

1º SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO SUL

I SIMPÓSIO DE ÁGUAS DA AUGM

UTILIZAÇÃO DE AMOSTRADORES INSTANTÂNEOS DE ÁGUA PARA AVALIAÇÃO DA CARGA POLUENTE NA DRENAGEM PLUVIAL URBANA

Ana Paula Z. Brites¹; Maria do Carmo C. Gastaldini² & Alcides Sartori³

Resumo – O acelerado desenvolvimento urbano vem causando preocupações na conjuntura da proteção dos recursos hídricos, tornando cada vez mais importante a identificação dos fatores que influenciam na sua qualidade. As redes de drenagem urbana constituem uma das principais fontes de degradação dos mesmos, através do transporte de cargas. A utilização de amostradores automáticos possibilita a obtenção de amostras de água durante a passagem da onda de cheia em eventos, principalmente, noturnos, que são difíceis de serem monitorados manualmente, possibilitando a avaliação destas cargas poluentes. Este trabalho visa avaliar a carga difusa produzida na Bacia Hidrográfica Cancela, do município de Santa Maria – RS, através de coletas utilizando amostradores de nível d'água. Os resultados obtidos mostram que a carga poluente de DBO foi 3,5 kg/hab.dia, de coliformes totais $3,7 \times 10^{12}$ organismos/hab.ano e coliformes fecais $1,8 \times 10^{11}$ organismos/hab.ano e de sólidos suspensos 62,5 kg/hab.ano. Estes resultados encontram-se dentro dos valores sugeridos pela bibliografia para a drenagem urbana. A quantificação destas cargas apresenta grande importância na avaliação dos impactos produzidos pela urbanização e nos projetos para seu controle, tornando-se indispensável nas análises de alternativas para o gerenciamento dos recursos hídricos.

Abstract – The urban development rapid is cause concerns about the protection of the water resources, turning necessary the quantification of factors influencing their quality. The urban drainage system constitute one of the main sources of water bodies degradation, through the loads transport. The use of automatic water sampler allow to obtain samples during the passage of the flood, mainly, in nocturne events which are difficult to be monitored manually, enabling the evaluation of these pollutant loads. This work seeks to evaluate the diffuse load produced in the Cancela catchment, at Santa Maria city, through collections using automatic water sampler. The results showed a pollutant load of BOD was 3,5 kg/person.year, total coliforms $3,7 \times 10^{12}$ MPN/person.year, fecal coliforms $1,8 \times 10^{11}$ MPN/person.year and suspended solids 62,5 kg/person.year. These results are within the meet values in literature for urban drainage. The quantification of these loads is important the assessment of the impacts of urbanisation and projects for their control, becoming indispensable for analyses of alternatives for the management of the water resources.

Palavras-Chave – Carga difusa, drenagem urbana, amostradores.

¹ Mestranda em Engenharia Civil – Universidade Federal de Santa Maria – UFSM – CT - Departamento de Hidráulica e Saneamento –Campus Universitário – Santa Maria – RS – CEP: 97105-900; fone: (55)220-8483; fax: (55)220-8030; abrites@mail.ufsm.br

² Professora Doutora – Universidade Federal de Santa Maria – UFSM – CT - Departamento de Hidráulica e Saneamento –Campus Universitário – Santa Maria – RS – CEP: 97105-900; fone: (55)220-8483; fax: (55)220-8030; mcarmo@ct.ufsm.br

³ Auxiliar de Campo – Universidade Federal de Santa Maria – UFSM – CT - Departamento de Hidráulica e Saneamento

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento urbano, ocorrido nas últimas décadas, vem causando grandes preocupações no contexto do controle da poluição e proteção dos recursos hídricos, pois este processo ocorre de forma desordenada, atingindo diretamente a infra-estrutura urbana, que por sua vez enfrenta dificuldades para atender os serviços de saneamento básico, deste modo, torna-se cada vez mais importante a identificação dos fatores que influenciam na qualidade de vida e dos impactos causados ao meio ambiente. Entre estes fatores está a carga poluente transportada pelas redes de drenagem urbana, contribuindo, substancialmente, para a degradação dos corpos d'água.

As redes de drenagem urbana veiculam elevadas cargas de poluentes, constituindo uma das principais fontes de degradação dos corpos de água. Esta poluição difusa é gerada pelo escoamento superficial em áreas urbanas, proveniente da deposição de poluentes, de maneira esparsa, sobre a área contribuinte da bacia hidrográfica.

