

XI SIMPÓSIO DE RECURSOS HIDRÍCOS DO NORDESTE

Escoamento Superficial em Microbacias com Cobertura de Cana-de-Açúcar: entendendo as taxas de produção e as concentrações de carbono orgânico dissolvido

Rafael Pires Fernandes¹; Luiz Felipe Salemi¹; Robson Willians da Costa Silva¹; Tatiana Morgan Berteli de Andrade¹; Luis Otávio Granço Correa¹; Fabiana Fracassi¹; Jorge Marcos de Moraes¹; Plínio Barbosa de Camargo¹ & Luiz Antonio Martinelli¹

Resumo - Com a expansão da cultura de cana de açúcar, resultado da popularização dos biocombustíveis há também elevação da quantidade de compostos a base de carbono para o suprimento nutricional dessa cultura. Todavia, esses nutrientes aplicados às plantações, não só afetaram a produção agrícola, como tem implicações sobre a qualidade da água das bacias em que se inserem esses plantios. Neste sentido, duas microbacias, localizadas na bacia do rio Corumbataí, no Estado de São Paulo, foram instrumentalizadas com o intuito de quantificar os processos de escoamento superficial e a concentração de carbono orgânico nelas contidas. Os valores médios do coeficiente de escoamento superficial das parcelas instaladas mostraram-se relativamente baixos, mas, ao compararmos as parcelas sob cobertura de cana-de-açúcar com as situadas dentro da floresta ripária, notou-se que a área de floresta ripária apresentou coeficientes nitidamente mais baixos. Além desse, outros fatores se mostraram decisivos para as taxas de coeficiente de escoamento superficial, entre elas, a declividade do terreno e a proximidade às zonas variáveis de afluência. As concentrações de COD, por sua vez, variaram de 329,2 a 11591,7 μM , sendo a porção experimental situada dentro da floresta ripária aquela que apresentou os valores médios calculados mais elevados, mostrando o efeito desta sobre a biogeoquímica.

Abstract – Biofuel demand is still increasing very fast in Brazil. To provide enough ethanol for automobile, the areas of sugarcane plantations have been expanded. However, to sustain crop growth, nutrients have to be applied in the soil. These nutrients will likely affect agricultural production, but it has also environmental implications for water quality within small watersheds. In this context, two small watersheds located in Corumbatai river basin, in Sao Paulo State, Brazil, were instrumented in order to quantify the processes of surface runoff and dissolved organic carbon (DOC) concentrations within it. The mean values of runoff coefficient from the plots were relatively low, but when comparing the plots under the sugarcane and a riparian forest sited in the same watershed, it was noted that the area of riparian forest presented coefficients substantially lower. Besides this, other factors were important for the rate of runoff coefficient, among them, the terrain slope and proximity to variable source areas. The concentrations of dissolved organic carbon ranged from 329.2 to

¹Laboratório de Ecologia Isotópica/ Universidade de São Paulo. Av. Centenário , 303, CEP 13416-000; telefone: (19) 3429-4063; email: rpfernandes@cena.usp.br

11591.7 μM . The toe slope portion showed the highest mean a likely effect of riparian forest on DOC concentration within this hydrological pathway.

Palavras-chave – cana-de-açúcar; escoamento superficial, carbono orgânico dissolvido

INTRODUÇÃO

A utilização que o homem faz dos recursos naturais contribui para modificar os ciclos biogeoquímicos, o fornecimento de bens e serviços pelos ecossistemas, bem como a própria estrutura e funções desses ecossistemas. Algumas das mais importantes mudanças na paisagem resultam de ações diretas do homem, relativas à implementação de diferentes estratégias de uso. Essas mudanças, aliadas à expansão do cultivo da cana-de-açúcar, na qual se tem um aumento dos aportes de compostos a base de carbono, alteram os ciclos da água, solutos e energia nas bacias hidrográficas e os elementos desses balanços (TANIGUCHI, 1997), além de provocar diferenças notáveis na água quanto a sua composição de carga química e particulada quando comparadas a microbacias semelhantes, porém, com diferente tipo de cobertura vegetal. Observa-se que as microbacias são sistemas muito sensíveis às mudanças de uso do solo sendo, portanto, sistemas ideais para compreender os efeitos destas alterações sobre a dinâmica da água e de nutrientes (LIKENS et al., 1969; LIMA; ZAKIA, 2000).

