para verificar as cargas atuais no canal onde a armadilha será localizada.

ABSTRACT– This paper shows a design of a litter trap to be placed in an urban catchment, at Maceió, Alagoas, Brazil. The litter trap is based on previous studies. The place was chosen because the upstream urban catchment has homogeneous landuse. This catchment– has 0.48 km^2. A preliminary observation is conducted to verify the current loads in the channel were the trap will be located.

Palavras-Chave – Estrutura de captura de resíduos, Resíduos sólidos, Gestão ambiental.

1

[1]CTEC – Centro de Tecnologia – Universidade Federal de Alagoas, Campus A. C. Simões - Av. Lourival Melo Mota, s/n, Cidade Universitária - Maceió - AL, CEP:57072-900, (82) 8841-1260, pedropaulomdc@hotmail.com

[2]CTEC – Centro de Tecnologia – Universidade Federal de Alagoas, Campus A. C. Simões - Av. Lourival Melo Mota, s/n, Cidade Universitária - Maceió - AL, CEP:57072-900, (82) 8881-3939, lucienedepaulo@hotmail.com

[3]CTEC – Centro de Tecnologia – Universidade Federal de Alagoas, Campus A. C. Simões - Av. Lourival Melo Mota, s/n, Cidade Universitária - Maceió - AL, CEP:57072-900,- (82) 9105-6677, marllus@ctec.ufal.br

1 - INTRODUÇÃO

A gestão inadequada do desenvolvimento urbano se configura como uma causa dos impactos ambientais e consequente perda de qualidade de vida nas cidades dos países em desenvolvimento. O reflexo disto está em vários setores da infraestrutura urbana, como aquele que lida com a gestão das águas pluviais, enfrentando diversos problemas como o incremento da frequência e magnitude das inundações, e a degradação da qualidade da água. Esta degradação pode ser visualizada nos seus vários aspectos, dentre os quais a presença dos resíduos sólidos é notória.

Os resíduos sólidos podem ter diversas origens, mas em grandes centros urbanos, a origem que se destaca é aquela da população. Os resíduos podem vir na coleta domiciliar, na coleta em logradouros públicos, na coleta em serviços de saúde, dentre outros. Quando há deficiência na coleta ou na colaboração da população, os resíduos atingem os sistemas de drenagem. Estes últimos contribuem para as inundações e já são objeto de estudo de muitos pesquisadores em vários países.

Existem informações no Brasil sobre a quantidade coletada de resíduos sólidos, mas não existem informações suficientes nas prefeituras sobre a quantidade que fica retida na drenagem. Mesmo a nível internacional as informações são reduzidas.

Conforme Neves (2006) e Neves (2008b), os resíduos podem ser quantificados de duas formas: direta e a indireta. A quantificação direta geralmente é feita a partir da colocação de uma estrutura de retenção diretamente no curso de água. A quantificação indireta procurar estimar as cargas a partir de dados de população, uso do solo, coleta, precipitação, rotinas de limpeza, etc. Geralmente as cargas indiretas são potenciais e superestimam as cargas reais que ocorrem em uma seção de um curso d'água.

2 – OBJETIVOS

Este artigo mostra um trabalho em andamento na cidade de Maceió. Trata-se de uma pesquisa da Ufal inserida no contexto da Rede Hidroeco: Hidrograma ecológico e modelagem quali-quantitativa de bacias, por meio do subprojeto na rede intitulado H_2Urb: indicadores de eficiência quali-quantitativos de drenagem em bacias urbanas e peri-urbanas. Nela estão uma aluna de mestrado e dois alunos de iniciação científica.

[4]CTEC – Centro de Tecnologia – Universidade Federal de Alagoas, Campus A. C. Simões - Av. Lourival Melo Mota, s/n, Cidade Universitária

O objetivo deste artigo é mostrar o desenvolvimento de uma armadilha ou estrutura de retenção para os resíduos sólidos carreados para o riacho do Sapo e transportados neste até a seção localizada na saída da sub-bacia da Grota do cigano, com o objetivo de posteriormente, quantificar e caracterizar os resíduos. O trabalho também tem como objetivo identificar outros locais nas bacias dos riachos do Sapo e do Gulandim com boas condições de instalação deste tipo de dispositivo.