A identificação das fontes geradora da poluição difusa, assim como a quantificação das cargas poluidoras afluentes ao corpo d'água, tornam-se de relevante importância para a avaliação correta do seu potencial poluidor, dos impactos gerados e também para a determinação de medidas de controle adequadas.

Para uma avaliação completa e real destas cargas poluentes tornam-se necessárias coletas de amostras de água. Estas coletas podem ser realizadas através de equipamentos instalados em campo, que realizam a amostragem à medida que o nível d'água se modifica.

A utilização de amostradores automáticos de níveis, como o Amostrador de Nível Ascendente e Amostrador de Nível Descendente, ANA e AND, respectivamente, possibilitam a obtenção de amostras de água durante a passagem da onda de cheia em eventos diurnos e principalmente, em eventos noturnos ou que não são possíveis de serem monitorados manualmente, portanto, a utilização destes equipamentos justifica-se pela necessidade da obtenção de amostras de água em eventos nos quais seriam de difícil assistência momentânea de um operador, pois, Paiva (1997) em uma análise da distribuição temporal com 2.643 eventos chuvosos de 1963 a 1988, no município de Santa Maria-RS, observou que 69% dos eventos registrados ocorreram entre as 0:00 e 6:00 horas.

Os amostradores coletam água na subida e na descida do nível d'água, em profundidades específicas, estabelecidas conforme a variação da lâmina d'água no local de amostragem e seu funcionamento opera sob princípio de sifão.

Este trabalho tem por objetivo avaliar a carga difusa produzida na Bacia Hidrográfica Cancela, localizada no município de Santa Maria – RS, através de coletas utilizando amostradores de nível d'água instantâneos. Na análise foram verificados os seguintes parâmetros de qualidade da

água: demanda bioquímica de oxigênio, coliformes totais e coliformes fecais e sólidos suspensos totais.

METODOLOGIA

As amostras de água foram obtidas em duas situações: tempo seco, na ausência de chuva, realizadas manualmente, e tempo úmido, na presença de chuva com o auxílio dos amostradores instantâneos, este procedimento foi desenvolvido na seção de amostragem da Bacia Hidrográfica Cancela, no período de janeiro a novembro de 2004.

Descrição da área estudada

As coletas foram realizadas na Bacia Hidrográfica Cancela, localizada no município de Santa Maria – RS, composta pelos bairros Nossa Senhora de Lourdes e Medianeira, no período de janeiro a novembro de 2004.

A bacia apresenta uma área de aproximadamente 4,95 km², com uma população de 18.000 habitantes. A região encontra-se em avançado estado de degradação ambiental, onde o principal problema está relacionado ao lançamento clandestino de esgoto doméstico, apesar de existir rede de esgotamento sanitário em alguns pontos da bacia. A figura 1 apresenta a localização geográfica da bacia hidrográfica Cancela.

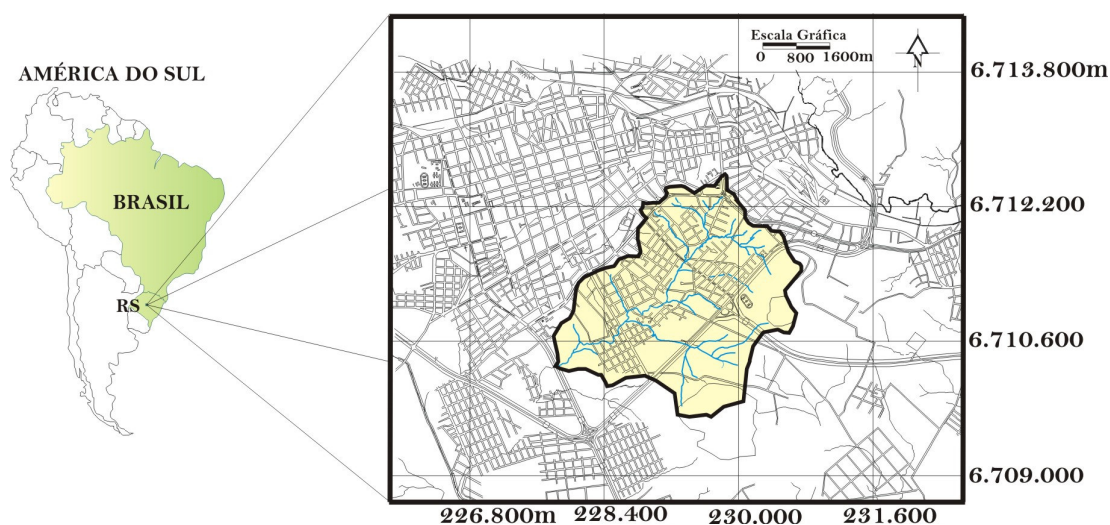


Figura 1. Localização geográfica da Bacia Hidrográfica Cancela.

