

XI SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE

ESTIMATIVA DA CARGA DE RESÍDUOS SÓLIDOS NA DRENAGEM URBANA DO RIACHO DO SAPO - MACEIÓ/AL ATRAVÉS DE UM MÉTODO INDIRETO

Yuri Barbosa dos Santos¹; Luciene da Silva¹, Marllus Gustavo Ferreira Passos das Neve¹, Paulo Antonio Ferreira Freire¹ & Pedro Paulo Martins de Carvalho¹

RESUMO - A problemática do desenvolvimento urbano aliado à falta de estrutura e planejamento traz impactos como o aumento da geração de resíduos sólidos, impermeabilização do solo e a contaminação dos cursos d'água. Por isso quantificar resíduos na drenagem é fundamental para promover uma gestão apropriada das águas urbanas. Este artigo expõe os resultados de estudo para a estimativa da carga de resíduos sólidos que pode atingir o sistema de drenagem urbana da bacia hidrográfica do riacho do Sapo, em Maceió- AL. A bacia possui 2,10 km². Foi utilizado um método indireto de estimação, bastante simples, mas com grande potencial, proposto por Armelin (2005) em sua dissertação de mestrado. Este método utiliza dados do IBGE e de coleta de resíduos do serviço municipal. O método se mostrou aplicável a realidade local, sendo necessárias algumas considerações, principalmente na compatibilização das características do espaço. O estudo indicou que 22 ton/ano potencialmente podem atingir o sistema de drenagem urbana da bacia.

ABSTRACT – The issue of urban development coupled with the lack of structure and planning brings impacts such as increased generation of litter, soil sealing and contamination of waterways. Therefore quantify litter in the urban drainage is essential to promote proper management of urban water. This paper presents a study to estimate the load of litter may potentially reach the urban drainage system of a watershed in Maceió-AL, Brazil. The watershed has 2.10 km². A simple indirect method of estimation (Armelin, 2005) was used. The method needs data of population (from IBGE – brazilian institute of geography an Statistics) and municipal litter collection service. The amount which arrived in the drainage estimated by the indirect method was 22 ton·yr⁻¹, This is a potential value. Despite the limitations of method, this is a reasonable value.

Palavras-chave: Drenagem urbana. Resíduos Sólidos. Métodos indiretos.

1) Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Alagoas – CTEC/UFAL. e-mails: yurao.santos@gmail.com; lucienedepaulo@hotmail.com; marllus@ctec.ufal.br; paulinho.freire@gmail.com; pedropaulomdc@hotmail.com;

1 - INTRODUÇÃO

O crescente desenvolvimento urbano aliado à falta de estrutura e planejamento tem sido um dos principais problemas no que se trata de drenagem urbana. Este traz impactos diretos, provocando o aumento da geração de resíduos sólidos, impermeabilização do solo e a contaminação dos cursos d'água. Tais fatores provocam um aumento do escoamento superficial provocando danos ao meio antrópico. Conforme Tucci (2002) as cidades mostram crescimento mais acelerado em suas periferias do que em suas regiões centrais, sem a infra-estrutura adequada. A gestão deficiente impacta quase que imediatamente nas demais atividades e sistemas que compõem o meio urbano (Neves, 2006). O crescimento desordenado, aliado com a falta de políticas públicas faz com que muitas das necessidades básicas da população sejam afetadas.

De acordo com Butler e Parkinson (1997), a finalidade dos sistemas urbanos de drenagem é de proteger e manter a saúde e a segurança das comunidades e proporcionar proteção ao meio ambiente. Mas estes sistemas têm sido bastante impactados, de forma que cresce a necessidade de estudos na área, requerendo um aprimoramento do conhecimento sobre os processos hidrológicos, levando-se em conta a significativa variabilidade espaço temporal dos fenômenos envolvidos e demais peculiaridades.

Em uma bacia hidrográfica, a geração total de resíduos sólidos pode ser decomposta em: material retirado pelo sistema de coleta domiciliar, material retirado pela limpeza urbana e o total que permanece no sistema de drenagem. (Neves, 2006). 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 Salles *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, apareceu 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.

