



## **IV-028 – ESTUDO COMPARATIVO DO LANÇAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NA DRENAGEM URBANA EM DUAS BACIAS HIDROGRÁFICAS**

**Ana Paula Zubiaurre Brites<sup>(1)</sup>**

Engenheira Civil pela Universidade Federal de Santa Maria. Mestre Engenharia Civil – Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela UFSM.

**Maria do Carmo Cauduro Gastaldini<sup>(2)</sup>**

Engenheira Civil, Doutora em Hidráulica e Saneamento pela EESC/USP, Professora Adjunto Doutora do Departamento de Hidráulica e Saneamento da Universidade Federal de Santa Maria

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Vicente do Prado Lima, 554/301 – Camobi - Santa Maria – RS – CEP: 97105-390 – Brasil - Tel: (55)214-3001 ou (55)81118713 - e-mail: [abrites@mail.ufsm.br](mailto:abrites@mail.ufsm.br)

### **RESUMO**

As comunidades vêm enfrentando grandes desafios para encontrar soluções adequadas para os problemas decorrentes da produção de resíduos sólidos, pois nas últimas décadas a produção de lixo apresentou um aumento significativo, em contraposição observa-se a carência nos serviços de saneamento e a falta de conscientização da população sobre o problema.

A quantidade de resíduo sólido encontrado no sistema de drenagem urbana pode ser influenciada por uma série de fatores, entre os quais estão: tipo de ocupação do solo; características dos eventos de precipitação; população; práticas de gerenciamento urbano; programas de conscientização; características físicas da bacia hidrográfica; e ainda o nível sócio-econômico da comunidade.

Este trabalho tem como objetivo avaliar os resíduos sólidos lançados nos sistemas de drenagem urbana em duas bacias hidrográficas, localizadas em Santa Maria-RS, fazendo uma comparação dos resultados entre si, possibilitando a identificação dos fatores intervenientes na produção, alterando características como: precipitação, uso e ocupação do solo, características físicas da área e período de tempo seco antecedente ao evento.

Na Bacia Hidrográfica Cancela foram avaliados 13 eventos. A carga de resíduos na bacia foi 8,41 kg/ha/ano, apresentando 71,5% de matéria orgânica, 14,7% plástico, 0,4% metal, 4,9% isopor, 0,7% vidro e 7,8% outros do volume total quantificado.

Na bacia hidrográfica Alto da Colina foram avaliados 9 eventos. A carga de resíduos na bacia foi 3,22 kg/ha/ano, e sua composição foi 62,9% matéria orgânica, 29% plástico, 1,3% metal, 1,1% isopor, 0,8% vidro e 5% outros.

As diferenças encontradas entre as bacias estão relacionadas com as características próprias de cada bacia. Foi observada tendência crescente entre a quantidade de resíduos transportados e o volume de escoamento superficial, porém, não existiu correlação com o período de tempo seco antecedente ao evento.

**PALAVRAS-CHAVE:** Resíduos Sólidos, Drenagem Pluvial Urbana, Bacia Hidrográfica.

### **INTRODUÇÃO**

Os estudos referentes à quantidade de resíduos sólidos transportados pela drenagem mostram-se de fundamental importância quando se refere à poluição dos recursos hídricos, pois nas últimas décadas a produção de lixo apresentou um aumento significativo, em contraposição observa-se a carência nos serviços de saneamento e a falta de conscientização da população sobre o problema.

As comunidades vêm enfrentando grandes desafios para encontrar soluções ambientalmente seguras para os problemas decorrentes da produção de resíduos sólidos.

Hall, 1996 (apud Armitage & Rooseboom, 2000) citou que as principais fontes de resíduos no sistema de drenagem podem ser: (1) comportamento anti-social dos indivíduos lançando lixo nas calçadas e pelos veículos, manuseio do lixo doméstico; (2) excesso de embalagens; (3) deficiência dos serviços de limpeza das ruas; (4) instalações inadequadas de disposição; (5) falta de autoridades para impor penalidades aos transgressores.



## 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

Neves & Tucci (2003) ressaltam a problemática dos resíduos sólidos despejados inadequadamente na superfície, atingindo as redes de drenagem urbana, onde estes se constituem, principalmente, de materiais manufaturados como garrafas, latas, envelopes de papel e plástico, jornais, sacolas de compras, embalagens de cigarro, mas também partes de carros, restos de construção e colchões velhos (Armitage & Rooseboom, 2000).