A bacia do rio Corumbataí encontra-se em uma porção do território paulista de grande importância econômica, sob o ponto de vista do desenvolvimento agrícola e industrial, sendo a cultura da cana-de-açúcar a de maior expressão na bacia, sendo preocupante ambientalmente a ocupação desordenada do seu cultivo, com potencial de expansão frente às expectativas do mercado sucro-alcooleiro.

A água no solo e o carbono são dois dos principais fatores na manutenção da produtividade primária, controlando a diversidade e a dinâmica das populações vegetais, além de serem fundamentais nos processos ecológicos, tais como, produtividade e ciclagem dos nutrientes, podendo alterar a estrutura e o funcionamento dos ecossistemas aquáticos e terrestres.

Os processos hidrológicos determinam como e onde a água se move, enquanto as transformações biogeoquímicas controlam a forma e a quantidade de carbono que é transportado para os ecossistemas aquáticos. Dessa maneira, fica patente que para

compreender a dinâmica de nutrientes adequadamente é necessário conhecer também a dinâmica da água no sistema (SCHLESINGER et al., 2006).

Desta maneira, o presente trabalho teve como objetivo quantificar os processos de escoamento superficial, a fim de obter o coeficiente de escoamento superficial e a concentração de carbono orgânico dissolvido nessa via hidrológica em duas microbacias com coberturas de cana-de-açúcar. A microbacia nº 02 apresenta área de preservação permanente (APP) de acordo com a Lei Federal nº 4.771 de 1965, enquanto que a microbacia nº 01 esta é praticamente inexistente.

MATERIAIS & MÉTODOS

Descrição das áreas de estudo

O estudo foi realizado em duas microbacias, localizadas próximas ao exutório da bacia do rio Corumbataí, sub-bacia do rio Piracicaba, que drena uma área de 170.775,6 hectares, e localiza-se na região centro-leste do Estado de São Paulo, entre as latitudes 22°04'46''S e 22°41'28''S e longitudes 47°26'23''W e 47°56'15''W (Figura 1).

Segundo a classificação Köppen, a região do estudo apresenta clima do tipo subtropical Cwa, com inverno seco e verão chuvoso. O regime de chuvas, portanto, apresenta duas estações bem definidas: seca, de abril a setembro, quando chove, aproximadamente, 25% da precipitação anual, e chuvosa, de outubro a março, concentrando, aproximadamente, 75% da precipitação anual.

As microbacias foram denominadas da seguinte maneira: microbacia sem floresta ripária - Cana Cultivada (CC), e a microbacia com floresta ripária - Cana Floresta (CF). As áreas das microbacias são de, aproximadamente, 5 ha e 6 ha, respectivamente.

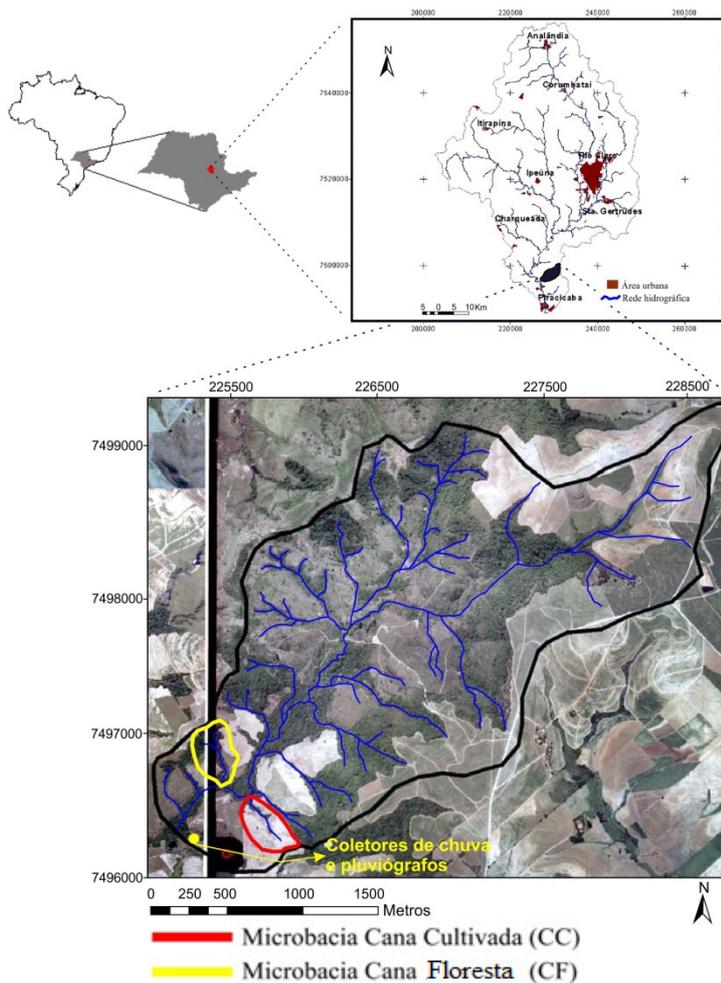


Figura 1 – Localização da área de estudo.