A Bacia Hidrográfica Cancela contém duas estações de monitoramento: uma estação pluviométrica e uma estação fluviométrica, monitoradas pelo grupo GHIDROS. A estação pluviométrica Sest Senat, composta de um pluviômetro digital do tipo Pluvio-OTT, registra os dados em intervalos de 1 minuto de no mínimo 0,01 mm acumulado neste período.

A estação fluviométrica Cancela, equipada com registrador de nível digital do tipo Orfhimedes (OTT), foi configurada para registrar o nível d'água no intervalo de 5 minutos. Nesta estação também foram instalados os equipamentos de coletas instantâneas.

A figura 2 mostra a estação pluviométrica e a estação fluviométrica inseridas na bacia hidrográfica Cancela.

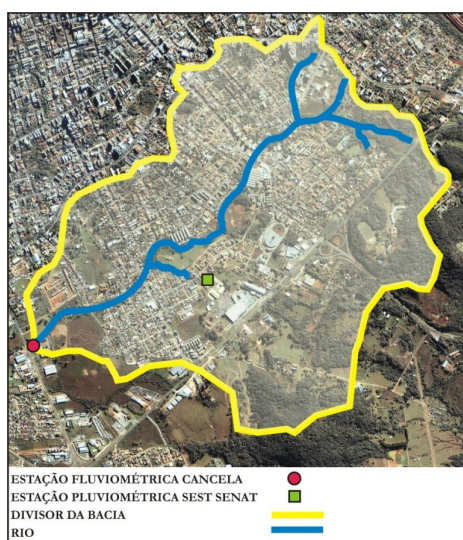


Figura 2. Localização das estações de monitoramento da Bacia Hidrográfica Cancela.

Amostrador de Nível Ascendente – ANA

O amostrador de nível ascendente, ANA, utilizado para coletar amostras de água durante a subida da onda de cheia, em níveis pré-estabelecidos, foi construído com base nas especificações sugeridas por UMEZAWA (1979).

O equipamento é constituído de garrafas nas quais são acoplados tubos na forma de sifão em suas extremidades, onde um dos tubos permite a entrada d'água e o outro a saída de ar durante o enchimento da garrafa. A forma de sifão da tubulação evita a recirculação de água no interior da garrafa enquanto a mesma permanecer submersa. Os bocais de tomada d'água foram instalados no sentido contra-corrente para facilitar a admissão da amostra. A coleta d'água em uma determinada garrafa é realizada do momento em que o nível d'água atinge o bocal de tomada até o momento em

que atinge o ponto mais alto do seu sifão. A figura 3 mostra o equipamento instalado na bacia Cancela.

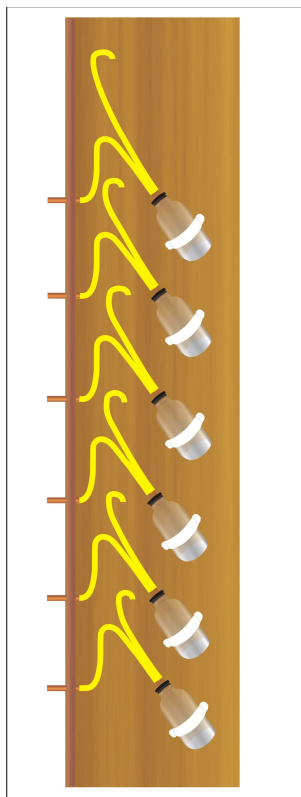


Figura 3. Desenho ilustrativo do Amostrador de Nível Ascendente instalado na seção de amostragem da Bacia Hidrográfica Cancela.

Na bacia hidrográfica do Cancela o amostrador foi instalado na margem esquerda com 11 garrafas, onde as cotas foram fixadas conforme as variações do nível d'água. A tabela 1 apresenta o nível correspondente a cada garrafa do amostrador, ANA.

Tabela 1. Relação nível-garrafa do amostrador de nível ascendente, ANA, instalado na Bacia Hidrográfica do Cancela.

Garrafa	Nível (m)
G1	0,39
G2	0,525
G3	0,655
G4	0,785
G5	0,945
G6	1,085
G7	1,235
G8	1,395
G9	1,545
G10	1,695
G11	1,835

Amostrador de Nível Descendente – AND

O amostrador de nível descendente, AND, coleta amostra de água somente na descida da onda de cheia, em níveis pré-estabelecidos, com o intuito de complementar os dados obtidos pelo amostrador de nível ascendente, ANA, possibilitando a análise completa da variação da qualidade d'água durante a passagem da onda de cheia a.

