

ESTUDO DO TRANSPORTE DE SEDIMENTOS E DE ESPÉCIES QUÍMICAS EM ÁREA CILIAR SUBMETIDO À CHUVA SIMULADA

Adilson Pinheiro¹; Haline Depiné²; Vander Kaufmann³; Nilza Maria dos Reis Castro⁴

RESUMO - O escoamento superficial transporta sedimentos e espécies químicas, podendo comprometer a qualidade das águas superficiais. A manutenção da zona ripária pode reduzir a entrada de poluentes e sedimentos nos cursos de água, favorecendo a infiltração da água no solo, absorvendo, retardando ou purificando o escoamento antes que ele atinja os rios. O objetivo deste trabalho foi avaliar as perdas de solo, carbono e nutriente através do escoamento superficial em área de mata ciliar na bacia do ribeirão Concórdia, no município de Lontras – SC, sob chuva simulada com intensidades de 48 e 128 mm h⁻¹. As maiores concentrações de espécies químicas e sedimentos ocorreram no escoamento superficial da chuva de maior intensidade. A carga de sedimentos transportada pelo escoamento da chuva de maior intensidade foi cerca de 60 mil vezes superior aquela da outra chuva. Para os nutrientes, as concentrações transportadas pelo escoamento foram inferiores aos valores encontrados no sistema de drenagem da bacia. No entanto, para as formas de carbono, as concentrações foram superiores aquelas encontradas em rios da bacia.

ABSTRACT – The runoff transports sediment and species what may compromise the quality of surface waters. The maintenance of the riparian zone can reduce the input of pollutants and sediments in streams, favoring water infiltration into the soil, absorbing, slowing or purifying runoff before it reaches the river network. The aim of this study was to evaluate the losses of soil carbon and nutrient by runoff through in the riparian forest area in the Concordia river basin, located in Lontras - SC, under simulated rainfall intensities of 48 to 128 mm h⁻¹. The highest concentrations of chemical species and sediment occurred in the runoff of rain more intense. The sediment load carried by runoff from rainfall of greater intensity was about 60 000 times higher than that of other rain. For nutrients, the concentrations carried by runoff were lower than those found in the basin. However, for forms of carbon, the concentrations were higher than those found in rivers of the basin.

Palavras-chave: Simulação de chuva, produção de sedimentos, transporte de nutrientes.

¹ Doutor, professor do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Regional de Blumenau, rua São Paulo, 3250, 89030-000, Blumenau, SC, email: pinheiro@furb.br

² Doutoranda Engenharia Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental IPH/UFRGS. email: hali_ne@hotmail.com

³ Doutorando Engenharia Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental IPH/UFRGS. email: ambitec@bol.com.br

⁴ Professora do Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. email: nilza@iph.ufrgs.br

INTRODUÇÃO

As zonas ripárias existentes ao longo dos cursos de água desempenham funções importantes na regulação do fluxo de água, de sedimentos e de nutrientes, podendo contribuir na redução do fenômeno de eutrofização de corpos de água. O escoamento superficial nestas áreas é responsável por transportar sedimentos e poluentes para a rede de drenagem. Este processo pode ser influenciado pela qualidade da água dos corpos hídricos em bacias agrícolas.

As zonas ripárias reduzem a conexão entre a fonte de poluição potencial e o corpo de água, podendo fornecer uma barreira física e bioquímica contra a entrada de poluição de fontes distantes no curso de água (Muscutt *et al.*, 1993). Smith *et al.* (1990) afirmam que a zona ripária é capaz de remover sedimentos, matéria orgânica, nutrientes e poluentes transportados pelo escoamento superficial pelos processos de deposição, filtração, sorção, decomposição e desnitrificação. Além de diminuir a capacidade de transporte e a velocidade do escoamento superficial. Segundo USDA (1991), o fósforo é reduzido pela ação da mata ripária porque cerca de 85% do fósforo disponível é ligada às pequenas partículas de solo. A zona ripária também atua na diminuição de entrada do NO_3^- , sendo este elemento removido pelos microorganismos e plantas e subsequente conversão de N inorgânico em biomassa orgânica (Casey e Klaine, 2001). Esses autores obtiveram resultados que demonstraram que o efeito atenuante da zona ripária sobre o NO_3^- foi maior em pequenos eventos, ou seja, eventos em que o volume de chuva não excedeu a capacidade de infiltração, chegando a apenas 20% de atenuação nos grandes eventos.

Este trabalho tem por objetivo quantificar as concentrações e cargas de sedimentos e espécies químicas transportadas pelo escoamento superficial em áreas de ciliar. Ele foi desenvolvido em parcela experimental, com simulação de chuva para intensidades de precipitação diferentes.

MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia compreende a realização de simulação de chuvas em parcelas experimentais implantadas de área ciliar, localizada na bacia do ribeirão Concórdia, no município de Lontras, SC (Figura 1). Foram quantificadas as vazões escoadas superficialmente, determinadas as concentrações de sedimentos e espécies químicas transportadas pela água.

