

RESÍDUO SÓLIDO NA DRENAGEM: CURVA DE PRODUÇÃO EM FUNÇÃO DA PRECIPITAÇÃO EM SUB-BACIA TOTALMENTE URBANA

Alessandro Salles da Silva¹; João Francisco C. Horn²; Geraldo Lopes da Silveira³; Galileo Adeli Buriol⁴; Edner Baumhardt⁵; Laura Hermes⁶; Leonardo Bachio Pavanelo⁷

RESUMO --- A deposição inadequada de resíduos sólidos em regiões urbanizadas pode causar inundações e severos danos à saúde. Com isto é de grande importância ao gestor municipal possuir ferramentas que permitam avaliar a efetividade e o impacto de ações que busquem a melhoria da qualidade de vida da população. Propõe-se neste estudo avaliar possibilidade de construção de uma curva de produção de resíduos sólidos em função da precipitação, por eventos pluviosos isolados. Sendo instrumentada uma pequena bacia (0,57km²) no centro urbano de Santa Maria, RS, por meio de uma calha Parshall, onde projetou-se uma estrutura para a retenção do resíduo sólido baseada em cestos coletores. Foram realizadas 7 campanhas para as coletas de resíduos sólidos e construiu-se uma curva de produção. Constatou-se uma correlação de 0,85 para a relação de precipitação e quantidade de resíduo sólido carregado durante o período de Maio de 2008 a Abril de 2009. No total foram retidos 9.149,4Kg de resíduo para 1.480,5mm de chuva. Também comprovou-se, em termos operacionais, a eficiência da estratégia de retenção de resíduos por eventos isolados por meio de cestos coletores, pois permite a mobilização dos alunos em função de previsões meteorológicas de tempo.

ABSTRACT --- The inadequate deposition of solid residue in developed zones can cause inundations and severe damages to health. Consequently it is very important for the municipal manager to possess the tools that allow evaluating the effectivity and the impact of actions that pursue the improvement of life quality. The proposal of this study is to evaluate the possibility of constructing a curve of production of solid waste taking into consideration the precipitation by isolated rainy events. Being instrumented a small watershed (0,57 km²) in downtown of Santa Maria – RS, by means of a parshall pipeline where was projected a structure for the retention of the solid waste based on basket collectors. Seven campaigns took place to collect solid waste and it was built a curve of production. After this, it was proved a correlation of 0,85 for the relation of precipitation the quantity of solid waste carried during the period of May-2008 to April-2009. In sum it was retained 9.149,4Kg of residue for 1.480,5mm of rain. It was also proved, in operational terms, the efficiency of the retention of solid waste by isolated events by means of basket collectors because it allows the mobilization of students considering the weather forecast.

Palavras chave: Bacia hidrográfica - Resíduos sólidos - Poluição hídrica.

¹ Eng. Ambiental, mestrando em Eng. Civil / UFSM, Santa Maria, RS. Email: alessandromardini@gmail.com

² Graduando em Eng. Ambiental / UNIFRA, Santa Maria, RS. Email: jfhambiental@gmail.com

³ Prof. Adjunto da UFSM / HDS / CT, Santa Maria, RS. Email: geraldo.ufsm@gmail.com

⁴ Prof. do Curso de Eng. Ambiental / UNIFRA, Santa Maria, RS. Email: galileo@unifra.br

⁵ Eng. Florestal, mestrando em Eng. Civil / UFSM, Santa Maria, RS. Email: ednerb@gmail.com

⁶ Graduanda em Eng. Civil / UFSM, Santa Maria, RS. Email: laura_hermes.eng86@yahoo.com.br

⁷ Graduando em Eng. florestal / UFSM, Santa Maria, RS. Email: leopavanel@hotmail.com

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas o aumento populacional, o êxodo rural e o avanço tecnológico vêm acarretando um desordenado crescimento nas cidades, tornando-as grandes centros urbanos. Nesta situação se insere Santa Maria-RS, uma cidade com uma população estimada, segundo IBGE (2007), em 263.403 habitantes, boa parte em busca da qualificação acadêmica ou de uma oportunidade de trabalho. Esta última tem originado a ocupação de forma irregular e desordenada, de diferentes áreas localizadas no perímetro urbano. As atividades humanas, sejam elas de qualquer natureza, geram sempre resíduos diversos. A geração desses resíduos e seu posterior abandono no meio ambiente podem originar sérios problemas ambientais e de saúde pública, o que requer uma gestão adequada do espaço para diferentes situações de infra-estrutura e de condição social das comunidades.