Como consequências ambientais resultantes deste aumento de sedimentos e materiais sólidos Tucci (2002) aponta o assoreamento das seções canalizadas da rede, reduzindo a capacidade de escoamento de condutos, rios e lagos urbanos, e ainda o transporte de poluente agregado a esse material, contaminando as águas pluviais.

Segundo Allison et al. (1998) a quantidade de resíduo sólido encontrado no sistema de drenagem urbana pode ser influenciada por uma série de fatores, entre os quais estão: tipo de ocupação do solo; características dos eventos de precipitação; população; práticas de gerenciamento (limpeza de ruas, forma de armazenamento, regularidade de limpeza, programas de reciclagem); programas de conscientização e educação; período de tempo sem chuvas; tamanho e geometria das entradas e condutos da rede de drenagem; características físicas da bacia hidrográfica; variações sazonais; e intensidade e direção do vento.

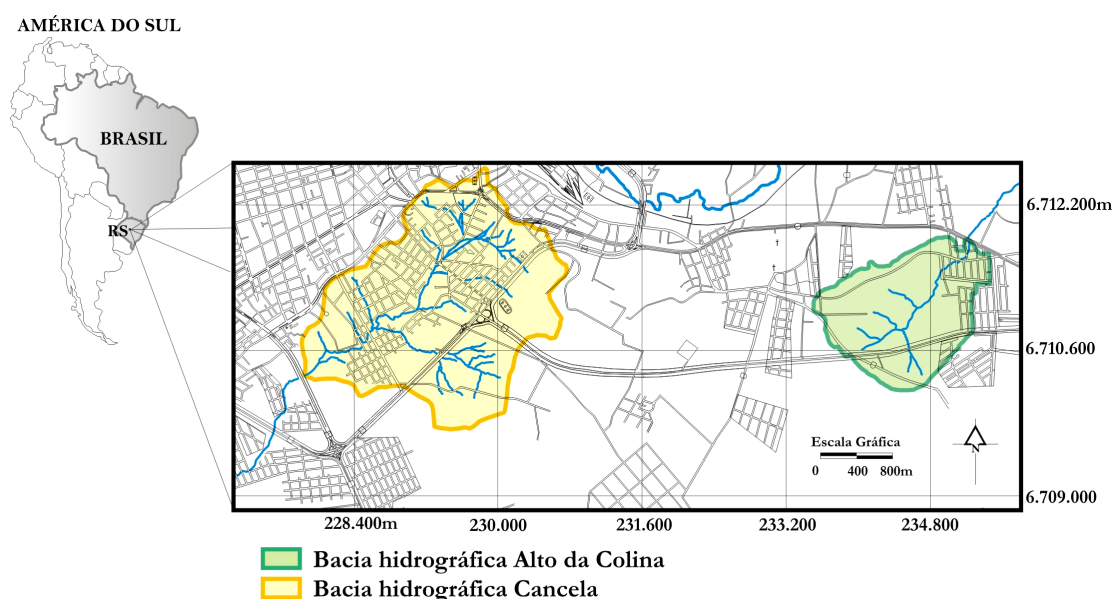
Armitage & Rooseboom (2000) ainda citam que o nível econômico da comunidade também afeta a produção de resíduos, pois pessoas de baixa renda não têm acesso a muitos produtos, consequentemente, não produzem tanto lixo.

Este trabalho tem como objetivo avaliar os resíduos sólidos lançados nos sistemas de drenagem urbana em duas bacias hidrográficas, localizadas em Santa Maria-RS, fazendo uma comparação dos resultados entre si, possibilitando a identificação dos fatores intervenientes na produção, alterando características como: precipitação, uso e ocupação do solo, características físicas da área e período de tempo seco antecedente ao evento.

### MATERIAIS E MÉTODOS

As coletas foram realizadas nas Bacias Hidrográficas Cancela e Alto da Colina, no período de abril a dezembro de 2004, após cada evento de precipitação, onde o resíduo retido foi quantificado em peso, volume e classificado em função da composição: matéria orgânica e matéria inorgânica.

A figura 1 indica a localização geográfica das Bacias Hidrográficas Cancela e Alto da Colina, permitindo visualizar as distâncias e diferenças marcantes entre as bacias, como ocupação e tamanho.