Área de estudo

O ribeirão Concórdia é afluente do rio Lontras e este é afluente do rio Itajaí-Açu, situados na bacia do Itajaí. A bacia possui uma área de drenagem de 30,74 km². Os principais solos que caracterizam a região da bacia do ribeirão Concórdia são Cambissolo, Argissolo e Gleissolo. A vegetação original da área pertence à Floresta Ombrófila Densa. O uso e ocupação do solo na faixa

de 30 m de largura em torno das margens dos cursos de água são de 41,5% de mata nativa, 15,5% de reflorestamento, 24,4% de agricultura e 18,6% de pastagem (Pinheiro *et al.*, 2008).

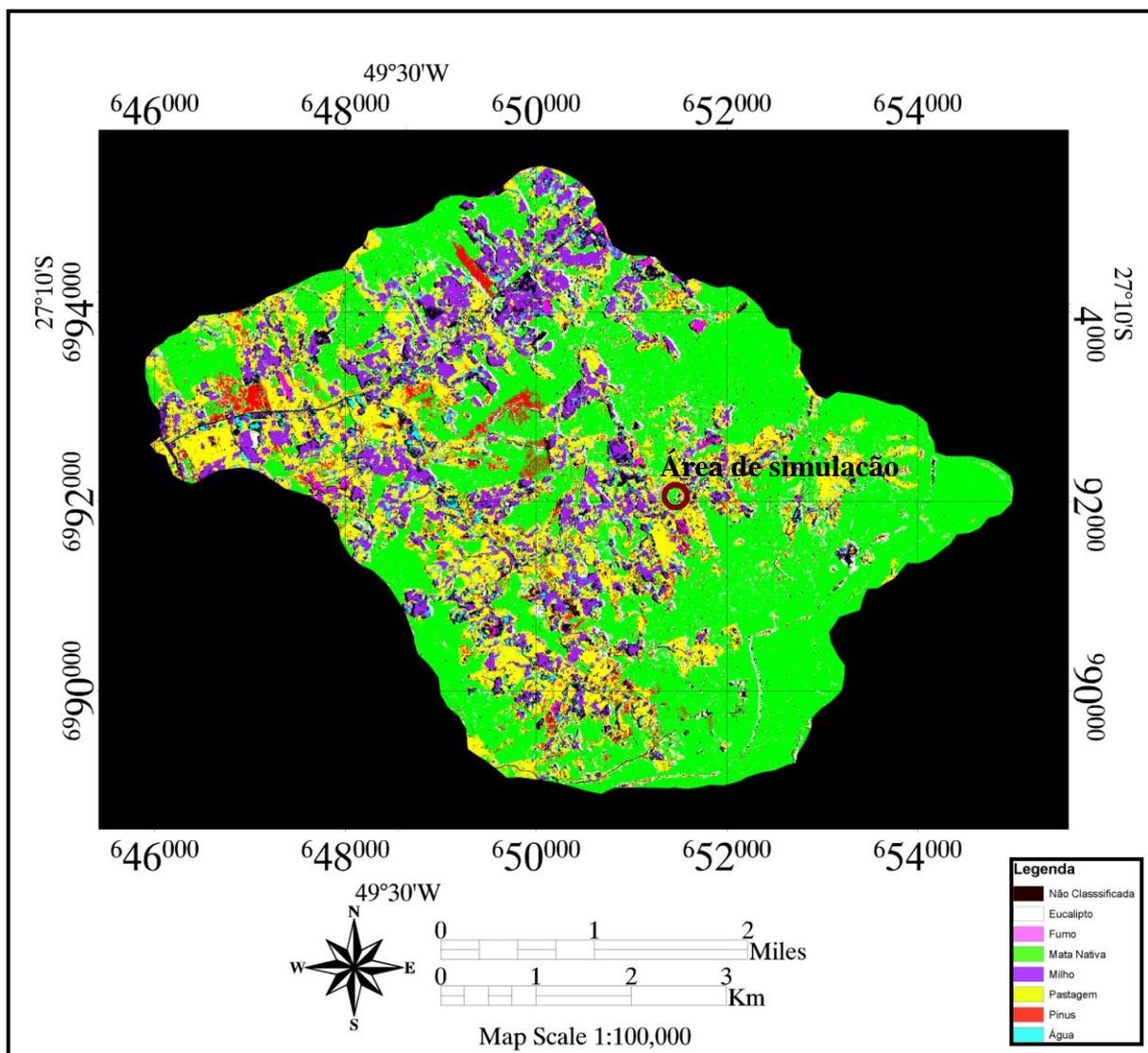


Figura 1 – Uso do solo na bacia do Ribeirão Concórdia, Lontras – SC (Pinheiro *et al.*, 2008).

Dispositivo experimental

Na área ciliar, situada na margem do ribeirão Concórdia foi implantada uma parcela de 1 m², A figura 2 apresenta a instalação da parcela. A parcela apresenta declividade de 2%, estando coberta com vegetação nativa.