O monitoramento de recursos hídricos em zonas urbanas constitui-se uma técnica importante para buscar soluções para um melhor gerenciamento de bacias hidrográficas urbanas. Faz-se necessário um bom conhecimento dos componentes do ciclo hidrológico urbano e do processo chuva – vazão para se realizar um bom planejamento urbano. Neste sentido, no ano de 2007, propôs-se uma forma de monitoramento para os resíduos sólidos em uma bacia com características urbanas, localizada na região central da cidade de Santa Maria – RS, Silveira *et al.* (2007).

Por meio de uma estrutura implantada no leito do riacho em estudo, realiza-se a retenção dos resíduos carregados pelo fluxo de água. Dados preliminares foram medidos para a avaliação dos resíduos sólidos carregados pelo arroio Esperança (0,57km²), próximo a sua foz, no arroio Cadena, em região contida integralmente no centro urbano de Santa Maria, não caracterizando uma região de periferia.

O objetivo do trabalho é desenvolver uma ferramenta para auxiliar o processo de gestão em regiões como a da pequena bacia estudada. Esta ferramenta consiste de uma curva que relacione a quantidade de resíduos sólidos produzidos pela drenagem em função dos totais precipitados por eventos pluviosos isolados.

O gestor sempre tem em mente o uso de ações como: (a) enfatizar a educação ambiental, (b) prover as regiões com sistemas de esgotos sanitários e; (c) implantar um sistema de coleta de resíduos sólidos. Mas não sabe, de forma objetiva, avaliar o impacto positivo dos investimentos realizados, nem diagnosticar onde estão as deficiências quando o ambiente aponta para uma degradação ambiental a “olhos vistos” como na pequena bacia estudada, mesmo quando a ações mencionadas estejam em curso. A curva proposta permitira o gestor avaliar de forma efetiva o impacto de ações desenvolvidas. Por exemplo, em determinado período, a administração municipal

ao enfatizar a educação ambiental, poderá ter subsídios relativo ao impacto em termos de diminuição dos resíduos sólidos gerados pela drenagem para uma mesma precipitação.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização da bacia escola

O trabalho foi desenvolvido em uma pequena bacia hidrográfica com características intensamente urbana situada no Município de Santa Maria, na região central do Estado do Rio Grande do Sul, denominada Bacia Escola Urbana, tendo como curso de água principal o arroio Esperança, com foz junto ao arroio Cadena que drena a região central do perímetro urbano de Santa Maria. A sub-bacia do arroio Esperança localiza-se entre as coordenadas geográficas 29° 25' 51,94" e 30° 00' 18,67" de latitude sul e 54° 19' 32,41" e 53° 30' 43,59" de longitude oeste e possui uma área de 0,57 Km². A área total de drenagem da bacia do arroio Cadena é de 64,08 Km², com o curso de água principal com extensão de 15 km. Essa bacia possui áreas com vegetação e áreas com ocupação urbana concentrada apresentando graves problemas ambientais. A figura 1 apresenta em destaque a foto aérea da sub-bacia do arroio Esperança (0,57km²).



Figura 1. Foto aérea da sub-bacia hidrográfica do arroio Esperança.

Esta bacia foi selecionada para construção de uma bacia escola, para dar início a uma pesquisa, por possuir características especiais: não é uma bacia de periferia e esta contida totalmente no tecido urbano da cidade. Além disso, a região possui sistemas de coleta de resíduos sólidos, de abastecimento de água e de esgotos sanitários em sua grande parte. Relativo a estes sistemas pode-se dizer que não é uma região abandonada com infra-estrutura urbana precária, como ocorre na maioria das vezes nas regiões de periferia de grandes centros urbanos, como o de Santa Maria.

Por outro lado, na aparência visual, a região se apresenta totalmente degradada, o que se pode constatar pela enorme quantidade de lixo esparramado em alguns locais, pela aparente degradação dos escoamentos que a drenam, por meio de seus arroios, riachos e valas não naturais. Isto em princípio se antagoniza com a infra-estrutura urbana ali presente, com sistemas de lixo, água e esgoto. Esta situação foi a que motivou a implantação desta bacia escola, no sentido de conhecê-la melhor em seus processos físicos, bióticos e antrópicos, no sentido de buscar subsídios ao gestor municipal na busca da melhoria da qualidade de vida da comunidade do bairro onde a bacia se localiza.