Ambas as microbacias estão sobre Argissolo vermelho amarelo (Figura 2). Esse tipo de solo ocorre nas regiões com predominância de relevos ondulados a forte ondulados com boas condições de drenagem. São solos que apresentam material mineral com argila de atividade baixa e horizonte B textural imediatamente abaixo de horizonte A ou E uma profundidade efetiva moderada de profundidade variável, desde forte a imperfeitamente drenados, de cores avermelhadas ou amareladas, e mais raramente, brunadas ou acinzentadas (IPEF, 2001).

A seleção das microbacias foi realizada através da aquisição de informações relacionadas principalmente ao tipo de solo, topografia, rede de drenagem e manejo das áreas.

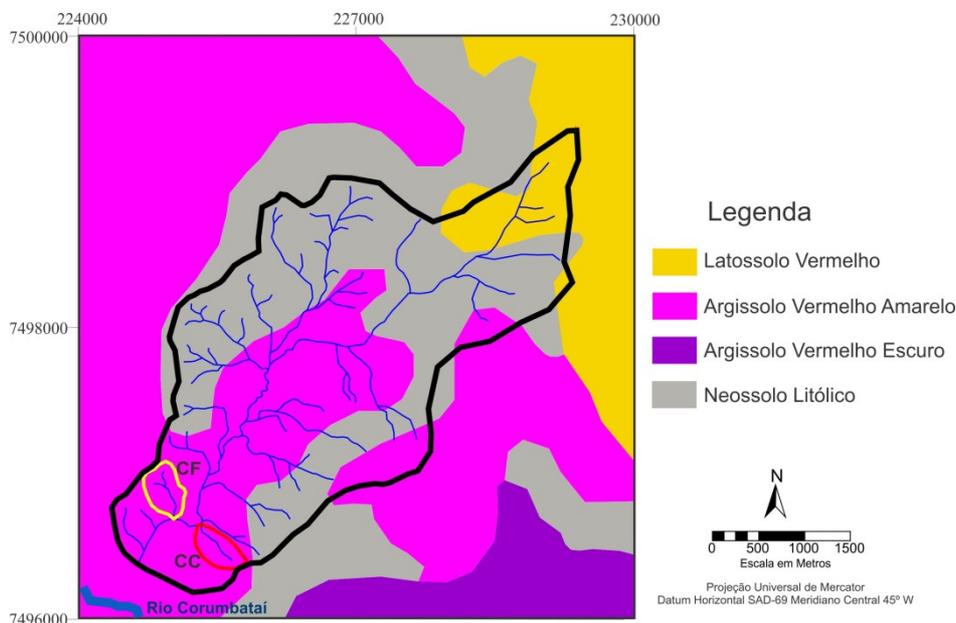


Figura 2 – Mapa de solo da área estudo.

Montagem Experimental

O delineamento experimental utilizado nas duas microbacias pode ser visto na Figura 3:

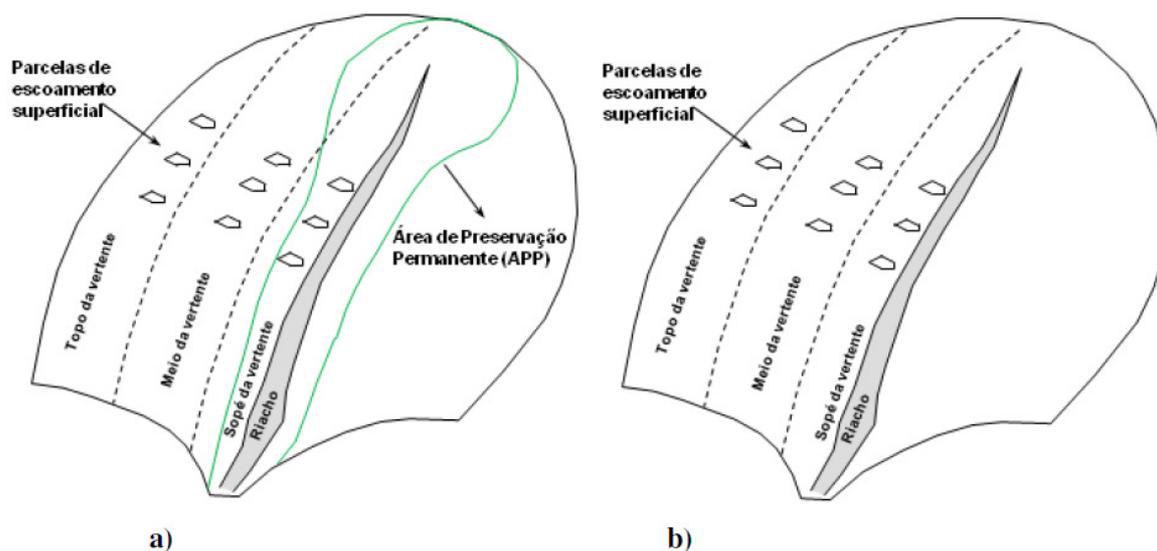


Figura 3 – Delineamento experimental: a) CF - microbacia com APP e b) CC - microbacia com ausência de APP conforme prescrito na Lei Federal nº 4771/1965.

Para o presente estudo foram instaladas 09 parcelas de escoamento superficial em cada microbacia, conforme apresentado na Figura 3. A distribuição foi feita em triplicata nas partes da vertente (topo, meio e sopé). Na microbacia CC, as 09 parcelas de escoamento superficial foram instaladas em cobertura de cana-de-açúcar. Já na microbacia CF, 06 parcelas de escoamento superficial ficaram na cobertura de cana-de-açúcar e 03 parcelas no sopé da vertente, em mata ciliar.

Essas parcelas possuem área de aproximadamente 1,7 m² (Figura 4), com laterais delimitadas por placas de cimento, evitando assim, a influência de áreas vizinhas na coleta. Em sua parte inferior, foram instalados tubos de PVC de 40 cm de comprimento e 10 cm de diâmetro com um cotovelo de 90° acoplado, funil e mangueira direcionando a água para um galão de 20 litros locado em uma vala. O monitoramento hidrológico (quantificação volumétrica) ocorreu semanalmente, já a coleta de água para análise química foi realizada a cada quinzena.

Para o cálculo do total de escoamento superficial, utilizou-se a seguinte equação: $ES = (V/A) \times 1000$, onde ES é a altura da lâmina do escoamento superficial (mm); V é o volume de água do escoamento superficial (m³) e o A é a área das parcelas coletoras do escoamento superficial (m²).



Figura 4 – Parcela coletora de escoamento superficial.

O volume de água escoado superficialmente em cada parcela foi determinado diretamente em provetas previamente calibradas, determinando o volume em litros. Utilizando-se os dados de chuva e do escoamento superficial de cada parcela, obteve-se o coeficiente de deflúvio ou coeficiente de escoamento superficial, definido como a razão entre o volume de água escoado superficialmente e o volume de água precipitado. Este coeficiente é dependente de diversos fatores, como o tipo de solo, cobertura vegetal, grau de saturação do solo e declividade geral da bacia.

Para o cálculo da resposta das parcelas de escoamento superficial, foram usados de forma acumulada, o volume de chuva semanal e o volume de escoamento superficial relativo ao mesmo período.

Para medir a precipitação foram instalados três coletores de precipitação em uma área aberta, próxima às microbacias. Esses coletores eram compostos por calhas encaixantes, com 1,80 m de comprimento, 11 cm de largura e área de 1980 cm², possuem uma saída na parte inferior da calha, onde foi acoplado um funil conectado a uma mangueira que conduz a amostra até um galão de 20 litros. Foram construídos suportes de cano de PVC, a fim de posicionar os coletores a aproximadamente 0,50 metros acima da superfície do solo. Ao lado desses, foram instalados dois pluviógrafos do tipo “tipping-bucket” (RainLog, RainWise, Inc).

Análise biogeoquímica das amostras

Para quantificar o carbono orgânico dissolvido (COD) as amostras foram analisadas no Laboratório de Ecologia Isotópica do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (USP). As amostras foram filtradas em membranas de fibra de vidro (GF/F) précalcinaadas a 500 °C por 5 horas, preservadas com HgCl₂ e posteriormente analisadas por detecção em infravermelho no equipamento Shimadzu TOC VCPH.