Parcelas foram estabelecidas através do isolamento da área, pela fixação de chapas de aço. Foram empregadas três chapas de aço galvanizado de 1,00 de comprimento e 0,20 m de altura. As chapas foram enterradas cerca de 5 cm no solo, nas laterais e na parte superior. Na parte inferior foi colocada uma caixa coletora, confeccionada com chapas de aço galvanizado, com comprimento de 1,00 m, largura de 0,20 de largura e 0,12 cm de altura. No lado colocado para o interior da parcela, foi realizada uma abertura, com altura de 0,05 m, por onde foi coletado a água do escoamento

superficial e os elementos por ela transportados. O lado de montante da caixa foi fechado e o de jusante foi mantido aberto, permitindo a medição da vazão e a coleta de amostras de água, para determinação das concentrações de sedimentos e de espécies químicas.



Figura 2 – Parcela experimental implantada na área ciliar.

Simulação de chuva

Sobre a parcela foi instalado um simulador de chuva, semelhante ao descrito por Meyer e Harmon (1979), localizado a 2,4 m acima da superfície do solo. A Figura 3 mostra o simulador instalado. Foram utilizados dois bicos aspersores, um tipo S.S.CO.3/8KSS-45 para precipitações inferiores a 60 mm h^{-1} e outro tipo Veejet 80-100 para precipitações superiores a 80 mm h^{-1} , sendo operados com uma pressão constante, aferida por meio de um manômetro.



Figura 3 – Simulador de chuva instalado.

As intensidades médias das chuvas aplicadas foram medidas no final do ensaio de simulação, utilizando uma caixa coletora de formato quadrado, com 1,10 m de lado e 0,10 m de altura. Nesta fase foi realizada a simulação de chuva durante o período de tempo de 5 min. Além disso, durante a realização do ensaio, foi colocado imediatamente do lado externo de uma das chapas, um pluviômetro convencional.

Foram efetuados 3 ensaios de simulação de chuva. Dois ensaios foram efetuados no mesmo dia, 20 de janeiro e, o terceiro, no dia 22 de julho. Nos ensaios de janeiro, as intensidades da precipitação foram de 128,9 (ensaio 1) e 57,2 mm h⁻¹ (ensaio 2). No ensaio de julho, a intensidade da precipitação foi de 47,9 mm h⁻¹.

Medição de vazão

As vazões do escoamento superficial foram medidas pelo método volumétrico. Foram utilizados potes de plástico, com capacidade de 920 mL, sendo realizada a coleta de água durante o intervalo de tempo de variáveis (Figura 4). Com a relação entre o volume de água coletada e o intervalo de tempo da coleta, determina-se a vazão do escoamento superficial. As medições foram realizadas a intervalos de tempo de 5 min.



Figura 4 – Coleta de água para medição de vazão

Concentração de sedimentos

A concentração dos sedimentos em suspensão foi determinada através da relação entre a massa de sedimentos e o volume da amostra de água. Para isto foram determinados os pesos da amostra, do pote com o sedimento seco em estufa a temperatura de 50 a 60°C e do pote vazio. A diferença entre o pote com sedimento e o pote vazio, fornece a massa de sedimentos. A diferença do peso da amostra e do pote com sedimento fornece o volume de água da amostra.

Concentração de espécies químicas

Nas amostras de água foram determinadas as concentrações dos nutrientes, acetato (CH_3COO^-), brometo (Br^-), cloreto (Cl^-), fosfato (P-PO_4^{3-}), nitrato (N-NO_3^-), nitrito (N-NO_2^-), sulfato (S-SO_4^{2-}), carbono total (TC) dividido em carbono orgânico total (TOC) e carbono inorgânico (IC).

Para a determinação das concentrações dos nutrientes foi utilizado um Cromatógrafo de troca iônica, marca DIONEX AG4A. Duas colunas de separação foram utilizadas, uma aniônica e outra catiônica juntamente com supressora e um detector de condutividade. As condições de injeção da amostra, temperatura, vazão de gás foram entre outras para coluna Aniônica: Injeção da amostra: 10 μL ; Temperatura: 30 $^\circ\text{C}$; Taxa de fluxo: 1,2 mL min^{-1} ; Eluente: Na_2CO_3 4,5mM/ NaHCO_3 1,4 mM; Condutividade esperada: 19 - 23 μS Supressor: aniônico auto regenerante; Solução estoque: NaHCO_3 100mM; Corrente aplicada: 31 mA. Para a coluna catiônica: 25 μL ; Temperatura: 30 $^\circ\text{C}$; Taxa de fluxo: 0,51 mL min^{-1} ; Eluente: 20mM H_2SO_4 ; Condutividade: $<2\mu\text{S}$ Supressor: catiônico auto regenerante; Solução regenerante estoque: TBAOH (tetrabutylammonium) 2,06M; Corrente aplicada: 30 mA. As curvas de calibração foram realizadas com padrões obtidos junto à DIONEX, utilizando-se cinco pontos na faixa de 1 a 10 mg L^{-1} com leitura em quintuplicata. As leituras das amostras foram realizadas em triplicatas.

Para a análise do carbono orgânico, as amostras foram analisadas diretamente no analisador de carbono orgânico total marca SHIMADZU com curva de calibração inserida através da leitura em quintuplicata de seis pontos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 5 apresenta os hidrogramas de escoamento superficial da parcela experimental.