A importância de quantificar e reter parte do material transportado nos sistemas de drenagem está nos prejuízos que este vem a causar, tanto no que se refere à obstrução de redes quanto às elevadas cargas de poluentes que se encontram agregadas junto aos mesmos, além de permitir a aplicação de adequadas soluções de controle. Entretanto, no Brasil não existem informações sobre a quantidade de lixo que é lançado no sistema de drenagem urbana. (Brites, 2005)

Segundo Cervi (2010) a quantificação dos resíduos sólidos na drenagem é fundamental para uma gestão apropriada das águas urbanas e a sustentabilidade ambiental, pois através desta pode-se desenvolver métodos e medidas estruturais para o seu controle, criando alternativas para o gerenciamento dos recursos hídricos.

Conforme Neves (2006) e Neves (2008b) é possível quantificar os resíduos 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.

Este trabalho aplica um método indireto proposto por Liliane Armelin, resultado de uma pesquisa realizada na bacia do córrego do Bananal em São Paulo e com o objetivo de quantificar os resíduos sólidos que se acumulam no reservatório de detenção do Bananal localizado no trecho final do córrego do Bananal no Jardim Vista Alegre – Distrito Brasilândia.

2 – OBJETIVOS

O objetivo geral é quantificar a carga potencial de resíduos sólidos no sistema de drenagem urbana na bacia hidrográfica do riacho do Sapo no município de Maceió/AL através de um método indireto de estimação.

3 – METODOLOGIA

O método indireto utilizado no trabalho foi proposto por Armelin (2005) e consiste na análise do uso, ocupação e a geração de resíduos da bacia para tentar quantificar a carga potencial que afeta o sistema de drenagem urbana. Dessa forma, as etapas do método, resumidas abaixo, foram adaptadas para o caso de estudo do riacho do Sapo:

- Localizar o riacho: determinar a população e característica de ocupação do solo do entorno da bacia;
- Verificar os aspectos de infra-estrutura, que podem contribuir com as cargas: sistema de abastecimento de água, de coleta de esgoto e de coleta de resíduos sólidos;

- Obter as características da bacia a ser estudada, tais como área de drenagem e extensão;
- Determinar a produção de resíduos sólidos da bacia, através de dados da prefeitura ou das empresas que prestam o serviço de coleta, por caminhão nos domicílios e nas caçambas;
- Pesquisar os setores censitários da bacia, para determinar a população, número domicílios e características da destinação final de resíduos domiciliares. Através do Censo demográfico, realizado pelo IBGE.

O método depende de dados dos setores censitários. As variáveis nestes setores que influenciam diretamente a carga de resíduos que podem atingir o sistema de drenagem referem-se a números de domicílios. Dessa forma, deve-se converter esta variável nas variáveis de interesse. Os dados dos setores censitários de interesse para a aplicação do método estão listados na tabela 1 abaixo.

Tabela 1 - Variáveis de Caracterização.

<i>População</i>	<i>A habitantes</i>
<i>Domicílios</i>	<i>B domicílios</i>
Total coletado de Lixo	C domicílios
Total coletado por caminhão	D domicílios
Total coletado por caçamba	E domicílios
Total de lixo queimado	F domicílios
Total de lixo enterrado	G domicílios
Total de lixo lançado em terreno	H domicílios
Total de lixo lançado em corpos d'água	I domicílios
Outros	J domicílios

Uma observação importante é que pode surgir uma diferença entre o total de domicílios (B) e a soma dos domicílios (D+E+F+G+H+I+J), que pode ser explicada pelo fato de o IBGE não quantificar os domicílios particulares improvisados na questão da coleta de resíduos sólidos.

Outro dado importante é a soma geral da quantidade de resíduos sólidos (X em kg), obtida através dos dados de coleta no período de estudo (T em dias). Dos valores determinados acima, os cálculos seguintes são necessários na bacia em estudo (Tabela 2):

Tabela 2-Parâmetros de estimativa

Numero de habitantes / Domicilio	A/B
Taxa de produção lixo diária / habitantes	X/ (A.T)

Para que se determine a quantidade de lixo que potencialmente atinge o sistema de drenagem, é necessário elaborar algumas hipóteses para saber qual será a parcela do lixo considerada:

- Os resíduos sólidos lançados em terreno (H domicílios) podem ser carregados por corpos da água pelas chuvas e segundo Armelin (2005) não foram considerados como passíveis de serem retidos no reservatório de interesse do estudo dela. No caso deste artigo, esta quantidade pode atingir o exutório da bacia, mas como afirmou a própria autora do estudo em São Paulo, deve estar claro que o que é arrastado para os corpos da água depende de muitos fatores como quantidade e intensidade das precipitações, topografia, urbanização e qualidade dos serviços de limpeza, etc.;
- Quanto aos resíduos sólidos lançados em corpos da água (I domicílios), que na bacia significa lançado no córrego principal e seus afluentes, Armelin (2005) observa que isso não ocorre imediatamente, pois parte dos resíduos podem ser retidos nas margens dos córregos e também em estruturas de drenagem como por exemplo, bueiros. Neves (2006), Neves e Tucci (2008b) e Neves e Tucci (2011), por exemplo, mostraram que garrafas do tipo PET ficavam retidas nas redes e somente apareciam no exutório da bacia estudada em Porto Alegre quando ocorriam precipitações mais intensas;
- Os resíduos sólidos que têm a classificação do destino final como “outros” (J domicílios), podem ser queimados, enterrados, lançados em terreno ou corpo da água. É necessário conhecer a região, se é de baixa renda ou não, se tem ou não como contratar serviço de afastamento dos resíduos gerados, alternativa negativa esta, adicional para a resposta dada ao questionário do IBGE “outros”. Porém é muito difícil ou não há como quantificar estas parcelas, o que fez com que Armelin (2005) desconsiderasse esta parcela no cômputo da quantidade de resíduos que atingiam o reservatório de detenção, interesse do estudo da autora. Isto foi adotado também para os resultados deste artigo.

Segundo Armelin (2005), o impacto destas hipóteses sobre o resultado final do estudo é que este será o valor mínimo a ser determinado. Em função dos fatores, levados em consideração na elaboração das hipóteses, o resultado final pode ser maior.

Na verdade, do ponto de vista de um balanço de massa na bacia hidrográfica, teríamos entradas, armazenamentos e saídas em um intervalo de tempo; tudo que é lançado em terrenos ou corpos d'água (H + I domicílios) fica na superfície da bacia e pode em um momento oportuno atingir uma seção de interesse (exutório). Enquanto permanecem na superfície, os resíduos das parcelas H e I compõem o armazenamento. Mas, ao passarem pelo exutório, podem ser vistos como saída da bacia hidrográfica, ou seja, a bacia hidrográfica transmite para jusante uma carga de resíduos sólidos que, gerada em sua superfície, em algum momento acumulou e em outro momento

foi carregada para o curso d'água e neste transportada para a saída da bacia. No caso de Armelin (2005), o exutório fica imediatamente a montante do reservatório de detenção.

Continuando, tudo o que é coletado ou queimado ou enterrado pode ser considerado saída (C + D + E + F + G domicílios), haja vista que não permanecerão na superfície da bacia. Resta saber o que é considerado entrada. Segundo Neves (2006), é tudo o que é produzido, termo utilizado geralmente para a parte registrada em aterros, estações de transbordos, lixões, etc. Constitui-se na verdade na soma, em um intervalo de tempo, daquilo que fica na superfície da bacia, com aquilo que é coletado e registrado e com o montante que é drenado para fora da bacia (passa pelo exutório).

Então, quando Armelin (2005) fala que o resultado é mínimo, significa que ela considerou como quantidade de resíduos que atingiram o reservatório de detenção somente a parcela I da tabela 1. No entanto, pode ocorrer que a carga real seja inferior ou superior (como ela afirmou). Inferior se o curso d'água retém muito material ao longo de sua extensão, de forma que nem tudo que foi lançado nele atinge o exutório. Superior, se no período de tempo considerado, tudo ou quase tudo o que está na superfície da bacia e nos canais atinge o exutório. A certeza somente vem com medições diretas na seção do canal considerada como exutório.