O amostrador, AND, tem por princípio de funcionamento a abertura do bocal de tomada de amostra, em alturas pré-fixadas, através de um dispositivo acionado por um sistema de roldanas interligado a uma bóia, que indica as variações do nível d'água (UMEZAWA, 1979).

O equipamento foi adaptado de Maldaner (2003) a partir de modificações do modelo AND-78 descrito por UMEZAWA(1979). O desenvolvimento do amostrador realizou-se no Laboratório de Pequenos Aproveitamentos Hidrelétricos do Departamento de Hidráulica e Saneamento da Universidade Federal de Santa Maria, onde após vários ensaios foi instalado em campo, na margem direita do Arroio Cancela. A figura 4 apresenta uma demonstração do amostrador de nível descendente, instalado na seção de coleta da bacia Cancela, e a figura 5 mostra mais detalhadamente o instante em que ocorre a abertura do sistema de funcionamento.

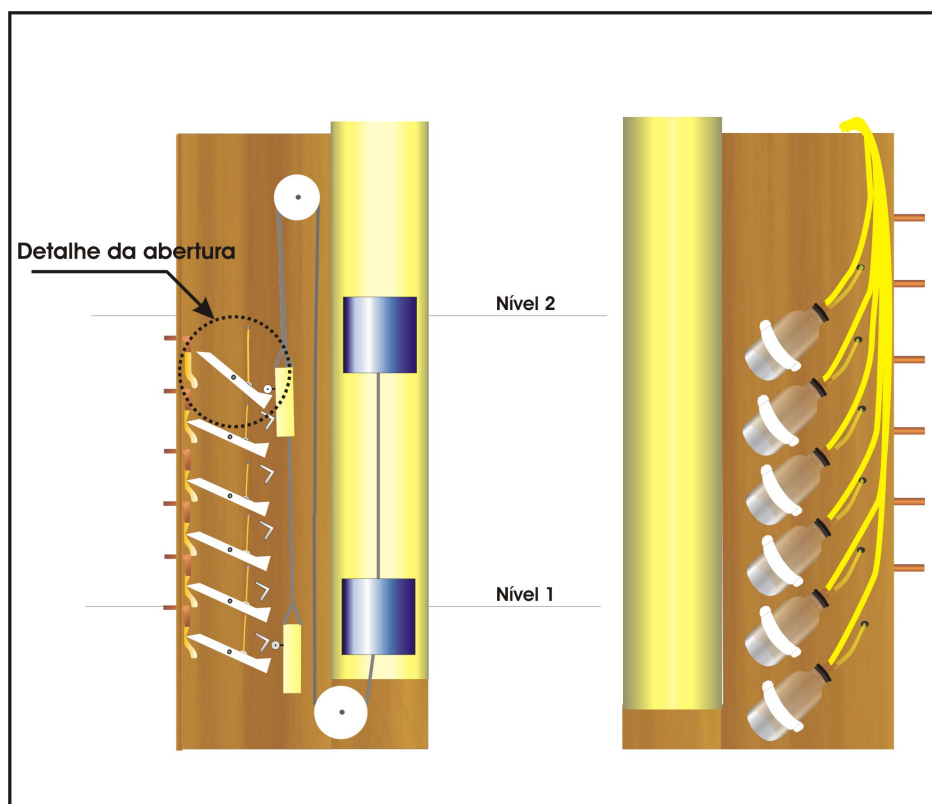


Figura 4. Desenho ilustrativo do Amostrador de Nível Descendente, frente-verso, instalado na seção de amostragem da Bacia Hidrográfica Cancela.

A figura 5 exibe uma ampliação do funcionamento do sistema de abertura do amostrador de nível descendente, onde mostra o momento em que o contrapeso força o sistema que mantém o bico de entrada d'água fechado, permitindo assim o completo enchimento da garrafa.

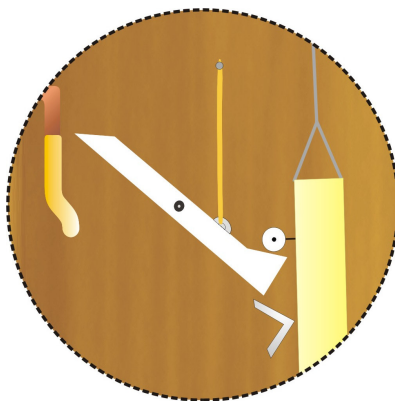


Figura 5. Detalhe do sistema de abertura do Amostrador de Nível Descendente.