**Figura 1: Localização geográfica das bacias hidrográficas Cancela e Alto da Colina, no município de Santa Maria – RS**



## 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

A bacia hidrográfica Cancela pertence a uma região intensamente urbanizada no município de Santa Maria-RS, apresentando alto grau de degradação ambiental, possui área de 4,95 km<sup>2</sup>, com 56% da área urbanizada e uma população de, aproximadamente, 21.000 habitantes. A bacia apresenta alta cobertura vegetal nas margens do corpo d'água.

A bacia hidrográfica Alto da Colina, também localizada no município de Santa Maria, possui uma área de 1,90 km<sup>2</sup>, sendo 20% urbana e 80% rural, com aproximadamente, 2.000 habitantes. Na bacia não foi observada significativa cobertura vegetal nas margens do corpo d'água.

### PROCEDIMENTO DE COLETA E ANÁLISE DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

Para a retenção do material lançado no sistema de drenagem foram instaladas redes, feitas de telas de aço com malha de 7cm, instaladas transversalmente ao eixo dos rios, possibilitando a retenção e análise da maioria dos resíduos sólidos transportados.

O resíduo acumulado foi removido das redes, ficando depositado por algum tempo nas margens do corpo d'água, para possibilitar o escoamento do excesso de água, evitando assim que houvesse aumento no peso das amostras, devido a umidade do material. Posteriormente o material coletado era classificado em função de sua composição, e logo após quantificado em peso e volume.

Na bacia hidrográfica Cancela houve a necessidade da instalação de duas redes coletoras, com distância de 20m uma da outra, pois em alguns eventos, foram observados problemas quanto à retenção dos resíduos, onde parte do material passava na rede devido a forte vazão ocorrida, não possibilitando sua quantificação. Visando reduzir estes problemas foi instalada a segunda rede, uma vez que a elevação da rede poderia trazer prejuízos ambientais na região.

Para a investigação das fontes e natureza do lançamento de resíduos sólidos vários parâmetros foram analisados, entre eles estão: precipitação total, intensidade máxima de precipitação, volume de escoamento, período de tempo seco antecedente, além das características relacionadas com a área da bacia hidrográfica observada.

### CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL RETIDO

O material retido foi classificado em matéria orgânica e inorgânica, onde a parte orgânica era composta de restos de alimentos; vegetação (folhas, galhos, cascas, raízes, etc); madeira processada e animais mortos. A matéria inorgânica composta de plástico (sacolas, garrafas, recipientes, sacolas de leite); metais (chapas, latas, placas de veículos); vidro (garrafas, copos, lâmpadas); isopor e outros (panos, papéis, papelões, brinquedos, pneus).

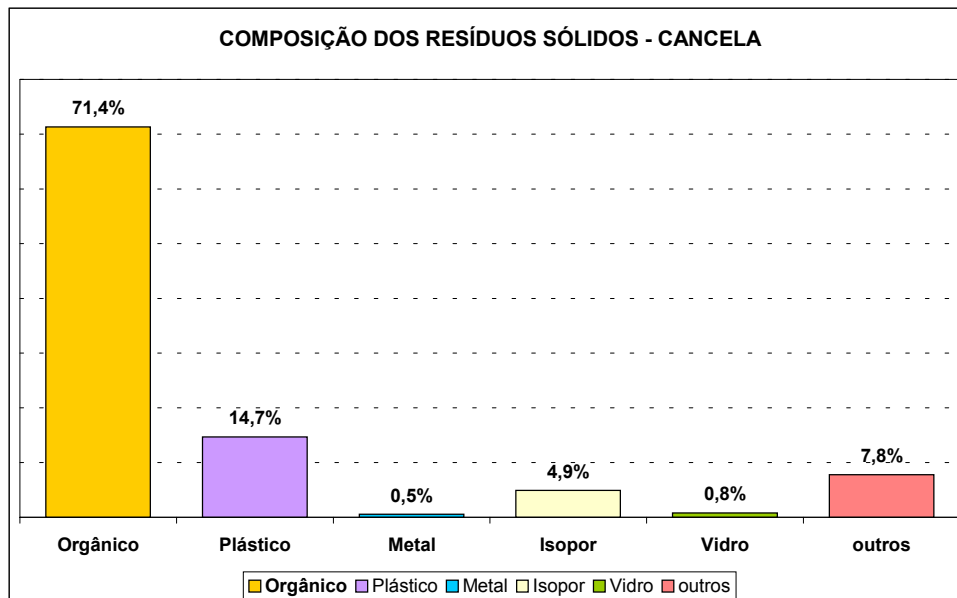
### ANÁLISE DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NAS DUAS BACIAS HIDROGRÁFICAS