Então, a quantidade mínima descrita por Armelin (2005) pode ser determinada da forma seguinte:

$$\text{Total de domicílios (dom) que lançam em corpos d'água} = I \text{ (dom)} \quad (1)$$

$$\text{Número de habitantes (hab) por domicílio} = \frac{A}{B} \left(\frac{\text{hab}}{\text{dom}} \right) \quad (2)$$

$$\text{Número de habitantes que lançam em corpos d'água (hlcd)} = I \cdot \frac{A}{B} \text{ (hab)} \quad (3)$$

Supondo que a taxa de coleta per capita seja a mesma que a de lançamento em corpos d'água, pode-se estimar a quantidade de resíduos sólidos lançados no corpo d'água em kg:

$$\text{Taxa de coleta por habitante por dia (chd)} = \frac{X}{A \cdot T} \left(\frac{\text{kg}}{\text{hab} \cdot \text{dia}} \right) \quad (4)$$

Multiplicando o resultado da equação 3 pela equação 4, tem-se o total de resíduos sólidos, em kg/dia, lançados em cursos d'água (tlcd):

$$\text{tlcd} = \text{hlcd} \cdot \text{chd} \text{ (kg/dia)} \quad (5)$$

A quantidade anual fica:

$$tlcd_{\text{anual}} = tlcd \cdot T \text{ (kg/ano)} \quad (6)$$

Antes de ser mostrado um estudo em andamento, importa destacar a última passagem do detalhamento das equações. O método supõe que a taxa de coleta per capita tem o mesmo valor que a taxa per capita de lançamento nos corpos d'água, o que certamente não pode ser afirmado sem um estudo detalhado.

Dessa forma, o equacionamento poderia ser refinado, considerando uma Taxa de lançamento em cursos d'água por habitante por dia (lcdhd), que por sua vez pode ser uma proporção da taxa chd, ou seja, $lcdhd = \alpha \cdot chd$. A equação 5 seria modificadas para $tlcd = hlcd \cdot \alpha \cdot chd$. Quanto vale o parâmetro α ? Depende de como se comporta a população do local; se a taxa de lançamento em cursos d'água for maior que aquela coletada, significa que $\alpha > 1$, caso contrário, $\alpha < 1$.

Neves e Tucci (2008b) apontara que, na bacia hidrográfica do estudo deles, a taxa de coleta de resíduo domiciliar é de $0,53 \text{ kg.hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ ou $203,7 \text{ kg.hab}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ e a taxa de coleta no sistema de varrição é de $4,97 \text{ kg.hab}^{-1}.\text{ano}^{-1}$. O estudo estimou que se deixa de coletar $0,108 \text{ kg.hab}^{-1}.\text{ano}^{-1}$. Esta quantidade ou fica armazenada ou pode entrar no sistema de drenagem. Segundo ainda os autores, do total de $0,108 \text{ kg.hab}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ que deixam de ser coletados, $33,2 \text{ g.hab}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ atingem o exutório.

Ou seja, as taxas são diferentes. No caso do estudo citado em Porto Alegre, ocorrido em uma bacia onde os serviços de limpeza são bons e há pouco lançamento na rede, α provavelmente é menor que a unidade.

O mesmo raciocínio desenvolvido para a taxa de lançamento em cursos d'água pode ser aplicado a outras variáveis. Por exemplo, podemos nos interessar pela Taxa de lançamento em terreno, taxa de resíduos queimados, entre outros.

Com mais esta limitação, vê-se a necessidade de estudos de medição direta. O método proposto por Armelin (2005) tem a grande vantagem da simplicidade, mas ainda necessita de mais aplicações e uma delas começa a ser desenvolvida em Maceió, na área de estudos descrita abaixo.

4 – CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Bacia hidrográfica do riacho do Sapo

A Bacia Hidrográfica do riacho do sapo é uma sub-bacia do riacho Reginaldo, sendo toda sua extensão de 4,4 km canalizada. A sub-bacia localiza-se na parte baixa da bacia do riacho Reginaldo (figura 1). Tal localização é significativa para o aporte de resíduos sólidos e líquidos procedentes dessa região da bacia (Pimentel, 2009).