Na estação fluviométrica da bacia hidrográfica do Cancela o amostrador foi instalado na margem direita com 10 garrafas fixadas a uma profundidade conforme a elevação do nível d'água no local. A tabela 2 apresenta o nível correspondente a cada garrafa do amostrador, AND.

Tabela 2. Relação nível-garrafa do amostrador de nível descendente, AND, instalado na Bacia Hidrográfica do Cancela.

Garrafa	Nível (m)
G1	0,635
G2	0,785
G3	0,925
G4	1,075
G5	1,225
G6	1,385
G7	1,520
G8	1,670
G9	1,820
G10	1,985

As retiradas das garrafas com as amostras foram feitas logo após o abaixamento do nível da água, pois os parâmetros necessitam serem determinados em seguida, para não haver comprometimento dos resultados. Após as amostras eram transportadas para o Laboratório de Saneamento Ambiental do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Santa Maria para suas respectivas análises.

A figura 6 mostra uma foto da estação fluviométrica da Bacia Hidrográfica Cancela com os equipamentos instalados em campo.



Figura 6. Foto da Estação Fluviométrica Cancela, onde estão instalados os amostradores de nível, ANA e AND, indicados na foto.

Análise dos eventos de precipitação

Para uma avaliação completa das características de qualidade da água (CQA) adotaram-se pontos iniciais e finais para todos os eventos analisados, assumindo para os mesmos as características de qualidade da água (CQA), de tempo seco, do dia mais próximo ao evento.

As cargas de poluente foram obtidas através da multiplicação do valor da característica de qualidade da água (CQA) em questão, pela vazão de escoamento superficial no instante considerado. Os valores destas cargas foram sendo acumulados durante todo o evento de precipitação. Como o corpo d'água apresenta uma carga poluente de base, devido ao lançamento clandestino de esgoto e sua vazão de base, este valor foi calculado e descontado do montante, já que objetiva-se avaliar apenas o impacto do escoamento superficial, ou seja, da poluição difusa no recurso hídrico.

Para uma avaliação geral das concentrações foi calculada a Concentração Média do Evento (CME), pois o uso desta é apropriado para avaliar os efeitos do escoamento superficial nos corpos d'água receptor es, uma vez que estes respondem lentamente as vazões pluviais quando comparados com a taxa nas quais as concentrações dos constituintes modificam-se durante um evento de precipitação, portanto, a Concentração Média do Evento torna-se um importante parâmetro a ser analisado (Lee et al., 2000). A equação 1, apresentada abaixo, indica como esta concentração média do evento foi calculada.

$$CME = \frac{M}{V} = \frac{\int_0^{tr} C_t Q_t dt}{\int_0^{tr} Q_t dt} \cong \frac{\sum C_t Q_t \Delta t}{\sum Q_t \Delta t} \dots\dots\dots(1)$$

onde:

- CME = concentração média do evento (mg/L);
- M = massa total de poluente durante o evento (mg);
- V = volume total durante o evento (L);
- t = tempo (s);
- Ct = concentração no tempo t (mg/L);
- Qt = vazão no tempo t (L/s);
- Δt = intervalo de tempo (s).

No entanto, para obtenção da massa poluente transportada em cada evento, no intuito de obter-se a carga poluente difusa transportada pela drenagem urbana, foi multiplicada a carga pelo intervalo de tempo considerado, como mostra a equação 2.

$$Massa(mg) = C \text{ arg a} \times \text{tempo} \dots\dots\dots(2)$$

onde:

- Carga = concentração no tempo t x vazão no tempo t (mg/s);
- Tempo = intervalo de tempo entre as coletas (s).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este item apresenta os resultados obtidos no decorrer do período, de janeiro a novembro de 2004, na bacia hidrográfica Cancela.

Na tabela 3 apresentam-se os dados referentes às características da precipitação para possibilitar uma análise das relações existentes destes com os parâmetros determinados, para cada evento analisado.

Tabela 3. Dados característicos dos eventos de precipitação.