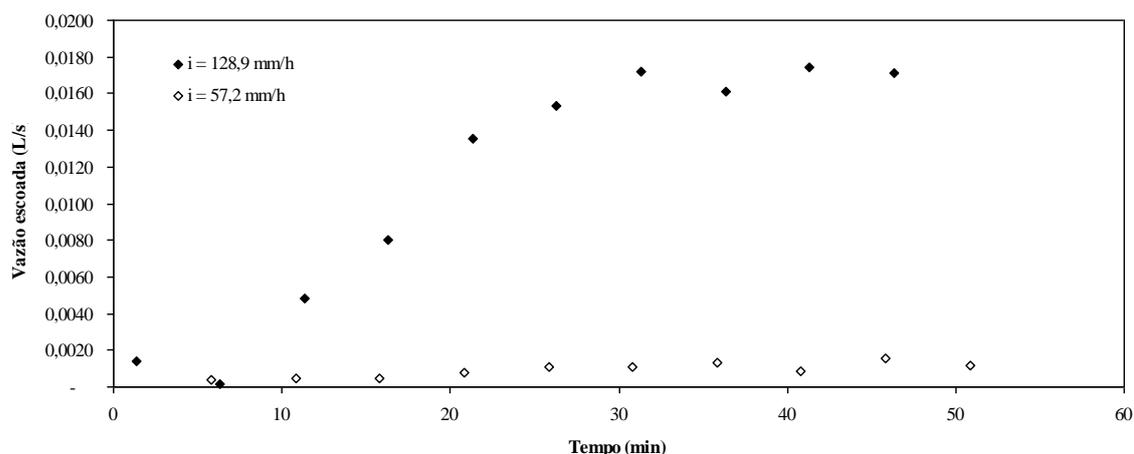


Figura 5 – Hidrogramas de escoamento superficial

Nota-se que os ensaios 1 e 2, realizados em janeiro, geraram escoamentos superficiais. O ensaio efetuado em julho, com intensidade de precipitação de $47,9 \text{ mm h}^{-1}$, não gerou escoamento superficial.

O início do escoamento superficial foi de 5,83 min para o ensaio com intensidade de precipitação de $57,2 \text{ mm h}^{-1}$ e de 1,33 min para a intensidade de precipitação de $128,9 \text{ mm h}^{-1}$.

No ensaio com maior intensidade, a vazão máxima foi da ordem de $0,017 \text{ L s}^{-1}$, tendo sido alcançada 31,33 min após o início do escoamento superficial. Para o outro ensaio, a vazão máxima instantânea foi de $0,0016 \text{ L s}^{-1}$, não tendo sido estabilizada durante o tempo de 50 min, que foi a duração do ensaio. Para esses dois ensaios, o coeficiente de escoamento superficial calculado foi de 5,5% para o ensaio de maior intensidade e de 4,8% na intensidade de $57,2 \text{ mm h}^{-1}$.

A tabela 1 mostra a concentração de sedimentos e espécies químicas encontradas nos dois ensaios, com maior e menor intensidade de precipitação.

Tabela 1 – Concentrações médias, desvios padrões (DP), em mg L^{-1} , e coeficientes de variação (CV em %) de sedimentos e espécies químicas

Elemento	Ensaio 1 ($i = 128,9 \text{ mm h}^{-1}$)			Ensaio 2 ($i = 57,2 \text{ mm h}^{-1}$)		
	Média	DP	CV	Média	DP	CV
Sedimentos	1886,23	801,31	42,48	0,45	0,36	79,37
Acetato	4,40	5,12	116,35	3,93	3,38	86,01
Brometo	0,0096	0,0041	42,12	0,0070	0,0037	52,15
Cloreto	3,15	1,41	44,56	2,55	0,58	22,56
Fosfato	0,07	0,03	48,21	0,10	0,08	77,02
Nitrato	0,86	0,25	28,48	0,71	0,14	19,93
Nitrito	0,02	0,01	71,61	0,02	0,01	57,61
Sulfato	2,62	1,00	38,05	2,64	0,61	23,07
TOC	12,30	2,20	17,93	9,36	2,23	23,85
TC	14,60	1,93	13,24	11,09	1,99	17,96
IC	2,31	0,57	24,67	1,72	0,42	24,42

Com relação à concentração dos sedimentos, o ensaio 1, com maior intensidade, apresentou maiores concentrações do que o ensaio com menor precipitação (2). Para o sedimento, as concentrações médias obtidas entre os dois ensaios foram superiores a 10^3 vezes, sendo de $0,45 \pm 0,36 \text{ mg/L}$ com baixa intensidade e $1886 \pm 801,31 \text{ mg/L}$ no de alta intensidade. Correl (1998) relata que estudos onde se manteve faixas de vegetação como filtro de sedimentos propiciou a ocorrência de menores quantidades de sedimentos em suspensão no corpo d'água comparado com locais onde foi realizado o corte completo da vegetação.