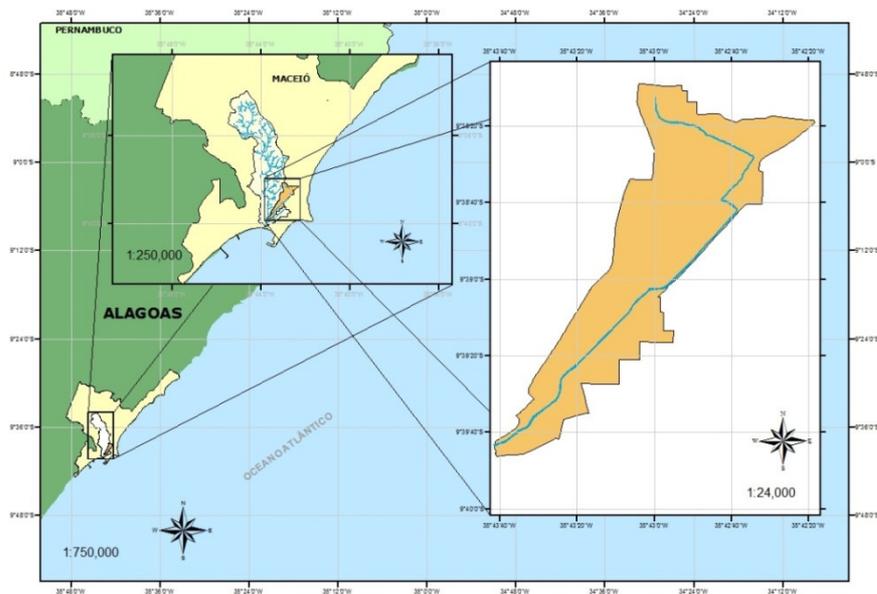


Figura 1. Localização da bacia do Sapo em Relação à Bacia do Reginaldo.

A bacia, com 2,1 km² de área de drenagem e com um perímetro de 10 km, abrange parcialmente quatro bairros da cidade de Maceió: Jacintinho, Mangabeiras, Jatiúca e Poço (figura 2). Por ela passam avenidas importantes da cidade de Maceió, das quais se destaca a Avenida Gustavo Paiva, via de acesso ao Centro da cidade para quem vem do litoral norte ou das áreas altas de tabuleiro.

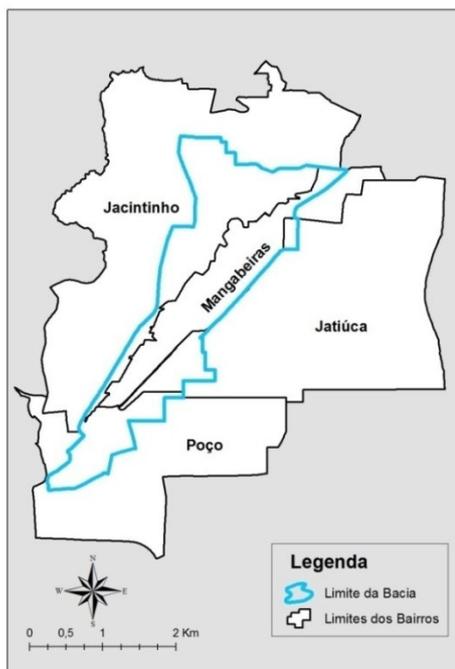


Figura 2. Bacia do Sapo em relação aos bairros de Maceió.

Visitas à área mostram alguns pontos de disposição inadequada e acúmulo de resíduos nos componentes de drenagem urbana. Isto é mais visível na cabeceira da bacia, denominada nos estudos de sub-bacia Grota do Cigano (figura 3).



Figura 3 – Acúmulo de resíduos nos sistemas de drenagem da bacia.

5 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a caracterização, o primeiro passo é compatibilizar mapas. Esta é uma fase trabalhosa, não pelo método em si, mas pelo fato de que bairros, setores censitários e bacia hidrográfica não possuem contornos semelhantes. Importa lembrar que a metodologia utilizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) para a determinação das variáveis referentes à população é a de subdivisão da área de estudo em setores censitários, que são unidades territoriais, cuja finalidade é o controle cadastral da coleta de dados e cada um deles apresenta 527 variáveis que abrangem características dos responsáveis.

O trabalho fica um pouco mais fácil com a ajuda de software de geoprocessamento. Para isso, é necessário que haja a criação de camadas (*shapes*) com as informações da bacia, dos bairros e dos

setores censitários, cujas informações (quantidade e código de identificação) estão disponibilizadas na página do IBGE.

Com a identificação e delimitação dos 51 setores censitários (Figura 4), o estudo passou para a pesquisa das características por setor censitário da bacia no tocante à: população, número de domicílios e saneamento básico. Este último referente a informações sobre a destinação final de resíduos sólidos, junto aos dados do Censo Demográfico realizado em 2010 pelo IBGE.