O trabalho busca apresentar também outras estruturas desenvolvidas por pesquisadores do Brasil e do mundo bem como os parâmetros analisados, as metodologias adotadas e alguns resultados obtidos. Estes trabalhos também serviram de base para os estudos realizados no riacho do sapo em Maceió.

3 - PESQUISAS EM QUANTIFICAÇÃO DE RESÍDUOS NO BRASIL

Na última década, no Brasil, foram iniciadas as pesquisas sobre resíduos sólidos na drenagem urbana. As primeiras publicações apareceram em eventos científicos, com a abordagem de revisão bibliográfica de trabalhos realizados em outros países. Nos anos de 2004 e 2005 surgiram mais artigos de congresso, apontando para a quantificação de resíduos em rios e também estudos de concepção de estruturas de retenção, como em Jaworowski et al. (2005). No ano de 2005, surgem dissertações de mestrado, como Brites (2005) e Armelin (2005), seguidas de publicações em congressos. No ano de 2006 surge uma tese de doutorado, seguida de artigos de revista em âmbito nacional, como Neves e Tucci (2008a e 2008b) e Silva et al. (2011), este em periódico internacional. Em 2009 saiu uma publicação em capítulo de livro, no âmbito de uma rede de pesquisa nacional, revisando o assunto (Marques *et al.*, 2009). Nos anos de 2010 e 2011, foi publicado um trabalho final de curso de graduação (Cervi, 2010), um capítulo de livro (Tucci *et al*., 2010), bem como a publicação em periódico nacional de Neves e Tucci (2011). Este artigo mostra um trabalho em andamento na Universidade Federal de Alagoas, contribuindo para o entendimento do problema.

4 - PESQUISAS SOBRE ARMADILHAS NO MUNDO E NO BRASIL

Neves e Tucci (2008a) fizeram uma revisão das pesquisas no tema. As armadilhas compõem as chamadas medidas estruturais de controle. Segundo os autores, dentre várias pesquisas realizadas sobretudo na África do Sul, Austrália e nova Zelândia, as que mostraram resultados mais promissores foram aquelas que testaram estruturas de retenção autolimpantes. Nelas, a água empurra o resíduo, limpando o segregador (tela ou grade). O resíduo é desviado para um local de

- Maceió - AL, CEP:57072-900,, (82) 9609-3019, yurao.santos@gmail.com
2

acumulação, onde a freqüência de limpeza é menor. No entanto, há uma desvantagem que é o requerimento de carga hidráulica alta e, em geral, uma grande área do terreno cercada.

Recentemente, uma pesquisa mostrou uma concepção deste tipo de armadilha. Com o intuito de minimizar o problema de poluição dos rios e mares por poluentes grosseiros (incluindo sedimentos de granulometria maior), o *Research Centre*, na Universidade de Sains, na Malásia, desenvolveu um modelo de estrutura intitulada *Gross Poluttant Traps* (GPT) para verificar o padrão de escoamento nela e o desempenho hidráulico da mesma, tentando não prejudicar o escoamento do canal.

A GPT testada é composta de uma estrutura que contém dois tipos de compartimentos: uma armadilha primária intercepta os resíduos em escoamento mais baixos e uma armadilha secundária presente em ambos os lados da armadilha primária para escoamentos mais altos ou para capturar o excedente de resíduos não capturados pela armadilha primária (Ver figura 1).