O monitoramento dos resíduos sólidos veiculados através do sistema de drenagem urbana foi realizado na estação fluviométrica e de qualidade de água nas bacias hidrográficas Cancela e Alto da Colina. Na primeira o monitoramento ocorreu no período de abril a dezembro de 2004 e na segunda de junho a dezembro de 2004, respectivamente. A figura 2 mostra as fotos das redes instaladas nas bacias com o material retido após um evento de precipitação.



**Figura 2: Fotos das redes coletoras de resíduos nas Bacias Hidrográficas: (A) Alto da Colina e (B) Cancela**

Durante o monitoramento na bacia hidrográfica Cancela foram avaliados 13 eventos, e quantificado um total de 13151,5L ou 2774,0 kg de resíduos sólidos. A figura 3 indica a composição, em percentagem do volume total, dos resíduos sólidos retidos na bacia.



**Figura 3: Composição dos resíduos sólidos na Bacia Hidrográfica Cancela no período de 08/04/04 a 07/12/04**

Conforme o gráfico, a matéria orgânica foi o material mais abundante com 71,5% do volume total. Este valor é justificado pela vegetação de grande porte existente nas margens do corpo d'água, sendo composto de folhas, caules, raízes e madeira processada.

O material plástico representou 14,7% do volume retido, onde os principais constituintes foram sacolas de supermercado, devido sua elevada utilização pela população, e em menor quantidade as garrafas PET. Vale observar que devido o tipo de cobertura vegetal nas margens do corpo d'água, parte do material, principalmente sacolas, permaneciam retidos ao longo de seu percurso, não alcançando as redes coletoras.

O volume de metais e vidros encontrado foi de 0,4 e 0,7%, respectivamente. Os metais, compostos por latas e chapas, não apareceram em elevadas quantidades devido à coleta seletiva realizada pelas cooperativas de catadores de lixo.



## 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

O material que apresentou quantidade significativa na bacia foi o isopor, com 4,9% do volume total, este componente aparece em abundância por ser utilizado em protetores de eletrodomésticos, principalmente, nas áreas comerciais pertencentes à bacia.

A classe outros, composta por panos, papéis, papelões, pneus, esponjas, brinquedos, etc., apresentou 7,8% do volume total quantificado.

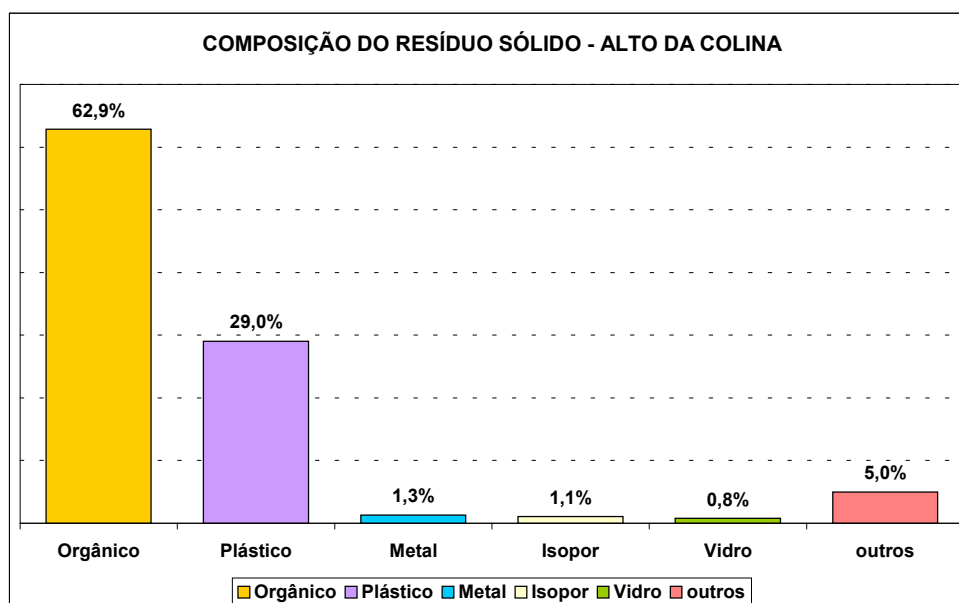
A contribuição de resíduos sólidos na bacia hidrográfica Cancela, em função de sua área e dividida em matéria orgânica e inorgânica, apresenta-se na tabela 1.