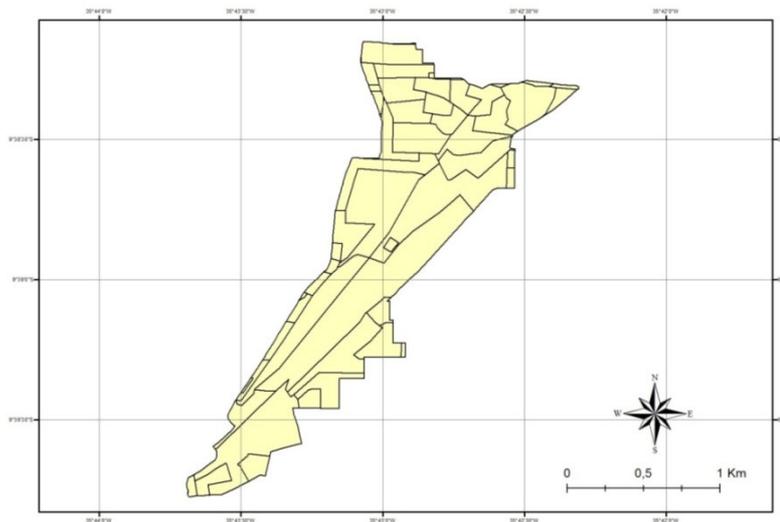


Figura 4 - Bacia do Sapo com a delimitação dos setores censitários

Segundo a metodologia e os resultados disponibilizados pelo IBGE, os destinos finais dos resíduos sólidos, população e domicílios da bacia do riacho do Sapo, estão relacionados na tabela 3. Como pode ser notado, $D+E+F+G+H+I+J = 27.407$ dom, maior que $B = 14.027$ dom.

Tabela 3 - População e destino final de resíduos

<i>População (A)</i>	26.839
<i>Domicílios (B)</i>	14.027
Total coletado de Lixo (C)	13.623
Total coletado por caminhão (D)	12.972
Total coletado por caçamba (E)	651
Total de lixo queimado (F)	06
Total de lixo enterrado (G)	00
Total de lixo lançado em terreno (H)	96
Total de lixo lançado em corpos d'água (I)	54
Outros (J)	07

A determinação da geração de resíduo coletado da bacia do sapo foi a partir de dados dos bairros (Jacintinho, Mangabeiras, Jatiúca e Poço) obtidos na Superintendência Municipal de Limpeza Urbana (Slum), da Prefeitura Municipal de Maceió. A tabela 4 apresenta os dados das pesagens no aterro sanitário da cidade no período de janeiro a dezembro de 2011. Vale dizer que neste estudo está se supondo que em um curto intervalo de tempo o comportamento da população não muda o bastante para gerar incertezas significativas devido à diferença entre o ano de obtenção dos dados dos setores (2010) e o ano de obtenção dos dados do aterro (2011). Não há dados de coleta de resíduos em 2010 digitalizados, pois este foi o ano de início da operação do aterro sanitário.

Tabela 4 – Dados de coleta de resíduos (kg) do ano de 2011 de alguns bairros de Maceió.

Bairros Mês	Jatiúca	Jacintinho	Mangabeiras	Poço	Soma	Soma geral
Janeiro	392.070	1.335.530	217.290	334.360	2.279.250	
Fevereiro	392.370	1.501.000	144.060	381.610	2.419.040	
Março	417.790	1.099.400	157.030	235.280	1.909.500	
Abril	277.050	1.237.880	131.750	236.270	1.882.950	
Maió	331.030	1.418.480	173.410	189.040	2.111.960	
Junho	291.580	1.359.490	231.870	190.690	2.073.630	
Julho	254.310	1.173.080	194.540	196.220	1.818.150	
Agosto	339.440	1.385.420	207.060	180.090	2.112.010	
Setembro	460.960	1.182.820	217.620	157.010	2.018.410	
Outubro	431.190	1.251.490	161.820	147.990	1.992.490	
Novembro	337.320	1.233.280	171.150	187.380	1.929.130	
Dezembro	442.960	1.387.200	126.090	172.660	2.128.910	
						24.675.430

A coleta refere-se aos resíduos sólidos coletados por caminhão nos domicílios e caçambas (ou contêineres). Visto que os limites da bacia não coincide com os dos bairros (Figura 2), a quantificação da coleta na bacia foi determinada considerando as porcentagens da quantidade total de cada bairro, de acordo com a tabela 5.