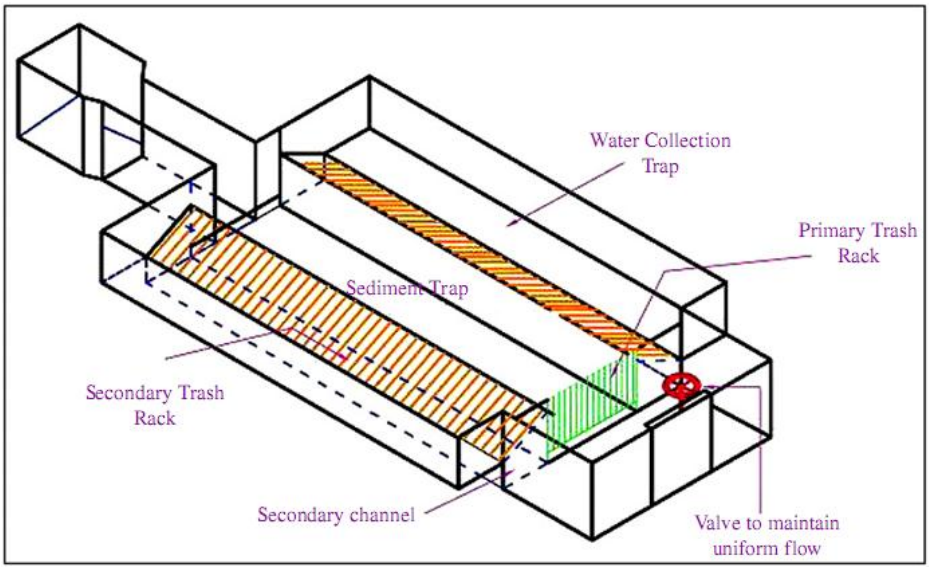


Figura 1 – Perspectiva do protótipo GPT (Ab. Ghani *et al.*, 2011)

Ab. Ghani *et al.* (2011) realizaram um estudo preliminar sobre vários locais na região norte da península da Malásia para investigar os tipos de poluentes e as características dos sedimentos no sistema de águas pluviais por meio de amostragem. A investigação foi realizada em um modelo de protótipo de laboratório usando taxas de fluxo e as características de resíduos sólidos comumente encontrados na Malásia. Medições do padrão de fluxo, distribuição de velocidade, quantidade de resíduos carreados, e o padrão de depósitos de sedimentos foram registrados e analisados.

A eficiencia da armadilha GPT foi testada com as profundidades de 0,3, 0,5 e 0,7 m e notou-se que a 0,3 m ocorre maior captura de resíduo. Isso mostra que a eficiencia da armadilha é inversamente proporcional a profundidade que é colocada. Além disso, durante maior fluxo, mais sedimentos são transportados ou suspenssos pela coluna de água, diminuindo assim a eficiência de captura. Para todas as profundidades de água testadas, a maior parte do sedimento foi preso dentro do GPT, devido à zona de baixa velocidade de fluxo criada pela expansão do canal inicial nos sedimentos da bacia.

Neves e Tucci (2008a) citam um trabalho com uma armadilha construída em um riacho urbano na cidade de Viamão-RS, com o objetivo de não necessitar de cargas hidráulicas mais altas. A figura 2 reproduz esta estrutura, cujos detalhes também se encontram em Jaworowski et al. (2005) e Marques *et al. (*2009).

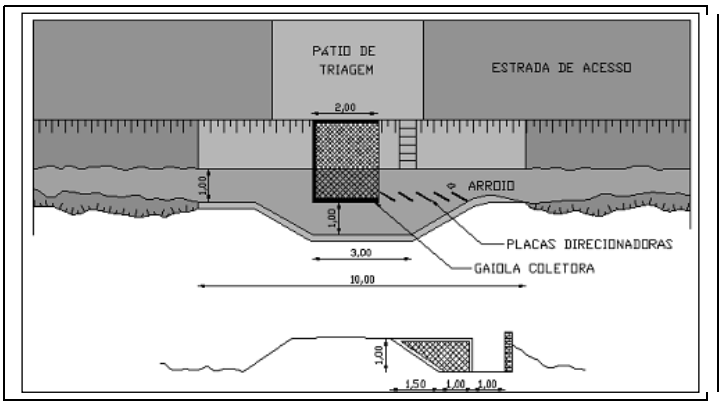


Figura 2 – Estrutura estudada em Viamão-RS (Neves e Tucci, 2008a).