Data do Evento	Vazão (m³/s)	Precipitação (mm)	Intensidade máxima (mm/min)	Volume total escoado (m³)	PTSA* (dia)
01/02/04	1,02	40,39	1,53	41270,69	
02/03/04	0,41	13,86	0,27	4040,65	31
13/03/04	4,82	109,31	2,62	28433,76	11
22/04/04	1,21	21,5	0,67	10119,67	14
10/06/04	2,92	44,81	1,75	234901,66	33
23/06/04	0,85	21,09	0,33	8148,48	13
06/08/04	1,49	25,91	0,28	16484,56	9
10/09/04	0,47	13,98	0,27	3377,18	23
20/09/04	1,95	54,29	0,71	199484,23	10
13/10/04	1,02	20,61	0,01	16607,67	22
16/10/04	1,89	51,57	0,97	22294,67	3
03/11/04	1,81	41,49	1,65	31992,86	17
09/11/04	0,62	19,75	0,61	16987,38	6

PTSA*: período de tempo seco antecedente ao evento.

A tabela 4 mostra os valores encontrados para a concentração média de cada evento (CME), segundo a metodologia descrita anteriormente.

Tabela 4. Dados referentes à concentração média do evento, CME, para os eventos analisados.

Data do evento	DBO (mg/L)	Colif. Totais (NMP/100mL)	Colif. Fecais (NMP/100mL)	Sól. Sus. Totais (mg/L)
01/02/04	24,09	3,2E+07	4,3E+06	6259,25
02/03/04	72,98	1,7E+07	1,5E+06	410,42
13/03/04	86,12	2,7E+07	8,3E+05	7178,76
22/04/04	88,36	6,4E+06	3,6E+05	814,37
10/06/04	86,74	1,0E+07	5,1E+05	4309,31
23/06/04	29,62	1,7E+07	4,9E+05	258,54
06/08/04	172,32	5,4E+06	2,7E+05	447,34
10/09/04	64,05	2,3E+06	2,2E+05	258,54
20/09/04	51,36	***	***	546,77
13/10/04	185,33	5,0E+06	1,2E+05	1605,23
16/10/04	86,77	4,0E+06	1,4E+05	738,48
03/11/04	71,98	2,5E+06	4,8E+05	1358,63
09/11/04	119,83	8,2E+06	7,7E+05	362,49
Média	87,66	1,1E+07	8,3E+05	1888,32
Máximo	185,33	3,2E+07	4,3E+06	7178,76
Mínimo	24,09	2,3E+06	1,2E+05	258,54

Através de análises na tabela 4, observa-se que o parâmetro de DBO₅ apresentou uma variação das concentrações médias dos eventos de 24,09 a 185,33 mg/L, indicando a grande variabilidade do parâmetro na bacia, onde o valor maior supera em até 7,5 vezes o menor. O parâmetro não apresentou relação direta com volume escoado, onde a maior concentração ocorreu com um volume total escoado de 16607,7 m³ e a menor com 41270,7 m³, 2,5 vezes maior que o volume anteriormente especificado. O parâmetro apresentou uma relação inversa com a precipitação total,

onde as maiores concentrações apareceram nos eventos de menores precipitações, devido as menores diluições ocorridas nestes.

As maiores concentrações médias dos eventos para coliformes totais e coliformes fecais ocorreram no dia 01/02/04 e as menores no dia 10/09/04, onde seus valores variaram entre $2,3 \times 10^6$ e $3,2 \times 10^7$ NMP/100mL para coliformes totais e de $1,2 \times 10^5$ a $4,3 \times 10^6$ NMP/100mL para coliformes fecais. Observa-se que as maiores concentrações ocorreram entre os meses de fevereiro a março, podendo ser explicado pelas elevadas temperaturas da estação correspondente, onde o desenvolvimento destes organismos torna-se mais favorável.

No evento do dia 20/09/04 os resultados de coliformes totais e fecais apresentaram alterações devido o lançamento de alguma substância química, as amostras continham cheiro de combustível, que provavelmente pode ter sido a causa da anulação dos resultados, uma vez que o lançamento de esgoto não foi interrompido.

Os sólidos suspensos apresentaram altos valores para as concentrações médias dos eventos, ficando entre 258,5 e 7178,76 mg/L, nos eventos dos dias 10/09/04 e 13/03/04, respectivamente, estando estes diretamente associados aos eventos de maiores magnitudes, vazão e intensidade de precipitação, pois a região apresenta-se favorável a desmoronamentos nas margens do corpo d'água, que na ocorrência destes eventos tornam-se mais vulneráveis a acontecer, além do transporte das partículas depositadas ao longo da superfície da bacia, entre os eventos, também ser maior.

A tabela 5 apresenta os valores encontrados para o total de massa poluente transportada durante a passagem da onda de cheia nos eventos analisados, através das coletas realizadas com os amostradores de nível instantâneos, ANA e AND.