Tabela 5 – Produção de lixo dos bairros de acordo com o percentual de área na bacia.

	Jatiúca	Jacintinho	Mangabeiras	Poço
Soma (kg)	4.368.070	15. 565.070	2.133.690	2.557.690
% Área na bacia	7,32	22,83	83,54	16,63
Produção na bacia (kg)	319.855	3.554.155	1.782.503	28.717

Estas porcentagens correspondem à razão entre a área do bairro dentro da bacia e a área do bairro total. Trata-se de uma forma de realizar a interpolação considerando que a quantidade de resíduos sólidos coletada em cada bairro se distribui de forma uniforme. Isto é um fator gerador de incerteza do método por causa do processo de compatibilização de mapas mencionado anteriormente e pode ser objeto de estudos mais detalhados no futuro.

Por esta forma de estimação, o total de resíduos sólidos coletados é a soma da contribuição de cada bairro e igual a 5.685.231 kg. Este valor corresponde à variável X anteriormente descrita.

Aplicando os dados às equações, tem-se:

Total de domicílios (dom) que lançam em corpos da água= 54 dom

$$\text{Número de habitantes (hab) por domicílio} = \frac{26.839}{14.027} = 1,91 \frac{\text{hab}}{\text{dom}}$$

$$\text{hlcd} = 54 \cdot 1,91 = 103 \text{ habitantes}$$

$$\text{chd} = \frac{5.685.231}{26.839 \cdot 365} = 0,58 \text{ kg/hab/dia}$$

$$\text{tlcd} = 103 \cdot 0,58 = 59,74 \text{ kg/dia, o que fornece } \text{tlcd}_{\text{anual}} = \text{tlcd} \cdot T = 59,74 \cdot 365 = 21.805,1 \text{ kg/ano.}$$

Como a bacia tem 2,1 km², isto é, 210 ha, pode-se determinar a carga $\text{tlcd}_{\text{anual}}$ específica:

$$\text{tlcd}_{\text{anual}} \text{ (específica)} = \frac{21.805,1}{210} = 103,83 \text{ kg/ano/ha.}$$

Para fins de comparação, Neves e Tucci (2008a) mostraram resultados vindos de outras pesquisas. A tabela 6 reproduz parte destes.

Tabela 6 - Quantificações de resíduos sólidos na drenagem urbana (Adaptado de NEVES e TUCCI, 2008a)

Local	Descrição	Peso kg ha ⁻¹ ano ⁻¹
Springs, África do Sul	<i>Central Busines District</i> ; área de 299 ha com 85% de uso comercial/industrial e 15% de uso residencial; 82,5% é limpo das ruas e 17,5% vai para o sistema de drenagem	82
Joanesburgo, África do Sul	Distrito Central, com 8 km ² , área residencial, comercial e industrial	48

Local	Descrição	Peso kg ha ⁻¹ .ano ⁻¹
Auckland, Nova Zelândia	Residencial Industrial Comercial	5,22 1,03 2,20
Cidade do Cabo, África do Sul	Área com 90% residencial, 5% comercial, e 5% industrial. Os autores não informaram a área, estimando para a região metropolitana.	18
Melbourne, Austrália	1. 50 ha de área com 35% de área comercial e 65% residencial 2. **Dois eventos diários, área residencial-comercial 15,8 ha residencial – 20,2 ha industrial leve – 2,5 saída da bacia total	6* 0,116 e 0,410 0,34 e 0,127 0,162 e 0,020 0,077 e 0,163
Sydney, Austrália	Área comercial, industrial e comercial com 322,5 ha.	1,81*
Bacia Cancela, Santa Maria/RS	Área de 4,95 km ² , com 56% de área urbana e 35% de sua área total impermeabilizada.	1,47*
Bacia Alto da Colina, Santa Maria/RS	Área de 3,34 km ² , sendo 22,3% área urbana e 77,7% rural.	0,91*
Bacia do córrego Bananal, São Paulo	Em processo final de urbanização, com 13% da população residente assentada em habitações subnormais, nas margens dos córregos.	138

*os autores fizeram os cálculos sem vegetação e sedimentos; ** eventos diários, a unidade é de kg/ha por dia do evento.