Silva (2008) buscou quantificar e caracterizar resíduos carreados em uma pequena bacia (0,57 km²) no centro da cidade de Santa Maria, RS seguindo a norma padrão de cores do CONAMA n° 275, além de relacionar os resultados com os índices de precipitação. O estudo usou uma estação fluviométrica com calha Parshall (ver figura 3) como medidor de vazões, uma estrutura com cestos coletores (ver figura 3) para coleta de resíduos carreados e um piso para disposição e escoamento do excesso de umidade dos resíduos coletados.

(a) Calha Parshall

(b) Estrutura com cestos coletores

Figura 3 - Calha Parshall e Estrutura com cestos coletores.

O estudo era realizado da seguinte forma: a partir do registro de precipitação pluviométrica, uma equipe era mobilizada para colocação dos cestos na estrutura, era feita a disposição dos resíduos no piso e esperava-se aproximadamente dois dias para a saída da umidade, os resíduos eram quantificados, qualificados e acondicionados em sacos plásticos (conforme o padrão de cores do CONAMA) para posterior pesagem em balança de precisão. Situações de precipitações intensas em que havia obstrução na passagem da água deviam ser evitadas para não ocorrer inundações.

Inicialmente foi prevista a colocação de uma grade tipo harpa para evitar que o grande acúmulo de resíduos interferisse no monitoramento de vazões da calha e para avaliar a produção de resíduos da bacia. Mas foram encontradas dificuldades devido a grande quantidade resíduos presentes na bacia como o grande arraste de RSD, o rápido pico de cheia alcançado pela bacia e a dificuldade de limpeza da grade. Após o início do estudo, alguns moradores próximos a bacia relataram o surgimento de inundações que podiam afetar suas residências, porém no momento da pesquisa em que os resíduos tinham livre fluxo (entre 2008 e 2009), o problema continuou a ser constatado devido à obstrução nos bueiros à jusante dos cestos.

Das dez coletas realizadas, Silva observa que o acúmulo de resíduos é mais elevado em períodos de precipitação intensa e que ocorre maior porcentagem de resíduos da classe orgânica B marrom (67% da massa total) e dentre os de classe inorgânica, ocorre o plástico (14% da massa total). Foi feita a relação de cada tipo de resíduo quantificado por evento e a altura da precipitação fluviométrica onde Silva observa uma semelhança entre a quantidade de resíduo coletado e a precipitação registrada no período da coleta.

5 – METODOLOGIA

A metodologia do trabalho do estudo realizado no riacho do Sapo em Maceió foi baseada em geral, nos seguintes fatores: na análise das outras armadilhas já estudadas em outros trabalhos, tanto no Brasil quanto em outros países, na análise visual das bacias do Sapo e do Gulandim com o intuito de detectar trechos que apresentem vantagens e desvantagens para a implantação da armadilha; realização de uma pesquisa informal com os moradores da região dos riachos; realização de um levantamento das seções dos trechos dos riachos escolhidos como mais favoráveis à implantação da armadilha e elaboração de um projeto preliminar da armadilha.

Do procedimento de escolha do riacho bem como de seu trecho adequado para o estudo, os seguintes fatores foram levados em conta: observação da ocupação de residências e de movimentação de pessoas e veículos próximos aos riachos, que foi feita para evitar que moradores sejam afetados caso haja inundações devido à presença da armadilha, facilidade de acesso dos pesquisadores e dos responsáveis pelos serviços de limpeza urbana e viabilidade física da seção do canal para a instalação da armadilha. Foram analisados também: o desnível de trechos dos riachos e do riacho como um todo para evitar que a água escoe com elevada carga hidráulica prejudicando a armadilha e evitar que ocorra a possibilidade de inundações no trecho do canal estudado, segurança da armadilha no local, proximidade a um local adequado para deposição, secagem, caracterização e pesagem dos resíduos.

A entrevista informal foi realizada com três moradores próximos a cada trecho dos riachos e foi questionado sobre a ocorrência de inundação nos trechos dos canais. O resultado da entrevista foi unânime, onde todos os moradores entrevistados concordaram que os trechos estudados não chegaram a inundar mesmo em períodos chuvosos.