Inicialmente, foi selecionada uma seção de referencia na região, que definiu a bacia escola, para a implantação de uma estação de monitoramento, com a implantação de uma estrutura hidráulica de fundo plano, tipo calha Parshall, onde se procurou adaptar uma estrutura viável em termos operacionais para o monitoramento de resíduos.

Estrutura de monitoramento dos resíduos sólidos

Para reter os resíduos sólidos depositados ao longo do arroio, foi instalada a campo uma armadilha fixada junto à calha Parshall, construída no local onde são estudadas as características físicas, químicas e biológicas da sub-bacia hidrográfica do arroio Esperança, Silveira *et al.* (2007) e UFSM (2008). (Projeto Bacia Escola Urbana – UFSM/Grupo de Pesquisa de Gestão de Recursos Hídricos, e o curso de Engenharia Ambiental/UNIFRA). A armadilha, assentada sobre a calha Parshall, possui uma parte fixa nas laterais e uma parte móvel ao centro do arroio onde foram instalados cestos removíveis.

Foi projetada a estrutura em forma retangular com dimensões de 2,0 x 1,7 x 0,90 m, com os cestos laterais triangulares fixos, que acompanham o perfil dos taludes. Esta estrutura móvel possui um dispositivo de transbordo de 0,40 m acima dos 1,7 m de altura, para possíveis situações de represamento evitando-se, assim, que chuvas intensas causem obstrução parcial do canal com risco de inundações à montante do arroio. Na figura 2, apresenta-se imagens da armadilha instalada.



Figura 2. Armadilha para captação de resíduos sólidos.

Qualificação e quantificação dos resíduos retidos

Os resíduos coletados foram dispostos em um piso pavimentado, localizado ao lado da armadilha coletora para retirada do excesso de umidade. Após, foi feita a separação gravimétrica dos resíduos e sua classificação em resíduos orgânicos e inorgânicos, e sua identificação de acordo com os padrões de cores segundo a RESOLUÇÃO do CONAMA n.º 275 DE 25 DE ABRIL 2001. Para efetuar a pesagem de todo o resíduo capturado na armadilha foi utilizada uma balança de precisão com capacidade de 30 kg.

Os valores de cada campanha de qualificação e quantificação dos resíduos sólidos foram registrados de acordo com as suas características particulares (Quadros 1 e 2).

Quadro 1. Resíduos sólidos de classe inorgânica e os padrões de cores para cada uma das características particulares.

Classe Inorgânica	Padrões de cores
Plásticos (sacolas, garrafas, recipientes, sacolas de leite e outros).	Vermelho
Metais (chapas, latas, e outros).	Amarelo
Vidros (garrafas, copos e lâmpadas).	Verde A
Tecidos e isopor.	Verde B
Papéis (papelão, papel branco e outros).	Azul
Pneus e borrachas.	Preto B
Resíduos perigosos.	Laranja
Resíduos ambulatoriais, de serviços de saúde e animais mortos.	Branco
Outros	Outros

Quadro 2. Classificação resíduos sólidos orgânicos com padrões de cores para cada uma das características particulares.

Classe Orgânica	Padrões de cores
Restos de alimentos.	Marrom A
Restos de vegetação (folhas, galhos, cascas, raízes e outros).	Marrom B
Madeira processada.	Preto A

OBS: A norma não especifica cor para elementos “outros” e cor A ou B, o nome e a cor e as cores A e B, foram adotados para uma eventualidade do aparecimento de resíduos que não estão presentes entre os resíduos citados e para suprir a falta de cores.

Quantificação das precipitações

Para a geração da curva de produção de resíduos sólidos, a partir da quantidade precipitada, foram utilizados os dados de chuvas coletados por um pluviômetro instalado junto a calha Parshall onde foram realizadas as coletas dos resíduos.

Para a estimativa da quantidade de resíduos sólidos gerados no período de Maio de 2008 a Abril de 2009 foram utilizados os dados da Estação Meteorológica de Santa Maria pertencente ao 8º Distrito de Meteorologia (8º DISME) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada no *Campus* da Universidade Federal de Santa Maria- UFSM (latitude:29°42' S, longitude: 53°42' W e altitude: 95m).