O trabalho de Marais *et al.* (2004) na Cidade do Cabo com 9 bacias-piloto, também citado em Neves e Tucci (2008a) mostra resultados de medições diretas, conforme mostra a tabela 7.

Tabela 7 - Quantificação de resíduos na drenagem urbana, na Cidade do Cabo (MARAIS et al., 2004)

Cargas anuais de lixo (kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹)				
Nome da Bacia	Descrição	Período de observação		
		2000	2001	2000/2001
Imizamo yethu	Residencial informal com população muito pobre e sem varrição nas ruas	59	40	45
Ocean View	Residencial com população pobre e sem varrição nas ruas. Presença de condomínios com apartamentos de 3 andares e com densidade habitacional (DH) em torno de 60 hab/ha)	72	19	41
Cidade do Cabo CBD (C)	Centro comercial da cidade, com prédios de escritórios, hotéis, lojas, comércio informal, terminal de ônibus. Ruas varridas até 3 vezes ao dia com eficiência de remoção de aproximadamente 99%	42	14	23
Cidade do Cabo CBD (D)		46	10	22
Cidade do Cabo CBD (E)		111	35	59
Fresnaye	Residencial com apartamentos e população de maior poder aquisitivo e DH inferior a 20 hab/ha	-	0	0
Summer Greens	Residencial com população de classe média e sem varrição nas ruas. DH superior a 55 hab/ha	6	6	6
Montague Gardens	Indústrias leves e sem varrição das ruas	51	14	28

Cargas anuais de lixo (kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹)				
Nome da Bacia	Descrição	Período de observação		
		2000	2001	2000/2001
Welgemoed	Residencial com população de renda alta e sem varrição nas ruas. DH em torno de 15 hab/ha	0	0	0

Apesar de, neste artigo, os resultados mostrados serem iniciais e de cargas potenciais, a ordem de grandeza não está longe de outros trabalhos.

6 – CONCLUSÕES

Este artigo expõe os resultados de estudo para a estimativa indireta da carga potencial de afetar o sistema de drenagem de modo a trazer informações para a região, a respeito da quantidade de resíduos que é indevidamente depositada.

A carga é dita potencial porque nem todo o resíduo lançado em terreno é carregado pelas chuvas para o riacho do Sapo e no próprio riacho nem toda a quantidade é transportada. Não existem medições diretas na bacia para verificar o quanto da carga potencial pode ser revertida em carga real. Isso vai depender da quantidade e intensidade das chuvas, urbanização e qualidade dos serviços de limpeza. De acordo com as características, como por exemplo, a ocupação nas margens do riacho da bacia a classificação “lançados em corpos d’água” considera-se como lançado diretamente no riacho do sapo.

Outro fator tem haver com os dados do IBGE, onde os resíduos têm a classificação do destino final como “outros”, que podem estar vinculados à queima, enterro de resíduos ou mesmo lançamento em terreno ou corpo d’água.

Apesar das limitações do método, o mesmo parece ser promissor. O trabalho está em andamento, há uma aluna de mestrado trabalhando com medições diretas, o que no futuro possibilitará avaliar melhor o desempenho deste e de outros métodos que virão posteriormente.

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

ARMELIN, L. F. 2005. “*A questão do acúmulo de resíduos sólidos em bacias de retenção urbanas na região metropolitana de 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.

BUTLER; PARKINSON. *Towards sustainable urban drainage*. Water science and Technology, 1997.

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

IBGE – *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística* – Censo Demográfico, 2010.

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.

MARAIS, M., ARMITAGE, N. e WISE, C. 2004. “*The measurement and reduction of urban litter entering stormwater drainage systems: paper 1 – Quantifying the problem using the city of Cape Town as case study*”. Water SA. No. 4. Vol. 30. Disponível em: www.wrc.org.za. Acesso em 05 de setembro de 2006.

NEVES, M. G. F. P. 2006. “*Quantificação de Resíduos sólidos na drenagem urbana*”. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

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.

PIMENTEL, I. M. C. 2009. *Avaliação quali-quantitativa do Riacho Reginaldo e seus Afluentes*. Maceió: UFAL - Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento.

SALLES, A.; 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.

TUCCI, C. E. M. 2002. *Gerenciamento da Drenagem Urbana*. Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Volume 7, n.1. ABRH.

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.