6 – ÁREA DE ESTUDO

O riacho escolhido pelos envolvidos no projeto foi o riacho do Sapo, cuja localização, na bacia do riacho Reginaldo (ver figura 4). Esta bacia é objeto de vários estudos, principalmente devido aos seguintes fatores: é um dos principais afluentes da principal bacia urbana de Maceió, possui sub-bacias que podem ser tratadas como de uso do solo homogêneo, é uma bacia de tamanho compatível com o nível detalhado de vários estudos, é acessível aos pesquisadores, entre outros. Na cabeceira do riacho do Sapo, onde está a sub-bacia da Grota do cigano, está em andamento o projeto de uma armadilha, pois a seção de saída da mesma atualmente faz parte do monitoramento de outros estudos, em nível de mestrado e de iniciação científica.

A seção do riacho escolhida para o projeto preliminar da armadilha está localizada próxima a Rua da Esperança (coordenadas 9°38’29’’ S e 35°42’34’’ O, dados do programa Google Earth),

conforme ilustra a linha amarela na figura 5. Neste trecho, está situado o exutório da sub-bacia da Grota do Cigano, que é caracterizado pelo uso do solo homogêneo, serviços de limpeza urbana, quantidade significativa de resíduos comuns em meio urbano que se espera encontrar no riacho e um levantamento topográfico de seções transversais realizado por causa também de outros estudos como de modelagem hidráulica do canal, medições de vazão e de qualidade da água.

Após a determinação do trecho do e riacho e da seção para a colocação da armadilha, foi realizado um levantamento do canal fazendo uso de um nível com o objetivo de determinar as dimensões da armadilha a ser projetada (ver figura 6). Foi planejado o uso de uma estrutura constituída de telas de aço galvanizado apoiadas em estruturas de perfil cantoneira e foi pensado em manter a altura da armadilha menor que a borda do canal com a intenção de evitar inundação em períodos chuvosos.

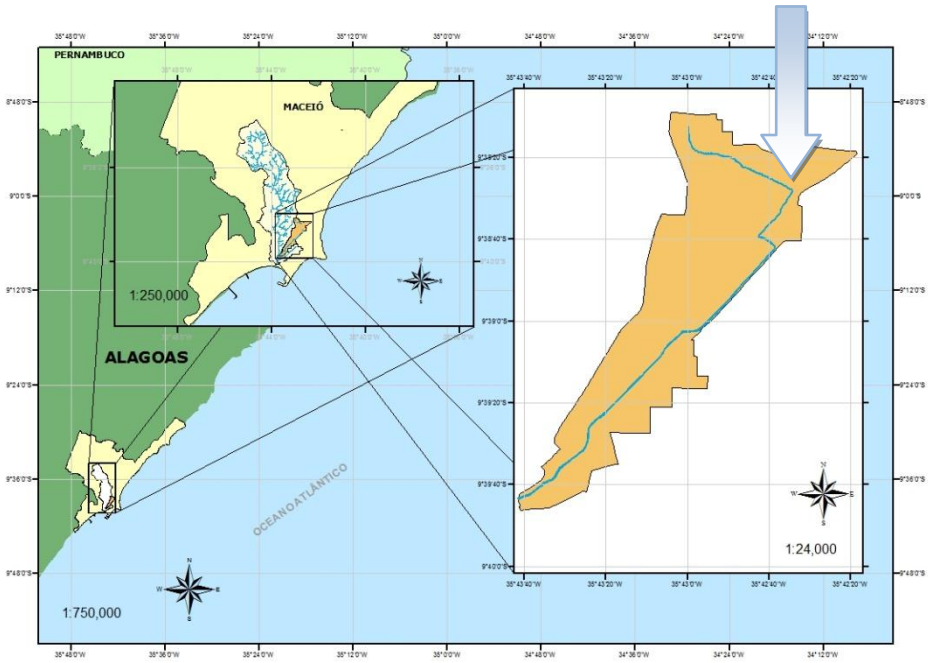


Figura 4 - Localização da bacia do Sapo e destaque do trecho do riacho escolhido para implantação da armadilha.