RESULTADOS

Na tabela 3. está representada a quantidade de resíduos sólidos coletados, separados pelas diferentes classes conforme a resolução CONAMA n.º 275 DE 25 DE ABRIL 2001, que serviu para extração dos dados para a confecção da curva de produção de resíduos sólidos e para a tabela de estimativa de sua produção carreados pelo arroio Esperança no período de maio de 2008 a abril de 2009.

Tabela 3. Resultados das coletas realizadas no período de 10/04/08 a 30/05/09, quantificados de acordo com a sua classe e com o somatório total coletado.

Data do evento	10/04/08	12/04/08	13/04/08	26/04 a 02/05/08	12 e 13/05/09	18 e 19/05/09	29 e 30/05/09
Precipitação (mm)	7	16,2	21	71,5	33	8,3	47
CLASSE INORGÂNICA							
	Kg %	Kg %	Kg %	Kg %	Kg %	Kg %	Kg %
Vermelho	4,0 15,4	11,0 9,2	13,5 8,7	45,0 11,7	48,6 16,4	22,0 13,2	48,5 17,3
Amarelo	0,0	0,5 0,4	1,0 0,6	6,0 1,6	1,5 0,5	0,5 0,3	1,0 0,4
Verde A	0,0	0,5 0,4	1,0 0,6	3,5 0,9	0,1 0,0	0,7 0,4	5,0 1,8
Verde B	2,0 7,7	7,5 6,3	0,5 0,3	3,0 0,8	0,1 0,0	3,0 1,8	0,0 0,0
Azul	0,0	0,5 0,4	0,0	5,0 1,3	3,6 1,2	5,0 3,0	2,0 0,7
Preto B	0,0	0,0	6,0 3,9	0,0	0,2 0,1	0,0 0,0	0,0 0,0
Laranja	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0 0,0	0,0 0,0	0,0 0,0
Branca	0,0	0,0	0,0	2,0 0,5	0,0 0,0	12,0 7,2	0,0 0,0
Outros	2,0 7,7	8,0 6,7	7,5 4,9	55,0 14,3	16,0 5,4	7,5 4,5	9,5 3,4
CLASSE ORGÂNICA							
Marrom A	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0 0,0	0,0 0,0
Marrom B	15,0 57,7	82,0 68,3	106,5 68,9	224,0 58,1	226,1 76,3	94,0 56,4	202,7 72,2
Preto A	3,0 11,5	10,0 8,3	18,5 12,0	42,0 10,9	0,0 0,0	22,0 13,2	12,0 4,3
TOTAL P/ EVENTO	26 100	120 100	155 100	385,5 100	296,2 100	166,7 100	280,7 100

Na figura 3. temos a curva da produção total de resíduos sólidos gerada a partir da precipitação ocorrida, onde a partir desta curva resulta a equação $y = 0,1648x - 3,9492$ que corresponde a relação entre a precipitação e a geração de resíduos sólidos no arroio Esperança.