RESULTADOS

Coefficiente de Deflúvio e volume de escoamento superficial

Ao examinar as médias do coeficiente nas três partes da vertente (inferior, intermediária e superior), é possível perceber que na microbacia CC o coeficiente de escoamento é mais elevado na vertente inferior, região caracterizada pela condição de saturação, decorrente da proximidade do lençol freático. Nessas áreas, ocorre o chamado escoamento superficial de áreas saturadas, que ocorre mesmo que a intensidade da chuva seja inferior à capacidade de infiltração do solo. Este, sob certas condições pode tornar-se o principal componente do escoamento direto. Além disso, a persistência de eventos de precipitação, faz com que as chamadas áreas variáveis de afluência (AVA) se expandam, participando com maior intensidade da geração do escoamento direto. Assim, os valores encontrados sugerem a ocorrência desse processo

dinâmico de saturações na área. A média e as amplitudes do coeficiente de escoamento para cada parte da vertente (inferior, intermediária e superior) encontram-se na tabela 1.

Tabela 1 - Média do coeficiente de escoamento superficial (fora dos parênteses) e a amplitude (em parênteses).

Porção da Vertente	Média e amplitude	
	CC	CF
Inferior	0,0265 (0 a 0,1614)	0,0141 (0 a 0,1272)
Intermediária	0,0121 (0 a 0,0930)	0,0240 (0 a 0,1301)
Superior	0,0189 (0 a 0,1280)	0,0307 (0 a 0,1410)

Já na microbacia CF, ao contrário, o maior coeficiente de escoamento acontece na vertente superior, próxima ao divisor de águas, área esta que apresenta maior declividade, propiciando maior escoamento superficial.

Assim, como esperado, a área de floresta ripária (vertente inferior da CF), obteve coeficientes nitidamente mais baixos, o que pode ser atribuído à alta capacidade de infiltração e percolação dos solos desta área, relacionadas à presença constante de matéria orgânica, que mantém as partículas e agregados do solo mais dispersos, diminuindo a densidade e aumentando a porosidade. Além disso, o contínuo comparecimento da microbiota gerando poros de diferentes tamanhos, assim como o sistema radicular, facilitam a infiltração. Simultaneamente, a maior interceptação da precipitação pelo dossel, reduz o impacto das gotas sobre o solo, diminuindo o seu efeito compactador.

Como já dito, quanto maior a declividade, maiores serão a velocidade e a quantidade de escoamento superficial. Desta maneira, este princípio pode explicar as maiores taxas de coeficiente de escoamento superficial obtidos para microbacia CF se comparados aos encontrados na região CC. Enquanto a primeira apresenta declividade na ordem de 7%, a última exhibe valor próximo a 2%.

A seguir são apresentados dois gráficos referentes às alturas pluviométricas expressas em milímetros referentes aos volumes de escoamento superficial e precipitação acumulados x tempo para as porções inferiores de cada uma das bacias. As parcelas superiores, de maneira geral se comportaram de maneira equivalente àsquelas de mesma bacia.

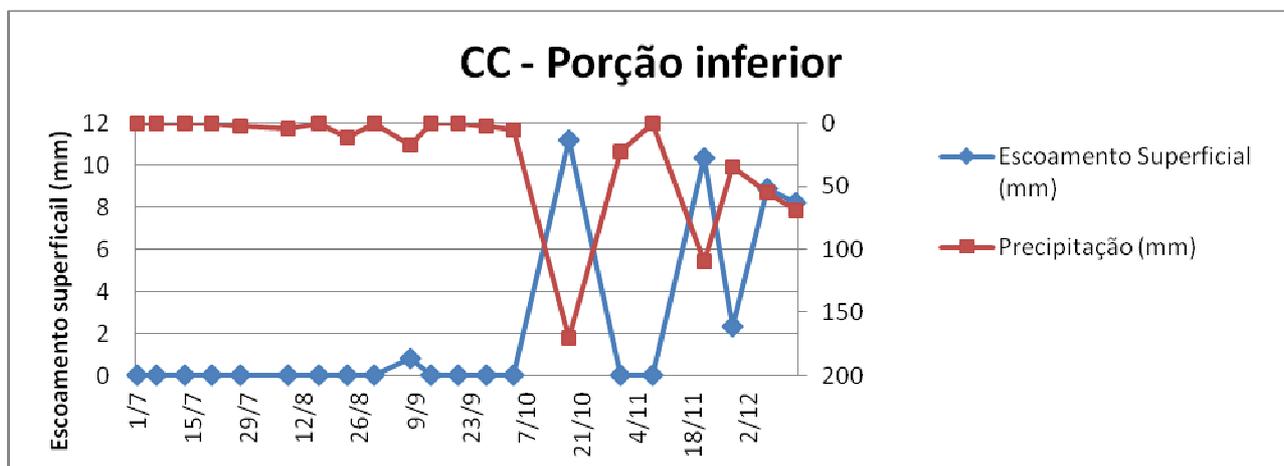


Figura 05 - alturas pluviométricas de escoamento superficial (mm) e precipitação (mm) x tempo para a porção inferior da microbacia “cana cultivada”