Essa relação entre as concentrações médias de sedimento obtidas entre os dois ensaios não foi obtida para as espécies químicas. A maior relação foi obtida para o brometo (1,37 vezes). O fosfato apresentou resultado inverso ($0,1 \pm 0,08$ e $0,07 \pm 0,03$).

A resolução CONAMA nº 357/2005 considera o valor limite para o parâmetro nitrato de 10 mg L^{-1} . Este parâmetro na bacia em estudo, não ultrapassou os limites estabelecidos pela resolução. As concentrações médias de nitrato determinadas foram de $0,86$ e $0,71 \text{ mg L}^{-1}$, no ensaio 1 (de maior intensidade) e no ensaio 2, respectivamente. Zucco (2011) avaliando o transporte de espécies químicas nos corpos d'água em eventos de chuva na bacia do ribeirão Concórdia obteve valor máximo de $1,91 \text{ mg L}^{-1}$, no momento da subida da onda de cheia e $1,80 \text{ mg L}^{-1}$ na descida da onda. A contribuição de nitrato da área ciliar representa 45 % do nitrato encontrado nos corpos hídricos da bacia. Este valor é variável, pois a mata ciliar se trata de uma área com bastante mobilidade de nutrientes, devido à presença da serapilheira. Essa camada de resíduos vegetais ou a matéria orgânica do solo é resultante da acumulação e decomposição de restos vegetais ou animais, sendo o material vegetal o de maior importância para a ciclagem. Cada parte de uma árvore apresenta diferentes concentrações de elementos químicos em seus tecidos, o que irá refletir na quantidade de nutrientes conforme a produção de cada compartimento na serapilheira (Vital *et al.*, 1999). Em se tratando de mata ciliar, essa acumulação está relacionada ao teor de umidade e da fertilidade do solo que as suportam, apresentando resultados diferentes mesmo sendo essas matas situadas muito próximas entre si e apresentando as mesmas condições climáticas (Pagano e Durigan, 2000). Geralmente, os componentes da serapilheira acumulam-se sobre o solo até que a decomposição se inicie. Deste modo, Waring e Schlesinger (1985) afirmam que a decomposição é um elo crítico que torna os nutrientes disponíveis para circular no ciclo intrassistêmico de um ecossistema florestal.

O NH_4 tem maiores perdas pelo escoamento superficial do que por subsuperfície, uma vez que se encontra relativamente imobilizado no solo e está mais concentrado na superfície do solo. No caso do N-NO_3 , a maior perda ocorre por lixiviação, em razão da sua baixa reatividade com o solo (Bertol *et al.*, 2004).

As concentrações médias de nitrito encontradas não variaram. Para os dois ensaios foram encontrados os mesmos valores, $0,02 \text{ mg L}^{-1}$, o qual representa cerca de 7% do valor máximo encontrado nos corpos hídricos da bacia por Zucco (2011). Esse autor encontrou valores máximos de $0,16$ e $0,27 \text{ mg L}^{-1}$, na ascensão e descida da onda de cheia na bacia durante eventos chuvosos, respectivamente. O parâmetro nitrito, possui limites estabelecidos pela resolução citada de $1,0 \text{ mg L}^{-1}$. Yang *et al.* (2007) observaram que a concentração de amônio, nitrato, nitrogênio total, fósforo solúvel, fósforo particulado e fósforo total diminuiu exponencialmente com o aumento da área ocupada com floresta em uma microbacia.

Os valores encontrados para o parâmetro sulfato estão todos de acordo com os padrões estabelecidos pela resolução CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005) que é de 250 mg L⁻¹. As concentrações médias de sulfato encontrada nos dois ensaios foram semelhante, em média 2,60 mg L⁻¹. Porém, valores acima da média nacional para este parâmetro, 4,55 mg L⁻¹ (Szikskay, 1973), foram encontrados por Zucco (2011) na mesma bacia do presente trabalho, que apresentou valor máximo de 11,56 mg L⁻¹ durante um evento de cheia. Os valores encontrados no escoamento superficial da mata ciliar representam 22% da concentração de sulfato encontrado no corpo hídrico da bacia. Campanha *et al.* (2010) também observaram maiores concentrações de sulfato presente nos corpos hídricos investigados durante os meses de maiores pluviosidades. O parâmetro cloreto possui limite estabelecido pela resolução CONAMA nº 357/2005 de 250 mg L⁻¹, porém segundo Szikszay (1973) a média nacional do parâmetro cloreto é 3,15 mg L⁻¹, que foi a concentração encontrada no escoamento superficial do ensaio de maior intensidade (3,15 mg L⁻¹), e para o ensaio de menor intensidade a concentração média ficou abaixo deste valor (2,55 mg L⁻¹). Os valores encontrados no escoamento superficial destes ensaios foram muito semelhantes ao encontrados por Zucco (2011) nos corpos hídricos da bacia durante eventos de chuva, que encontrou valor máximo de 3,31 mg L⁻¹. Carmo *et al.* (2005) buscando caracterizar química e fisicamente as águas de um afluente do rio Corumbá, observaram que o sulfato e o cloreto encontram-se em maiores concentrações na época chuvosa; o SO₄²⁻ com média de 8,0 na época seca e 23 mg L⁻¹ na chuvosa; o Cl⁻ com 22 na época seca e 35 mg L⁻¹ na chuvosa.