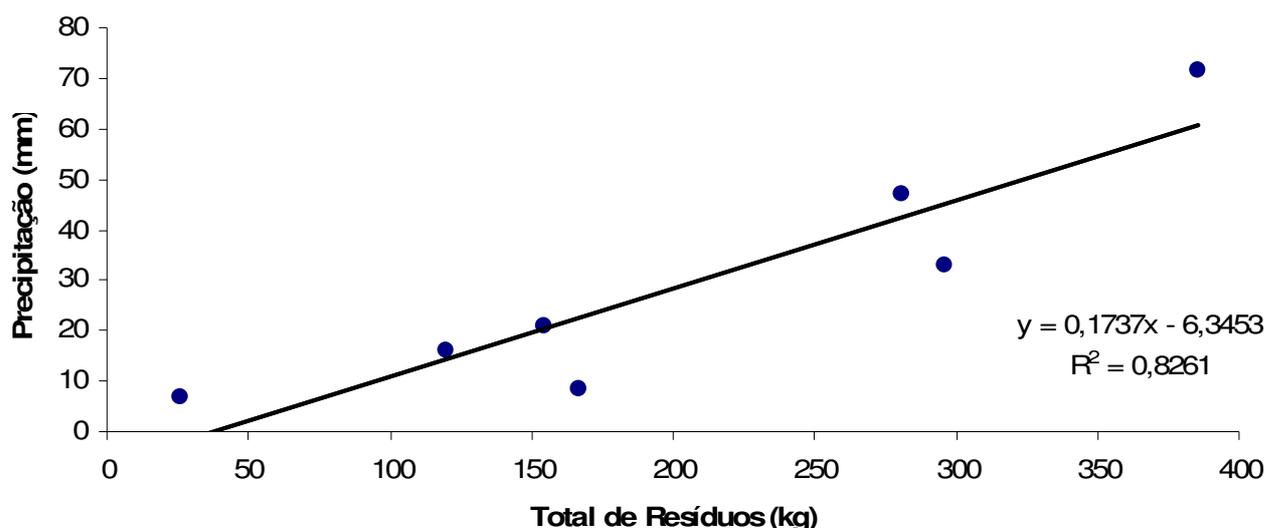


Figura 3. Curva de produção de resíduos sólidos em função da precipitação.

Na tabela 4. tem-se a estimativa da produção total mensal de resíduos sólidos do período de Maio de 2008 a Abril de 2009 estimada a partir da equação resultante da curva de produção gerada com os resultados das coleta realizadas no arroio Esperança, onde o total gerado, no período de um ano, correspondente a 9.149,4Kg em uma precipitação de 1480,5mm.

Tabela 4. Estimativa da quantidade de resíduos sólidos gerado no período de um ano, correspondente aos meses de Maio de 2008 a Abril de 2009.

Meses	mm	Kg
Maio	131,7	811,4526
Jun	155,7	952,7122
Jul	176,8	1076,903
Ago	99,8	623,6951
Set	120,8	747,2972
Out	235,3	1421,223
Nov	43,9	294,678
Dez	31,7	222,8711
jan	162,1	990,3814
Fev	165,4	1009,805
Mar	131,7	811,4526
Abr	25,6	186,9676
Total	1480,5	9149,438

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Com os dados monitorados de produção de resíduos sólidos, para seis campanhas realizadas, observa-se, preliminarmente, que a curva de produção por eventos pluviosos isolados apresenta uma boa tendência de correlação, o que poderá ser confirmado pela seqüência de medições que estão em curso no âmbito da pesquisa.

O processo de monitoramento dos resíduos sólidos carreados pelo escoamento, que, a priori, apresentava dificuldades operacionais de ser realizado, com a estratégia de retenção mediante previsão meteorológica por eventos pluviosos isolados configurou-se com uma forma viável de ser realizada, pois a cada evento de chuva, a mesma deve ser processada, evitando-se grandes acúmulos de resíduos, que trazia em tentativas anteriores, prejuízos a comunidade vizinha ao experimento.

A partir dos resultados da tabela de geração de resíduos sólidos nota-se que a quantidade gerada é significativa. Por conseqüência, isto explica à obstrução de bueiros a jusante, o que faz com que o nível do arroio se eleve e cause inundações as residências ribeirinhas a montante da bacia. Conclui-se inclusive que só a diminuição do volume de lixo no arroio, por conseqüência de alguma política pública implantada, já resolveria o problema de inundações decorrentes.

Como recomendação ao prosseguimento dos estudos, recomenda-se a realização de simulações do total de resíduos gerados pela bacia, mediante uma simulação chuva-produção de resíduos sólidos. Isto pode ser feito de forma semelhante a que se faz para outros processos hidrológicos - como em modelos chuva-vazão, para a previsão de escoamento ou de produção de sedimentos. Além disso, com a continuidade do monitoramento, mais pontos poderão ser adicionados a curva construída, fornecendo maior precisão (a) à previsão de resíduos para a bacia, e (b) para avaliação da eficácia de medidas de gestão realizadas pela prefeitura municipal, tais como a ênfase a educação ambiental ou melhor organização da coleta de resíduos na bacia.

BIBLIOGRAFIA

BRASIL. **Resolução CONAMA N.º 275**, de 25 de Abril de 2001.

SILVEIRA, Geraldo Lopes da. Coord. **Relatório do Projeto Bacia Escola Urbana. Relatório Técnico CNPq Processo Filho: n.º 133536/2007-6**, não publicado. Grupo de Pesquisa Gestão de Recursos Hídricos, Universidade Federal de Santa Maria e do curso de Engenharia Ambiental, UNIFRA, 115p nov/2007.

IBGE (Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), 2007. **Censo Demográfico: Brasil**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/default.php>. Acesso em: 2008.

UFSM, **Projeto Bacia Escola Urbana – BEU**. Registro GAP n.º 024659, do C.T./UFSM, 2008.