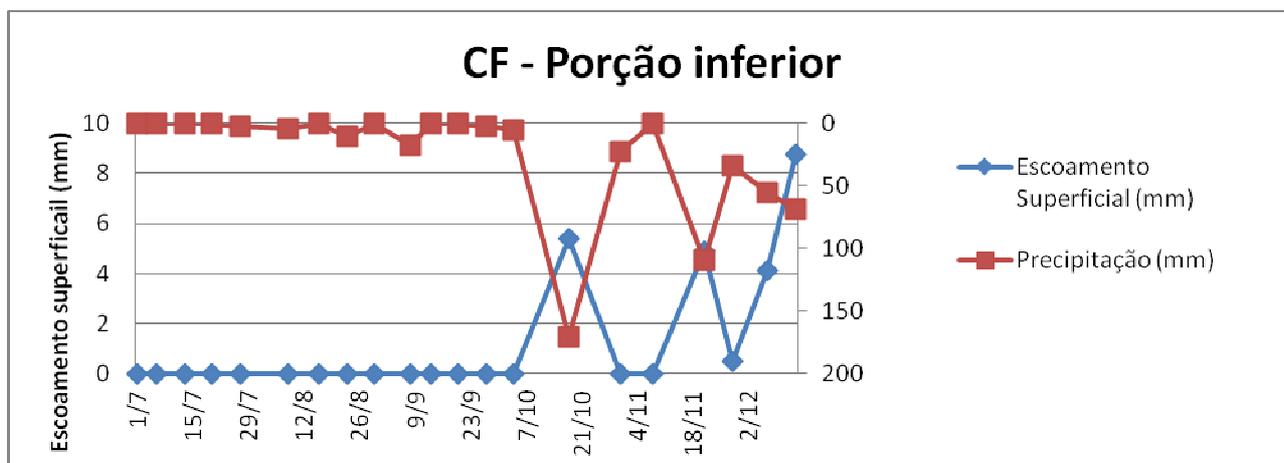


Figura 06 - alturas pluviométricas de escoamento superficial (mm) e precipitação (mm) x tempo para a porção inferior (floresta ripária) da microbacia “cana floresta”.

Eventos de precipitação inferiores a 11 mm não ocasionaram escoamento de superfície. Para o caso da microbacia “cana cultivada” e para a porção inferior da microbacia “cana floresta” (área de floresta ripária), o valor mínimo de precipitação para a geração de escoamento superficial foi de cerca de 20 mm.

É importante ressaltar o fato que o período do estudo foi aquele de época seca, não sendo possível estudar períodos mais chuvosos e, como se sabe, durante os períodos com mais chuvas, a taxa de infiltração diminui, contribuindo para o aumento na geração do escoamento superficial. Desta forma, imagina-se que ocorra uma sazonalidade temporal nos volumes e coeficientes de escoamento superficial, ocasionado pelas características climáticas da região.

Outro fator que influencia o escoamento superficial resulta das características de intensidade e duração do evento de precipitação, bem como da ocorrência de uma

precipitação anterior. Pode-se afirmar que quanto maior a intensidade do evento chuvoso, mais rápido o solo atinge a sua capacidade de infiltração, passando a gerar escoamento. Já a duração influencia diretamente no escoamento superficial, uma vez que haverá maiores chances de ocorrer escoamento quanto maior for a duração da chuva. Por fim, quando o solo já está úmido (devido a uma chuva anterior) e ocorre uma nova precipitação, maiores serão as taxas de escoamento superficial. Um exemplo dessas influências sobre o processo de escoamento superficial pode ser visualizado na figura 6. Na coleta semanal ocorrida no dia 21 de novembro de 2011, encontrou-se o valor de 109 mm de precipitação acumulada na semana, número maior se comparado ao obtido na semana da coleta do dia 14 de dezembro do mesmo ano (68 mm). Todavia, os volumes de escoamento superficial foram maiores no último evento e isto pode ser explicado pela ocorrência de chuvas nas três semanas anteriores a esta última coleta e pela intensidade e duração do evento de precipitação, como descrito acima. De todas as porções, apenas na porção inferior da cana (figura 05) cultivada os valores encontrados na coleta de 21/11 superaram os do dia 14/12. Este dado está aliado ao fato desta região ter uma proximidade ao lençol freático, conferindo-lhe uma condição de saturação mais constante.