O parâmetro fosfato não possui padrões estabelecidos pela resolução CONAMA nº 357/2005. Porém, a resolução estabelece que como limite de qualidade de águas doces, os valores de fosforo total não ultrapassem 0,025 mg L⁻¹ em ambientes lênticos e 0,1 mg L⁻¹ em ambientes lóticos. As concentrações de fosfato encontradas nos dois ensaios apesar de terem variado pouco, 0,07 mg L⁻¹ (0,022 mg L⁻¹ P) para o ensaio 1 e 0,10 mg L⁻¹ (0,032 mg L⁻¹ P) para o ensaio 2. Zucco (2011) encontrou durante eventos de cheia valores máximos de fosfato na ordem de 0,94 mg L⁻¹, ou seja, 0,30 mg L⁻¹ de fósforo, valores duas vezes acima do estabelecido pela resolução para ambientes lóticos. A contribuição de fosfato pelo escoamento superficial na mata ciliar para o corpo hídrico é de cerca de 8%. Pode-se atribuir as baixas concentrações de fosfato encontrado, ao fato de as principais fontes na área de estudo são atribuídas a fertilizantes agrícolas, dejetos de animais e esgoto doméstico e as zonas ripárias estarem funcionando como um filtro na retenção de alguns elementos. Barros *et al.* (2010) avaliando alguns parâmetros da qualidade da água de diferentes pontos de igarapés, em função da cobertura vegetal resultante das atividades agrícolas e urbanas, observaram que as concentrações de fósforo foram menores nos pontos de coleta onde havia mata ciliar preservada.

Para o carbono orgânico total e o carbono inorgânico, a resolução CONAMA nº 357/2005 não define valores limites. Os valores médios obtidos para estes parâmetros foram de 12,30 e 9,36 mg L⁻¹ para o COT, e 2,31 e 1,72 mg L⁻¹ para o CI, para os ensaios de maior e menor intensidade respectivamente. Zucco (2011) encontrou valores máximos de 7,13 mg L⁻¹ para o COT e 5,60 mg L⁻¹ para o CI, durante eventos de cheia. Estudos realizados nesta bacia, só que em época de estiagem, apresentaram valores para CI que variaram de 4,65 a 6,83 mg L⁻¹ e para COT 6,01 e 9,92 mg L⁻¹ (Faht, 2009). Esses resultados demonstram que as áreas ciliares, ricas em matéria orgânica, provenientes da serrapilheira, tornam-se importantes fontes de carbono orgânico aos corpos de águas superficiais.

A magnitude das contribuições de fontes difusas de nutrientes em uma bacia hidrográfica de ocupação agrícola está intimamente ligada à ocupação e ao manejo do solo, os quais por sua vez estão relacionados às interações solo-água-nutriente e às condições climáticas, topográficas, pedológicas e geológicas locais (Pisa et al., 1999). A figura 5 apresenta as cargas de espécies químicas na água do escoamento obtidas nos dois ensaios. Nota-se que para todos os elementos observados os valores transportados no ensaio de maior intensidade foram mais elevados. É importante observar as cargas transportadas de sedimentos nos dois eventos. No de maior intensidade a carga de sedimentos foi de 541,72 kg ha⁻¹ enquanto que no de baixa intensidade foi de 0,01 kg ha⁻¹. O primeiro valor é cerca de 60 mil vezes superior ao segundo. Depiné (2010) estimou que eventos de chuvas simuladas de intensidade elevadas em estradas geram cargas de sedimentos entre 5,40 e 5,71 t ha⁻¹.