**Tabela 1: Contribuição de resíduos sólidos, peso e volume, em função da área na Bacia Hidrográfica Cancela**

Matéria Orgânica		Matéria Inorgânica		Total	
Peso (kg/ha/ano)	Volume (m³/ha/ano)	Peso (kg/ha/ano)	Volume (m³/ha/ano)	Peso (kg/ha/ano)	Volume (m³/ha/ano)
6,94	0,03	1,47	0,01	8,41	0,04

Os valores obtidos mostram que a matéria orgânica foi o material mais abundante na bacia, justificado pela cobertura vegetal existente nas margens do corpo d'água, representando 82,5% da carga total transportada durante o período observado.

Na bacia hidrográfica Alto da Colina foram avaliados 9 eventos, durante o período monitorado, e quantificado um total de 2767,8L ou 301,6 kg de resíduos sólidos. A figura 4 indica a composição, em porcentagem do volume total, dos resíduos sólidos retidos na bacia.



**Figura 4: Composição dos resíduos sólidos na Bacia Hidrográfica Alto da Colina no período de 18/06/04 a 07/12/04**

Observa-se que o material orgânico apresentou 62,9% do volume total de resíduo quantificado (figura 6), onde sua composição predominante foi folhas e caules de médio porte. A bacia não apresenta as margens do corpo d'água coberta por vegetação de grande porte.

O material plástico apresentou 29% do volume total, evidenciando o lançamento direto do resíduo doméstico no córrego, pois os principais constituintes foram sacolas de supermercado e garrafas PET.

As classes metais e vidros apresentaram menores volumes, 1,3 e 0,8%, respectivamente.





## 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

O isopor compôs 1,1% do material quantificado, não apresentando um resultado significativo para esta bacia. A classe outros constituiu 5% do material, onde seu componente principal foi o papel.

Um estudo realizado na bacia hidrográfica Alto da Colina por Brites et al., 2003, no período de 05/08/03 a 19/10/03, encontrou percentagens inversas para a quantificação dos resíduos sólidos no sistema de drenagem. Os resultados foram 20% matéria orgânica e 80% matéria inorgânica, onde o material mais abundante foi o plástico, representado, em média, 60% em volume, seguido de metais e outros. Esta redução de matéria inorgânica, que representa os resíduos domésticos, deve-se a dois fatores: (1) conscientização da população do problema que reduziu o lançamento; (2) surgimento das associações de coleta seletiva de lixo organizadas no local.

Esta mudança nos resultados mostra a importância de campanhas de conscientização e educação ambiental junto a população.

Na bacia Alto da Colina a contribuição de resíduos sólidos, em função de sua área, dividida em matéria orgânica e inorgânica, apresenta-se na tabela 2.

**Tabela 2: Contribuição de resíduos sólidos, peso e volume, em função da área na Bacia Hidrográfica Alto da Colina.**

Matéria Orgânica		Matéria Inorgânica		Total	
Peso (kg/ha/ano)	Volume (m³/ha/ano)	Peso (kg/ha/ano)	Volume (m³/ha/ano)	Peso (kg/ha/ano)	Volume (m³/ha/ano)
2,31	0,02	0,91	0,01	3,22	0,03

Como observa-se a matéria orgânica é o material que produz maior contribuição na bacia, o mesmo encontrado na bacia Cancela, no entanto em menor quantidade.

### COMPARAÇÃO ENTRE O MATERIAL INORGÂNICO NAS DUAS BACIAS HIDROGRÁFICAS

Para melhor visualização dos valores a matéria orgânica foi desconsiderada do montante, possibilitando a análise apenas do resíduo inorgânico, ou seja o material de contribuição doméstica.

As duas bacias apresentaram maiores quantidades de materiais plásticos, composto, principalmente, de garrafas PET e sacolas. A bacia Alto da Colina apresentou 78,2% de plástico, em sua composição, contra os 51,3% da bacia Cancela, justificado pela quantidade de material plástico que permanecia retido na vegetação desta.

