

RELAÇÃO ENTRE O CULTIVO DE FUMO (*NICOTINA TABACUM* L.) E A PRODUÇÃO DE SEDIMENTO NA BACIA DO ARROIO BOA VISTA, GUAMIRANGA – PR

Valdemir ANTONELI¹

Edivaldo Lopes THOMAZ²

Resumo

Em paisagens agrícolas a erosão e a redistribuição de sedimento-nutriente é um problema a ser resolvido. Os objetivos deste trabalho foram: 1) relacionar a dinâmica do calendário agrícola em fumicultura e a produção de sedimento no âmbito de uma bacia rural; 2) estimar o transporte de sedimento em canal fluvial (carga em suspensão e fundo); 3) apresentar um estudo de caso na região Centro-Sul do Estado do Paraná onde esta atividade econômica é importante, porém pouco estudada. A metodologia constou de elaboração de calendário agrícola, avaliações visuais por meio de caminhamentos sistemáticos por toda a bacia durante os eventos chuvosos e monitoramento de vazão e produção de sedimento. A mensuração foi conduzida entre março de 2003 a fevereiro de 2004, neste período 46 eventos foram monitorados. Houve correlação entre o calendário agrícola e a produção de sedimento. Conclui-se que manejo da fumicultura potencializou sobremaneira a produção de sedimento. A morfologia da planta e, sobretudo, o revolvimento constante do solo por meio da formação de sulco em desnível facilita o destacamento e o transporte de partículas. Por fim, a conexão das propriedades através de caminhos, carreadores e estradas ampliam a transferência de sedimento para o canal fluvial.

Palavras-chaves: Fumicultura. Erosão. Transferência de sedimento.

Abstract

Relationship between tobacco plantation (*Nicotina tabacum* L.) and sediment production in the Boa Vista Stream, Guamiranga - PR

In agricultural landscapes the erosion and sediment-nutrient redistribution are a problem to be solved. The objectives of this work were: 1) to relate the agricultural calendar dynamics on the tobacco plantation, as well as to assess its relationship with the sediment yield on agricultural watershed; 2) to evaluate the fluvial sediment transport (suspension and bedload); 3) to display a study case in the Center-South of the Parana State region; where this economic activity is important, however, it has fewer study. The methodology consisted of agricultural calendar establishments, visual appraisal with systematic fieldwork throughout the watershed during the rainy events and discharge and sediment yield measurement. The measurement was carried out between March 2003 and February 2004, in this period 46 events had been monitored. There were correlation between the agricultural calendar and the sediment production. It was verified that the tobacco tillage enhanced the soil erosion. The plant morphology and, in particular, the constant topsoil ploughing, also with furrow formation facilitates both; detachment and particle transport. Finally, the farmland connection through, pathways, corridor and roads extend the sediment transfer into fluvial canal.

Key words: *Nicotina tabacum*. Erosion. Sediment transfer.

¹ Doutorando em Geografia - UFPR, E-mail: vdantoneli@pop.com.br, Professor Assistente, Departamento de Geografia, Universidade Estadual do Centro-Oeste - UNICENTRO, PR 153 km 7 - Riozinho, Fone: (42) 3421-3000, CEP 84500-000, Irati - PR.

² Pesquisador do CNPq, Doutor em Geografia Física - USP, Professor Adjunto, E-mail: thomaz@unicentro.br, Departamento de Geografia, Universidade Estadual do Centro-Oeste - UNICENTRO, Rua Simeão Camargo Varela de Sá, 03 - Cx. Postal, 3010, Centro Politécnico. Fone/fax: (042) 3629 - 8117, CEP 85040-430 - Guarapuava - PR.

INTRODUÇÃO

A produção fumageira no Brasil ocorre, principalmente, em pequenas propriedades por meio da utilização de mão-de-obra familiar. Devido ao avanço tanto nas formas de plantio como nas técnicas de cura (secagem), o setor fumageiro tornou-se uma das principais fontes de renda de milhares de famílias nos estados do Sul do Brasil. Este fato, fez do Brasil um dos principais produtores de tabaco do mundo, sendo responsável por 12% da produção mundial.