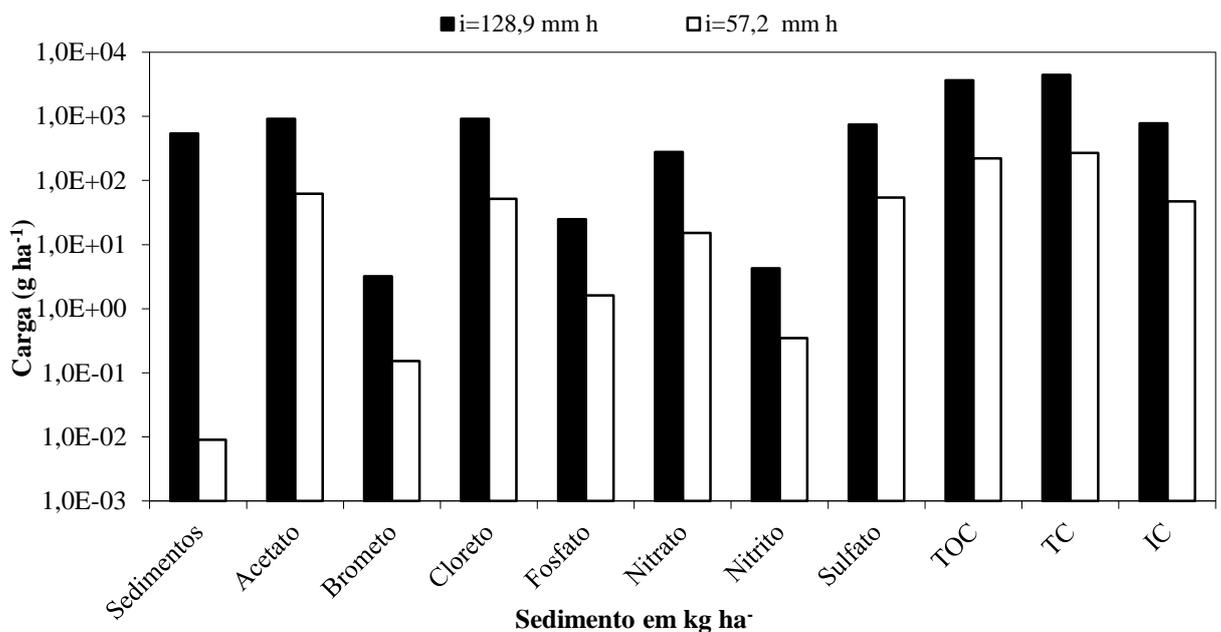


Figura 5 – Cargas transportadas nos ensaios

As cargas de nitrato observadas neste experimento no escoamento superficial foram de $0,01524 \text{ kg ha}^{-1}$, no ensaio de menor intensidade e $0,279 \text{ kg ha}^{-1}$, no ensaio de maior intensidade. Pinheiro e Deschamps (2008) estudando a microbacia do ribeirão Fortuna, em Santa Catarina, concluíram que as cargas anuais transportadas nitrato variam de 1,13 a $4,97 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ naquela bacia. Lima (1989) verificou que cerca de 33% da remoção de nitrato na zona ripária foi devido ao processo de absorção pela vegetação ciliar, sendo o restante devido as transformações bioquímicas do nitrogênio que ocorrem nas zonas saturadas da zona ripária. Laflen e Tabataba (1984) estudando a concentração de nutrientes dentro de uma mesma chuva, verificaram que nos 10 minutos iniciais de chuva, a concentração de N na água foi seis vezes maior do que no final dos 120 minutos.

As cargas de nitrito, sulfato e acetato observadas no primeiro ensaio (maior intensidade) foram cerca de 13 vezes maiores do que as cargas observadas no ensaio em que a menor intensidade de precipitação foi empregado. Fosfato e cloreto apresentaram cargas 16 vezes superiores no ensaio de maior intensidade. Carbono orgânico, inorgânico e total também foram encontrados em cargas 16 vezes maiores no ensaio de maior intensidade de precipitação.

CONCLUSÕES

A simulação de chuva em parcela de área ciliar, com intensidades de precipitações diferentes, mostrou que a chuva com intensidade de $47,9 \text{ mm h}^{-1}$ não gerou escoamento superficial. Escoamentos superficiais foram gerados para as intensidades de 128,9 (ensaio 1) e $57,2 \text{ mm h}^{-1}$ (ensaio 2). As concentrações de sedimentos no ensaio 1 foram mil vezes superiores ao do ensaio 2, enquanto a carga no ensaio 1 foi 60 mil vezes superior aquela do ensaio 2. As concentrações das espécies químicas não foram muito diferentes nos dois ensaios. Para as cargas transportadas também foram no ensaio 1 superiores aquelas do ensaio 2. A comparação das concentrações transportadas pelo escoamento superficial na parcela da área ciliar demonstra que as concentrações de nutrientes são inferiores aquelas encontradas nos rios da bacia. No entanto, as concentrações de carbono transportadas pelo escoamento na área ciliar foram superiores medidas em condições de enchentes na rede fluvial da bacia.

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer a FAPESC, termo de outorga 1344/2010-7 pelo suporte financeiro.