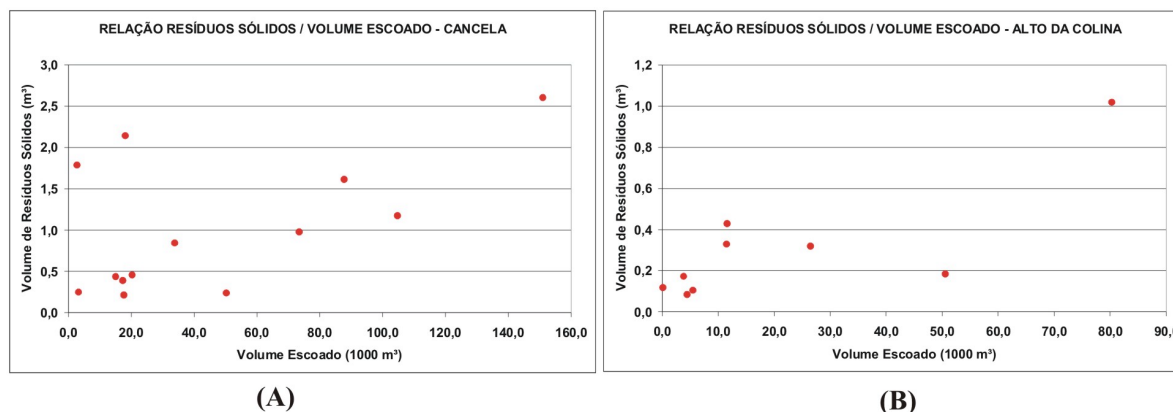
A quantidade de isopor encontrada na bacia Cancela, 17,1 %, foi mais significativa que no Alto da Colina, 3,4%, devido a maior contribuição de áreas comerciais, na bacia Cancela, onde o material é muito utilizado para proteção de eletrodomésticos.

A classe outros foi mais representativa no Cancela, com 27,1%, que no Alto da Colina, com 13,4%. Estes valores também estão associados com o tipo de uso e ocupação do solo, no caso o Cancela apresenta maior área, densidade populacional e, conseqüentemente, maior diversidade de materiais utilizados quando comparado ao Alto da Colina.

As percentagens de vidros e metais foram semelhantes para as duas áreas.

Neste trabalho, embora a quantificação dos resíduos sólidos tenha sido realizada em peso e em volume, na análise foi dado maior ênfase para a quantificação em volume. Este fato se justifica por esta grandeza, na drenagem urbana, tornar-se mais significativa que o peso, devido aos problemas de obstrução do sistema de drenagem causados pelos resíduos sólidos.

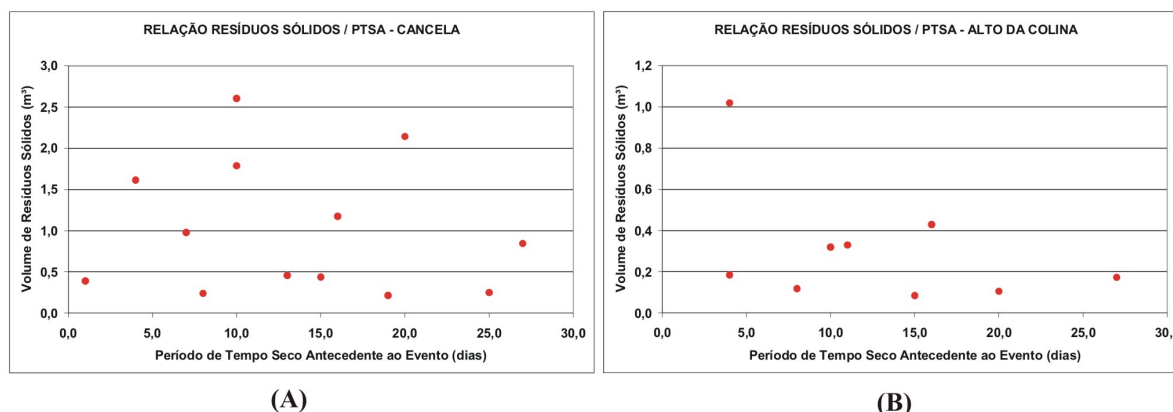
A figura 5 mostra a correlação existente entre o volume de resíduos sólidos transportados com o volume total escoado durante o evento, nas bacias hidrográficas Cancela (A) e Alto da Colina (B).