No ano de 2007, a produção de tabaco no Brasil foi de 852.60 mil toneladas. Já, nas exportações o Brasil é o líder, tendo exportado em 2007, 595 mil toneladas de fumo em folha e gerando uma receita de exportação de mais de US\$ 2,2 bilhões (AFUBRA, 2008).

Não obstante a importância econômica, inúmeros trabalhos analisam a atividade fumageira por pelo menos três prismas. O primeiro relacionado aos problemas causados à saúde das pessoas que cultivam e consomem o produto (SALAMONI; GERARDI, 2002). O segundo relacionado, as relações de trabalho, geração de renda e fixação do homem no campo, por ser esta uma atividade que utiliza uma pequena área para plantio, especialmente, em estabelecimentos ocupados por agricultores familiares (LIMA, 2007). O terceiro são os impactos nos processos ambientais causados pela atividade fumageira (MERTEN; MINELLA, 2006, BORTOLUZZI et. al., 2006, SCHIETTECATTE et al., 2008)

O uso excessivo de agrotóxicos nas lavouras fumageiras é um dos principais agravantes nesta atividade econômica (SALAMONI; GERARDI, 2002, BORTOLUZZI et al., 2006). São registrados em torno de 65 tipos de agrotóxicos para a prática desta cultura (ANTONELLI, 2004). Segundo relatório da Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Paraná (SEAB) (2003), na década de 1990, os produtores de fumo aplicavam entre 5,5 a 6 kg de agrotóxicos por hectare. Na safra 2004/2005, esse percentual foi reduzido para 2,2 kg de agrotóxicos por hectare.

A erosão e a redistribuição de sedimento-nutriente em áreas agrícolas devem ser correlacionados com o a dinâmica agrícola (calendário agrícola), uma vez que apresenta forte relação entre as atividades humanas, o ciclo das culturas e os processos ambientais no âmbito das bacias de drenagem. Vários estudos indicam a relação entre atividades agrícolas e a transferência de sedimentos (contaminantes) em bacia de drenagem (EDWARDS et al., 2000, STONE; HAIGHT, 2000, BORTOLUZZI et al., 2006, LÜ et al., 2007).

Assim, o trabalho tem por objetivo relacionar a dinâmica do calendário agrícola em fumicultura e a produção de sedimento no âmbito de uma bacia rural através da mensuração do transporte de sedimento em canal fluvial (carga em suspensão e fundo). Além de apresentar um estudo de caso na região Centro-Sul do Estado do Paraná onde esta atividade econômica é importante, porém pouco estudada.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DA ÁREA DE ESTUDOS

A Bacia do Arroio Boa Vista está localizada em uma colônia chamada Colônia Boa Vista, situada no Município de Guamiranga - PR, sendo este inserido na região Centro Sul do Paraná. A bacia possui uma área total de 6,056 km², e está situada entre as latitudes 25°09'21"e 25° 07'45" Sul e uma longitude de 50° 54' 44" e 50° 52'25" Oeste. O rio principal apresenta altitude de 700 metros em sua foz, enquanto sua nascente apresenta altitude de 905 metros. A altitude máxima da bacia é de 951 metros (Figura 1).