Tabela 5. Massa poluente acumulada transportada durante os eventos analisados.

Evento	Massa poluente acumulada por evento			
	DBO (g)	Colif. Totais (NMP)	Colif. Fecais (NMP)	Sól. Sus. (g)
01/02/04	867435,25	1,2E+12	4,6E+10	258180217,34
02/03/04	265589,93	6,5E+10	4,6E+09	1637208,39
13/03/04	2433499,00	7,8E+11	2,3E+10	136213440,61
22/04/04	882265,34	6,2E+10	3,2E+09	8238238,98
10/06/04	19973287,00	2,4E+12	1,2E+11	105896207,15
23/06/04	186341,50	1,4E+11	3,9E+09	849514,07
06/08/04	2804733,74	8,6E+10	3,4E+09	7286425,76
10/09/04	191561,84	7,1E+09	5,9E+08	849514,07
20/09/04	10072507,71	***	***	237036109,01
13/10/04	3575641,45	8,3E+10	4,1E+09	26634535,90
16/10/04	3109622,49	1,1E+11	1,4E+10	26734571,62
03/11/04	1736851,13	6,5E+10	2,0E+10	42276500,42
09/11/04	1978125,54	1,4E+11	1,0E+09	6046761,96
TOTAL	48077461,92	5,1E+12	2,4E+11	857879245,29

Pode-se observar que o maior transporte de massa poluente ocorreu no dia 10/06/04, para os parâmetros de DBO, coliformes totais e coliformes fecais, uma vez relacionando estes valores com o período de tempo seco antecedente ao evento nota-se que este foi o de maior número de dias sem ocorrência de chuva, pois a massa poluente permanece depositada sobre a superfície da bacia no período de estiagem, sendo transportada para o corpo d'água durante o escoamento superficial, desta forma, pode ser considerada como a massa poluente de contribuição da drenagem pluvial urbana. Portanto, se esta massa poluente for dividida pelo período total amostrado, resultará na carga poluente ou difusa transportada pela drenagem pluvial da área em estudo. Os sólidos suspensos totais apresentaram-se mais relacionados com as características da precipitação do que com o período de tempo seco antecedente ao evento.

Considerando a área da bacia 4,95km² e que a mesma apresenta, aproximadamente, 18.000 habitantes, chega-se aos valores, expressos na tabela 5, para carga poluente.

Tabela 5. Carga poluente total transportada pela drenagem pluvial urbana na bacia hidrográfica Cancela.

Parâmetro	em função da área da bacia	em função do número de habitantes
<i>DBO</i>	34,9 kg/km ² .dia	3,5 kg/hab.ano
<i>Coliforme totais</i>	3,7E+13 organismos/km ² .dia	3,7E+12 organismos/hab.ano
<i>Coliformes Fecais</i>	1,8E+12 organismos/km ² .dia	1,8E+11 organismos/hab.ano
<i>Sólidos Suspensos Totais</i>	622,8kg/km ² .dia	62,5 kg/hab.ano

A tabela 5 mostra os valores encontrados na Bacia Hidrográfica Cancela para a carga poluente total transportada pela drenagem urbana no período de tempo total observado. Para fins comparativos a tabela 6 apresenta valores de coeficientes de cargas poluidoras potencias da drenagem pluvial urbana, especificados pelo PRÓ-GUAIBA, 1991, e para os encontrados na bacia hidrográfica do Cancela.

Tabela 6. Coeficientes de cargas poluidoras potencias da drenagem pluvial.

Parâmetro	Valores PRÓ-GUAIBA	Valores Cancela
DBO (ton/ha.ano)	0,254	0,13
Coliformes Fecais (NMP/hab.ano)	1,5x10 ⁹	1,8x10 ¹¹

Com base nos valores especificados pelo PRÓ-GUAIBA, os encontrados na área estudada, apesar da pequena diferença, apresentam-se dentro dos valores sugeridos pela bibliografia para a drenagem pluvial urbana. O alto valor para coliformes fecais na bacia hidrográfica Cancela explica-se pelo grande lançamento clandestino de esgoto no corpo d'água, mesmo em áreas onde existe rede coletora de esgoto doméstico, este lançamento torna-se presente.

CONCLUSÕES

Este trabalho objetivou avaliar a carga poluente difusa transportada através do sistema de drenagem urbana, através de coletas realizadas com o auxílio de amostradores automáticos de nível. A utilização destes equipamentos pode ser justificada pela necessidade da obtenção de dados na passagem da onda de cheia em eventos diurnos e noturnos, os quais seriam de difícil assistência momentânea de um operador.