Os valores de coeficiente de escoamento superficial encontrados são próximos aos obtidos por Trevisan (2009) em uma microbacia com plantação florestal de eucalipto no litoral norte do estado de São Paulo. Este autor obteve os valores de 0,007; 0,012; 0,039 para as porções baixa, média e superior, respectivamente. Salemi (2009), por sua vez, em um estudo semelhante em microbacias sob cobertura de pastagem encontrou valores médios de 0,016 para porção inferior; 0,006 para a intermediária e 0,017 para a superior, resultados um pouco menores dos obtidos nas porções com cultivo de cana do presente estudo.

Os resultados obtidos para floresta ripária também são semelhantes aos encontrados por Fujieda et al. (1997) e Ranzini et al. (2002) em áreas florestais na Mata Atlântica, da ordem de 1% (coeficiente de 0,01) do total precipitado, e mais elevados se comparados aos encontrados por Groppo (2010) em seu estudo de dois anos em uma microbacia com cobertura florestal na Mata Atlântica, 0,5% e 0,75%, para cada ano.

Carbono orgânico dissolvido

As concentrações de COD variaram entre 329,2 e 11591,7 μM (este último valor foi o obtido na porção superior da microbacia CF logo após a queima e colheita da cana), sendo que, de uma maneira geral, os valores da microbacia “cana floresta” foram mais elevados do que os encontrados na microbacia “cana cultivada”. As médias das concentrações de carbono orgânico dissolvido no escoamento superficial para cada porção da vertente das microbacias estudadas podem ser visualizadas na Tabela 2.

Tabela 2 - Média da concentração de COD para as duas microbacias estudadas.

Porção da Vertente	Média (μM)	
	CC	CF
Inferior	705,6	2656,2
Intermediária	706,9	844,8
Superior	561,9	1546,6

A porção experimental situada dentro da floresta ripária (porção inferior da microbacia CF) foi aquela que apresentou os valores médios mais elevados, mostrando a importância da floresta ripária e de áreas preservadas em suprir o ambiente aquático com COD. A substituição de floresta por cana-de-açúcar reduz a formação e deposição da camada de material orgânico no solo, reduzindo a concentração de carbono orgânico dissolvido. Na floresta, a precipitação intensifica o transporte de carbono orgânico depositado sobre a copa das árvores para o solo, fazendo uma espécie de lavagem do dossel, elevando o aporte de COD que chega ao corpo d'água pelo escoamento direto.

Os valores obtidos no presente estudo foram um pouco mais elevados do que aqueles encontrados por Nei et al. (2007) em um fragmento ciliar na região Norte: 563,3 μM . Cassiolato (2002), por sua vez, obteve valores um pouco mais elevados nas concentrações de COD no escoamento superficial de áreas de floresta (da ordem de 1094,2 e 90,5 μM). Mesmo assim, os resultados apresentados no presente estudo mostram concentrações de COD maiores no escoamento superficial em áreas florestais. A diferença entre os dois estudos pode estar relacionada aos distintos tipos de solos. Neto (2006) encontrou valores próximos a 2.000 μM para uma área florestal, semelhantes aos aqui apresentados para o período de seca. Para o período chuvoso, o mesmo autor encontrou valores próximos a 500 μM .

DISCUSSÃO

As atividades antrópicas, como o cultivo de cana-de-açúcar modificam a cobertura do solo, alterando também as vias hidrológicas, sendo uma dessas, o processo de escoamento superficial. Além disso, microbacias com intensa mudança de uso do solo mostram diferenças notáveis na água no que se refere à sua composição de carga química dissolvida, provando as influências das alterações sobre a biogeoquímica e as vias hidrológicas desses sistemas. Essas alterações são influenciadas pela topografia, a intensidade e duração dos eventos de precipitação, as propriedades do solo etc. e encontra-se intimamente ligada ao balanço e ao transporte de nutrientes.

Quanto ao coeficiente de escoamento superficial, os valores médios calculados das parcelas instaladas são relativamente baixos, mas, ao comparar as parcelas sob cobertura de cana-de-açúcar com aquelas dentro da floresta ripária, nota-se que esta última apresentou coeficientes nitidamente mais baixos, atribuído às características das florestas naturais. Outros fatores se mostraram decisivos neste estudo para as taxas de coeficiente de escoamento superficial foram: a declividade do terreno e a proximidade às zonas variáveis de afluência. Os valores de coeficiente de escoamento superficial encontrados são próximos aos obtidos por outros autores em estudos semelhantes.