(a) Localização do ponto no trecho

(b) Seção escolhida

Figura 5 – Seção escolhida em amarelo para levantamento e projeto da armadilha de monitoramento.

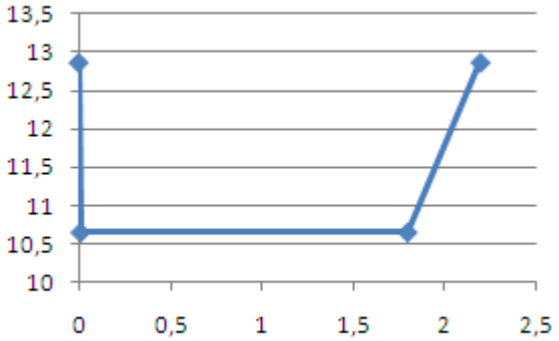
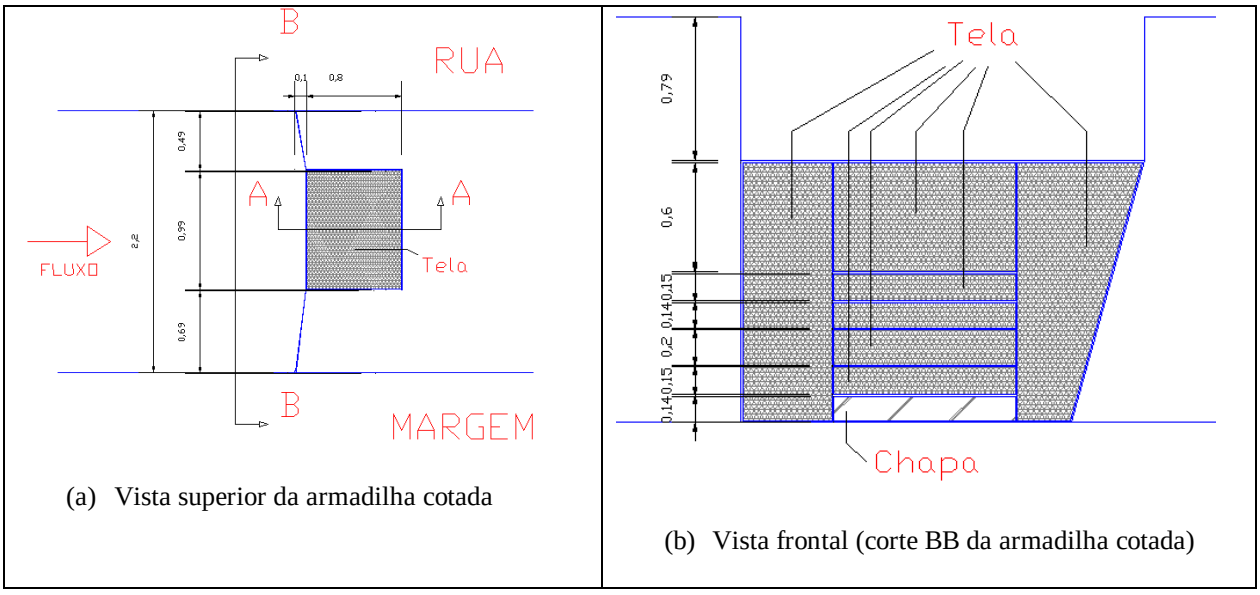


Figura 6 – Seção do canal levantada. Gráfico da distância da borda esquerda (m) x cota (m)

Com base nos resultados do levantamento realizado, foram propostas a configuração e as dimensões mostradas nas figuras 7 e 8. Decidiu-se por dividir a armadilha em duas partes fixas nas laterais do trecho com uma leve inclinação da ordem de 8º em um lado e 11º no outro favorecendo o acúmulo de resíduos no centro, no sentido do fluxo de água e dois cestos removíveis espaçados em 0,8 m na vertical acoplados um sobre o outro na parte central. Tentou-se adaptar a armadilha principalmente em relação aos seguintes fatores: às dimensões do canal, às condições de fluxo e à segurança da armadilha em si.