A bacia hidrográfica Cancela, localizada no município de Santa Maria, RS, serviu como objeto de estudo para o presente trabalho.

Os resultados obtidos mostram que o conteúdo orgânico, através do parâmetro DBO, apresentou variação das concentrações médias dos eventos de 24,09 a 185,33 mg/L e uma relação inversa com a precipitação total, onde as maiores concentrações apareceram nos eventos de menores precipitações, que sugerem menores diluições. Através dos eventos analisados a bacia produziu uma massa poluente acumulada, em todo período observado, de 48077,5kg , e a carga poluente difusa de 34,9 kg/km².dia ou 3,5 kg/hab.ano.

A contaminação por microorganismos patogênicos apresentou maiores concentrações médias dos eventos no dia 01/02/04 e as menores no dia 10/09/04, com valores variando entre $2,3 \times 10^6$ e $3,2 \times 10^7$ NMP/100mL para coliformes totais e de $1,2 \times 10^5$ a $4,3 \times 10^6$ NMP/100mL para coliformes fecais. As maiores concentrações ocorreram nos meses de fevereiro e março, podendo ser explicado pelas elevadas temperaturas da estação, onde o desenvolvimento destes organismos torna-se mais favorável. A massa poluente total acumulada na bacia foi $5,1 \times 10^{12}$ NMP de coliformes totais e $2,4 \times 10^{11}$ NMP de coliformes fecais, a fração de carga poluente total transportada de coliformes totais pela drenagem pluvial na bacia foi $3,7 \times 10^{13}$ organismos/km².dia ou $3,7 \times 10^{12}$ organismos/hab.ano e para coliformes fecais obteve-se $1,8 \times 10^{12}$ organismos/km².dia ou $1,8 \times 10^{11}$ organismos/hab.ano.

O parâmetro sólidos suspensos apresentou altos valores para as concentrações médias dos eventos, de 258,5 à 7178,76 mg/L, nos eventos dos dias 10/09/04 e 13/03/04, respectivamente, estes resultados apresentam-se diretamente associados aos eventos de maiores magnitudes, vazão e intensidade de precipitação. A produção de massa poluente acumulada de sólidos suspensos na bacia foi de 857879,2 kg, e a carga poluente gerada do parâmetro foi 622,8kg/km².dia ou 62,5 kg/hab.ano. Este valores elevados são justificados pela forte tendência da área a desmoronamentos nas margens do corpo d'água, além do maior transporte de partículas depositadas ao longo da superfície da bacia durante os eventos.

Para fins comparativos foram utilizados valores de coeficientes de cargas poluidoras potencias da drenagem pluvial urbana, especificados pelo PRÓ-GUAIBA (1991), os quais mostraram que os resultados encontrados para a bacia hidrográfica Cancela apresentam-se dentro dos valores sugeridos para a drenagem pluvial urbana.

As redes de drenagem veiculam cargas poluidoras que contribuem, substancialmente, para a degradação dos corpos d'água, portanto, a quantificação destas cargas apresenta grande importância na avaliação do impacto por elas produzido e no projeto de medidas estruturais para o seu controle, tornando-se indispensável nas análises de alternativas para o gerenciamento dos recursos hídricos, uma vez que estes apresentam-se cada vez mais escassos devido sua exploração indevida.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CT-HIDRO pelo financiamento à pesquisa e aos bolsistas de iniciação científica, Geovane Righi, Júlio César Cerezer, Marcelo P. Jorge, Sabrina Hagemann, Thiago Zanini, pelo auxílio nos trabalhos de campo e laboratoriais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CORSAN/Secretaria do Interior e Obras Públicas. **PRÓ-GUAÍBA. Esgotamento Sanitário na Bacia Hidrográfica do Guaíba.** 1991.

LEE, J. H.; BANG, K. W. **Characterization of Urban Stormwater Runoff.** Water Resource. Vol. 34, nº. 6, pp. 1773-1780, 2000.

PAIVA, J.B.D. **Padrão das Precipitações em Santa Maria-RS.** In: XII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos ES, Vitória. 1997.

PARANHOS, R.M. **Avaliação de Metodologia para Estimativa de Produção de Sedimentos em uma Pequena Bacia Rural de Encosta.** 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Departamento de Hidráulica e Saneamento – HDS – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

UMEZAWA, P.K. **Previsão de Deplúvio (washload) em Rios de Áreas Elevadas.** 1979. 217 p. Dissertação (Mestrado em Hidrologia Aplicada). Instituto de Pesquisas Hidráulicas - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1979.