Em praticamente todo o seu curso é possível notar a precariedade da conservação da vegetação ripária do rio Corumbataí, que segundo Lima & Zakia (2001) tem importante papel na redução de entrada por escoamento de nutrientes terrestres, estabilização de margens, manutenção do equilíbrio térmico e aporte de matéria orgânica, além de reter herbicidas e sedimentos gerados por atividades agrícolas.

As concentrações de COD, por sua vez, variaram de 329,2 a 11591,7 μM , sendo a porção experimental situada dentro da floresta ripária aquela que apresentou os valores médios calculados mais elevados, mostrando o efeito desta sobre a biogeoquímica.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A bacia do Corumbataí, de grande destaque econômico no setor sucroalcooleiro, possui pouquíssimos estudos sobre escoamento superficial e concentração de COD em microbacias com cobertura de cana-de-açúcar. Neste estudo, foi possível verificar

evidências que o manejo do solo como da cultura exerce grande influência sobre a hidrologia e a transformação do carbono, modificando a maneira na qual este é transportado até os corpos d'água.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CASSIOLATO, M.E. **Carbono Orgânico Dissolvido na solução do solo sob floresta e pastagem em Rondônia**. 2002. 70f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2002.

FUJIEDA, M.; KUDOH, T.; CICCIO, V.; CARVALHO, J.L. Hydrological processes at two subtropical forest catchments: the Serra do Mar, São Paulo, Brazil. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 196, 1997.

GROPPO, J.D. **Caracterização hidrológica e dinâmica do Nitrogênio em uma Microbacia com Cobertura Florestal (Mata Atlântica), no Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo Santa Virgínia**. Tese (Doutorado em Ciências) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura – CENA, Piracicaba, 2010.

IPEF - Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais. **Plano Diretor**: conservação dos recursos hídricos por meio da recuperação e da conservação da cobertura florestal da Bacia do Rio Corumbataí. Relatório Técnico do IPEF, Piracicaba, 2001. 301p.

LIKENS, G.E.; BORMANN, F.H.; JOHNSON, N.M. Nitrification: Importance to Nutrient Losses from a Cutover Forested Ecosystem. **Science**, Washington, v.163, p.1205-1206, 1969.

LIMA, W.P.; ZAKIA, M.J.B. **Hidrologia de Mata Ciliares**. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO, H.F.(orgs.). **Matas Ciliares: Conservação e Recuperação**. São Paulo: EDUSP/FAPESP, 2001. p.33-44.

NEI, K.L.; KRUSCH, A.V.; CABIANCHI, G.M.; SOUZA R.F.; CANDIDO, W.M.; BALLESTER, M.V.R.; SANTOS, J.G.; FARLEY, O.X. Fluxos de Carbono Orgânico Dissolvido na Precipitação Atmosférica, Precipitação Interna e Escoamento Superficial de um Fragmento Ciliar na Amazônia Ocidental (Rondônia, Brasil). **XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos - São Paulo - 2007**

NETO, G.S.C. **Concentrações e balanços de Carbono Orgânico Dissolvido em duas bacias do Estado de Rondônia: uma comparação entre floresta e pastagem.** 2006. 55f. Dissertação (Mestrado em Ciências) Centro de Energia Nuclear na Agricultura Piracicaba, SP.

RANZINI, M. **Modelagem hidrológica de uma microbacia florestada da Serra do Mar, SP, com o modelo TOPMODEL – simulação do comportamento hidrológico em função do corte raso.** Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) – USP, 2002. 116f.

SALEMI, L.F. **Balanço de água e de nitrogênio em uma microbacia coberta por pastagem no litoral norte do estado de São Paulo.** Dissertação (Mestrado em Ecologia Aplicada) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Piracicaba, 2009.

SCHLESINGER, W.H.; RECKHOW, K.H.; BERNHARDT, E.S. Global change: The nitrogen cycle and rivers. **Water Resources Research**, v.42, p.1-2, 2006.

TANIGUCHI, M. **Subsurface Hydrological responses to land cover and land use changes.** Kluwer Academic Publishers, Boston, 1997. 226 p.

TREVISAN, R. **Estudo do Balanço Hídrico e da Dinâmica do Nitrogênio em uma microbacia com plantação florestal de eucalipto no litoral norte do Estado de São Paulo.** Dissertação (Mestrado em Ciências) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura – CENA / USP. 120f. Piracicaba, 2009.