(a) Vista superior da armadilha cotada

(b) Vista frontal (corte BB da armadilha cotada)

Figura 7 – Vista superior e frontal da armadilha cotada.

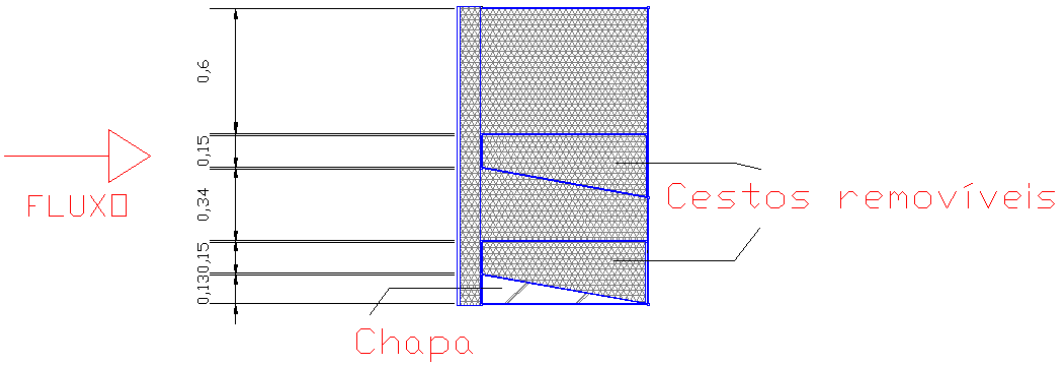


Figura 8 – Corte AA da armadilha cotada.

Antes mesmo de implantar a armadilha, já está em andamento uma dissertação de mestrado em quantificação direta na mesma seção de interesse. No mês de maio de 2012, foi realizada uma limpeza do trecho do canal estudado para evitar que os resíduos acumulados atrapalhem nas medidas de profundidade do canal. O grupo de pesquisa do projeto realizou o acompanhamento da limpeza realizada por uma equipe da empresa Viva Ambiental vinculada à prefeitura do município de Maceió (Ver figura 9).

Figura 9 – Limpeza realizada na seção do riacho do Sapo.

Na seção atualmente já existiam duas barras instaladas pelo serviço de limpeza da Prefeitura Municipal. Esta armadilha foi melhorada pela pesquisa de mestrado com 6 (seis) barras de aço. Foram 4 (quatro) barras posicionadas na vertical, de comprimento próximo à 1,20 metros, com ancoragem tipo gancho na extremidade superior adaptada para se fixar na soleira previamente existente no trecho do canal e 2 (duas) barras de comprimento próximo de 2,20 metros (largura do canal) posicionadas na horizontal. A largura máxima dos espaços entre as barras foi de aproximadamente 30 cm. (Ver figura 10).

Figura 10 – Armadilha provisória implantada em seção do riacho do sapo.

Dois dias após a implantação da estrutura provisória, foi registrado um evento de precipitação significativo e foi possível ver que na bacia da Grota do Cigano há muito resíduo no canal. Este estudo em andamento aprimorará as ideias a respeito da armadilha projetada e a ser instalada no local (Ver figuras 11).

(a) Nível do canal antes da colocação da armadilha com soleira visível claramente (mostrada com seta)

(b) Nível do canal após colocação da armadilha com soleira oculta pelos resíduos (marcada com seta)

Figura 11 – Ilustrações da seção do canal antes e depois da colocação da armadilha provisória.

7 – IMPORTÂNCIA

Para que se possa agir na conscientização de cidadãos e gestores públicos a respeito do impacto dos resíduos nos canais urbanos, faz-se necessário ter o conhecimento da quantidade de

resíduos produzida pela população em determinados setores das bacias e fazer relações com a rotina de limpeza adotada e a parcela de resíduos que chega ao canal. Fazendo-se um estudo quantitativo desses últimos em pequenas sub-bacias, pode-se chegar a conclusão de que uma delas influencie de maneira mais significativa que as demais na parcela total de resíduos que chegam na bacia como um todo.