BIBLIOGRAFIA

- BARROS, Y. J.; KUMMER, L.; ORRUTÉA, A. G.; NUNES, N.; MELLEK, J. E.; JESUS, M. R. G.; ANDRETTA, R. L.; FAVARETTO, N. (2010). “*Influência de diferentes usos e ocupações do solo na qualidade da água dos igarapés Piarara e Tamarupá, em Cacoal – RO*” Rev. Ci. Agra., n.53, v.1, pp.102-107.
- BRASIL. (2005). Conselho Nacional de Meio Ambiente. Dispões sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. “*Resolução CONAMA n.º 357, de 17 de março de 2005*”. **Diário Oficial da União**, Brasília.
- BERTOL, I.; GUADAGNIN, J.C.; CASSOL, P.C.; AMARAL, A.J.; BARBOSA, F.T. (2004). “*Perdas de fósforo e potássio por erosão hídrica em um inceptisol sob chuva natural*”. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.28, n.3, pp.485-494.
- CAMPANHA, M. B.; MELO, C. A.; MOREIRA, A. B.; FERRARESE, R. F. M. S.; TADINI, A. M.; GARBIN, E. V.; BISINOTI, M. C. (2010). “*Variabilidade espacial e temporal de parâmetros físico-químicos nos rios Turvo, Preto e Grande no Estado de São Paulo, Brasil*”. Quim. Nova, v. 33: 9. pp.1831-1836.
- CARMO, M. S.; BOAVENTURA, G. R.; OLIVEIRA, E. C.; (2005). “*Geoquímica das águas da bacia hidrográfica do rio Descoberto, Brasília/DF – Brasil*” Quim. Nova, v. 28: 4. pp. 565-574.
- CASEY, R. E. e KLAINE, S.J. (2001). “*Nutrient attenuation by a riparian wetland during natural and artificial runoff events*”. J. Environ. Qual. 30: pp. 1720-1731.
- CORRELL, D.L. (1998). “*The role of phosphorus in the eutrofication of receiving waters*”. J. Environ. Qual., 27: pp. 261-266.
- DEPINÉ, H. (2010). “*Estudo do processo sedimentológico na bacia experimental do ribeirão Concórdia SC*”. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Fundação Universidade Regional de Blumenau. Blumenau.
- FAHT, G. (2009). “*Distribuição espacial e temporal de nutrientes e carbono nas bacias dos ribeirões Concórdia e Garcia – SC*”. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Fundação Universidade Regional de Blumenau. Blumenau.
- LAFLEN, J.M.; TABATABAI, M.A. (1984). “*Nitrogen and phosphorus losses from cornsoybean rotations as affected by tillage practices*”. Transactions of the ASAE, 32: pp.58-63.
- LIMA, P.R.A. (1998). “*Retenção de água de chuva por mata ciliar na Região Central do Estado de São Paulo*”. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Ciências Agrônomicas. Universidade Estadual Paulista. 100p.
- MEYER, L.D. e HARMON, W.C. (1979). “*Multiple intensity rainfall simulator for erosion research on row sideslopes*”. Transactions of the American Society of Agricultural Engineering, v.22, pp.100-103.
- MUSCUTT, A .D., HARRIS, G.L., BAILEY, S.W., DAVIES, D.B.(1993). “*Buffer zones to improve water quality: a review of their potential use in UK agriculture*”. Agriculture, Ecosystems and Environments., v.45, pp.59-77.
- PAGANO, S. N. e DURIGAN, G. (2000). “*Aspectos da ciclagem de nutrientes em matas ciliares do oeste do Estado de São Paulo*” in Matas Ciliares: Conservação e Recuperação. São Paulo. EDUSP/FAPESP. pp.109 – 123.
- PINHEIRO, A.; DESCHAMPS, F.C. (2008). “*Transporte de ortofosfato e de nitrato na microbacia do Ribeirão Fortuna, SC*”. Engenharia Agrícola e Ambiental, v.12, n.3, pp.318-325.

- PINHEIRO, A.; BERTOLDI, J.; VIBRANS, A. C.; REFOSCO, J. C. (2008). “*Relação entre uso da terra da faixa ciliar e a qualidade das águas em uma bacia agrícola*” in Anais XXXI Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental de AIDIS, Santiago: AIDIS, pp. 1-7.
- PINHO, A. P. de; MATOS, A. T. de; COSTA, L. M. da; MORRIS, L. A.; MARTINEZ, M. A. (2006). “*Modelagem da retenção de herbicidas em zonas ripárias*”. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina grande, v. 10: 4, pp. 896-902.
- PISA, P. R.; PRETI, F.; ROSSI, M.; VENTURA, F.; MAZZANTI, B. (1999). “*Water, soil and chemical losses: field experiments and model analysis*”. Water Science and Technology, Great Britain, v.39, n.3, pp.93-102.
- SZIKSZAY, M. L. S. (1973). “*Boletim IG- USP*”. v. 4, 97p.
- SMITH, S.J.; SCHEPERS, J.S.; PORTER, L.K. (1990). “*Assessing and Managing Agricultural Nitrogen Losses to the Environment*”. in: *Advances in soil science*. Org. por S.J. Smith, J.S. Schepers, and L.K. Porter. B.A. Stewart USDA Conservation & Production Research Laboratory, Bushland, Texas. pp. 1-41.
- U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE – USDA. (1991). “*Riparian forest buffers: function and design for protection and enhancement of water resources*”. Pennsylvania, 24p.
- VITAL, A.R.T.; LIMA, W.P.; POGGIANI, F.; CAMARGO, F.R.A.(1999). “*Biogeoquímica de uma microbacia após o corte raso de uma plantação de eucalipto de 7 anos de idade*”. Scientia forestalis, n.55, pp.17-28.
- WARING, R. H. e SCHLESINGER, W. H. (1985). “*Forest ecosystems: Concepts and management*”. St Louis: Academic Press, 340p.
- YANG, J.; ZHANG, G.; ZHAO, Y. (2007). “*Land use impact on nitrogen discharge by stream: a case study in subtropical hilly region of China*”. Nutr Cycl Agroecosyst ,v. 77, pp. 29 – 38.
- ZUCCO, E. (2011). “*Subsídios à gestão de recursos hídricos em bacias agrícolas e urbanas: estudo da qualidade das águas superficiais*”. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Fundação Universidade Regional de Blumenau, 126p.