**Figura 5: Correlação entre volume de resíduos sólidos transportados e o volume escoado os eventos nas bacias hidrográficas Cancela (A) e Alto da Colina (B)**

O transporte de resíduos sólidos apresentou tendência crescente com o aumento do volume do escoamento superficial, observado na figura 5, porém, o transporte de resíduos está relacionado a mais de um parâmetro, como intensidade máxima de precipitação, volume escoado e pela disponibilidade de resíduos sobre a superfície da bacia. As duas bacias apresentaram comportamentos semelhantes quanto ao transporte de resíduos sólidos e volume de escoamento superficial.

A figura 6 mostra a correlação existente entre o volume de resíduos sólidos transportados com o período de tempo seco antecedente ao evento (PTSA), nas bacias hidrográficas Cancela (A) e Alto da Colina (B).



**Figura 6: Correlação entre volume de resíduos sólidos transportados e o período de tempo seco antecedente aos eventos nas bacias hidrográficas Cancela (A) e Alto da Colina (B)**

O volume de resíduos sólidos transportado durante os eventos (figura 6) não apresentaram correlação com o período de tempo seco antecedente ao evento, tal comportamento foi observado nas duas bacias hidrográficas.

## CONCLUSÕES

O objetivo do trabalho foi avaliar os resíduos sólidos lançados nos sistemas de drenagem urbana em duas bacias hidrográficas, localizadas em Santa Maria-RS, fazendo uma comparação dos resultados entre si, possibilitando a identificação dos fatores intervenientes na produção, alterando características como: precipitação, uso e ocupação do solo, características físicas da área e período de tempo seco antecedente ao evento.

A bacia Cancela, com área de 4,95km² e população de, aproximadamente, 21.000 habitantes, apresentou uma carga de resíduos sólidos igual a 8,41 kg/ha/ano, onde sua composição apresentou 71,5% de matéria orgânica, 14,7% plástico, 0,4% metal, 4,9% isopor, 0,7% vidro e 7,8% outros do volume total quantificado.



## 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

A bacia Alto da Colina, com área de 1,90km<sup>2</sup> e população de 2.000 habitantes, obteve carga de resíduos de 3,22 kg/ha/ano, e sua composição foi 62,9% matéria orgânica, 29% plástico, 1,3% metal, 1,1% isopor, 0,8% vidro e 5% outros. As diferenças encontradas entre as bacias estão relacionadas com as características próprias de cada bacia.

As duas bacias apresentaram tendência crescente entre a quantidade de resíduos transportados e o volume de escoamento superficial, no entanto, o transporte de resíduos está relacionado a outros parâmetros simultaneamente.

O volume de resíduos sólidos transportados durante os eventos de precipitação não apresentaram correlação com o período de tempo seco antecedente ao evento, em ambas as bacias.

A quantificação destas cargas apresenta grande importância na avaliação do impacto produzido e no projeto de medidas estruturais para o seu controle, tornando-se indispensável nas análises de alternativas para o gerenciamento dos recursos hídricos.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

1. ALLISON, R. A., WALKER, T. A., CHIEW, F. H. S., O'NEILL, I. C. AND MCMAHON, T. A. From Roads to Rivers – Gross Pollutant Removal from Urban Waterways. Cooperative Research Centre for Catchment Hydrology, Report 98/3, 102 p., 1998.
2. ARMITAGE, N.; ROOSEBOOM, S. The Removal of 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.
3. BRITES, A. P.; GASTALDINI, M.C.; GARCIA, J.B.; GELLER, R.; JORGE, M.P.; HAGEMANN, S. Avaliação Dos Resíduos Sólidos Veiculados Em Sistemas De Drenagem Urbana. In: IV Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental, Porto Alegre, 2004.
4. NEVES, M.G.F.P.; TUCCI, C.E.M. G., Gerenciamento Integrado em Drenagem Urbana: Quantificação e Controle de Resíduos Sólidos. In: XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos / ABRH, Curitiba, 2003.
5. TUCCI, C.E.M. Gerenciamento da Drenagem Urbana In: Revista Brasileira dos Recursos Hídricos/RBRH/ Associação Brasileira dos Recursos Hídricos – Vol.7, n.1 – Porto Alegre / RS: ABRH, 2002. p 5-27.