A partir desses estudos então, é possível estimular gestores públicos a direcionar os serviços de limpeza urbana para sub-bacias que mais influenciem na quantidade total de resíduos que chega na bacia como um todo e consequentemente nas praias causando inúmeras consequências.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Alagoas – FAPEAL, á Financiadora de Estudos e Projetos – FINEP, á Pró – Reitoria de Pesquisa e Pós – Graduação – PROPEP, á Prefeitura Municipal de Maceió, através da Superintendência de limpeza urbana de Maceió (SULM), pela disponibilização de dados.

BIBLIOGRAFIA

AB GHANI A et al. (2011) "*Flow pattern and hydraulic performance of the REDAC Gross Pollutant Trap*". Elsevier journal, v. 22, p. 215-224.

ARMELIN, L. F. 2005. "*A questão do acúmulo de resíduos sólidos em bacias de detenção urbanas na região metropolitana e São Paulo"*. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.

BRITES, A. P. Z. 2005. "*Avaliação da qualidade da água e dos resíduos sólidos no sistema de drenagem urbana"*. Santa Maria: UFSM - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.

CERVI, E. C. 2010. "*Qualificação e quantificação de resíduos sólidos do arroio Ouro Verde no município de Foz do Iguaçu-PR"*. Foz do Iguaçu: Faculdade Dinâmica de Cataratas.

JAWOROWSKI, A. L. O. et al 2005. "*Qualidade da água e caracterização de resíduos sólidos em arroio urbano da região metropolitana de Porto Alegre"*. XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, João Pessoa – PB.

MARQUES, D. M. ; A. L. L. Silveira; GEHLING, G. R. Resíduos Sólidos na Drenagem Pluvial Urbana. In: RIGHETTO, A. M.. (Org.). "*Manejo de Águas Pluviais Urbanas"*. 1 ed. Natal: ABES, 2009, v. 4, p. 198-217.

NEVES, M. G. F. P.; TUCCI, C. E. M. 2008a. "*Resíduos sólidos na drenagem urbana: aspectos Conceituais"*. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 13, n.3, Jul/Set 2008, p. 125-135. ABRH.

NEVES, M. G. F. P.; TUCCI, C. E. M. 2008b. "*Resíduos sólidos na drenagem urbana: estudo de caso".* Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 13, n.4, Out/Dez 2008, p. 43-54. ABRH.

NEVES, M. G. F. P.; TUCCI, C. E. M. 2011. "*Composição de resíduos de varrição e resíduos carreados pela rede de drenagem, em uma bacia hidrográfica urbana"***.** Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 16, p. 331-336. ABES.

SILVA, A. S.; WOLFF, D. B.; SILVEIRA, G. L. 2011. "*Solid wastes drained in an urban river sub-basin*." Urban Water Journal. DOI:10.1080/1573062X.2011.633612.

SILVA, A. S. 2010. "*Resíduos sólidos drenados em sub-bacia Hidrográfica urbana em Santa Maria – RS".* Santa Maria: UFSM - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.

SILVEIRA, G. L. Coord. "*Projeto Bacia Escola Urbana"*. CNPq Processo: n° 478768/2004-4, celebrado entre o CNPq, UNIFRA e a UFSM não publicado. Grupo de Pesquisa Gestão de Recursos Hídricos, Universidade Federal de Santa Maria e do curso de Engenharia Ambiental, UNIFRA, 2005M.

TUCCI, C. E. M.; PARKINSON, J. N.; GOLDENFUM, J. A.; NEVES, M. G. F. P. Interactions between solid waste management and urban stormwater drainage. In: Jonathan N. Parkinson, Joel A. Goldenfum e Carlos E. M. Tucci. (Org.). "*Integrated urban water management: humid tropics"*. 1 ed. Paris: Unesco e Taylor & Francis Netherlands, 2010, v. 6, p. 69-87.