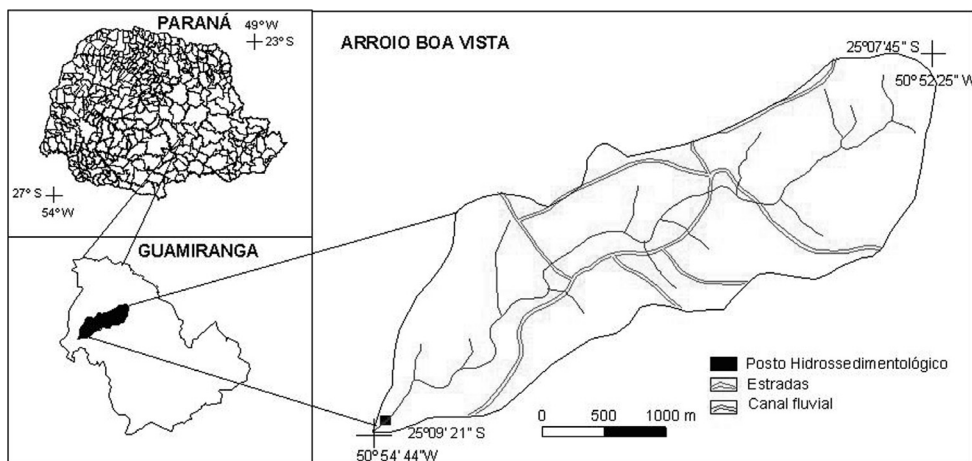


Figura 1 - Localização da área de estudo e do posto hidrossedimentológico

Fonte: Antoneli (2004).

Segundo classificação de Strahler, o Arroio Boa Vista é um afluente de 3º ordem da margem direita do Rio dos Patos (Bacia do Rio Ivaí) e sua extensão é de 5,3 km. A cobertura florestal é representada pela vegetação de Floresta Ombrófila Mista (Mata de Araucária), associada à Mata Pluvial Subtropical nas áreas mais baixas próximas a foz e Mata Subtropical em algumas áreas de maior altitude.

O regime climático em que a bacia está inserida é caracterizado segundo classificação de KÖPPEN (1948), como Cfb, Subtropical úmido, com temperaturas médias anuais entre 17º e 19ºC (MAACK, 1968). Com relação aos índices pluviométricos, ocorre certa regularidade nas distribuições das chuvas, sendo que no período de 1988 a 2007 a precipitação média anual foi de 2022 mm. Entretanto, alguns anos apresentaram uma variação em relação à média mais acentuada, com índices mais elevados, como por exemplo, o ano de 1998, em que o total da pluviosidade foi de 2750 mm e outros com índices inferiores em relação à média, a exemplo do ano de 1994, em que a pluviosidade foi de apenas 1250 mm (ANTONELI, 2004).

Quanto à formação geológica da área em estudo, esta diz respeito aos depósitos sedimentares paleozóicos, correspondentes à grande feição de sedimentação marinha e litorânea, conhecida como Bacia Sedimentar do Paraná. A área em estudo apresenta com predominância a Formação Rio do Rastro, com alguns afloramentos da Formação Teresina, sendo estes componentes do grupo Passa Dois (PETRI; FÚLFARO, 1983).

Estas características litológicas, associadas ao clima, resultam no predomínio de vertentes côncavas/convexas. A declividade no âmbito da bacia varia de 3 % a 20% (73% da área total). O percentual mais elevado compreende a declividade entre 8 a 13% com 28% do total.

Em relação aos solos da área de estudos, EMBRAPA (1999), há uma predominância de Nitossolo, sendo solos originados de rocha basáltica e ultrabásicas ricas em minerais ferromagnesianos, com influência de arenitos e argilitos que aparecem em superfícies aplainadas dos divisores de água, com declividade entre 3% e 8%. Na sua maioria, são eutróficos com ocorrência menos frequentes de distróficos e raramente álicos. Associados aos Nitossolos de textura argilosa existem os Argissolos que aparecem em relevos suaves ondulados principalmente sobre o curso médio da bacia, onde se encontram rampas mais longas com

declividades inferiores a 10% e, em menor frequência, em locais mais declivosos, principalmente, sobre o curso superior da bacia. Em áreas com declividade >30% predominam os Neossolos que estão distribuídos em áreas de relevo ondulados à forte ondulado. Este solo é constituído por material mineral ou material orgânico pouco espesso e com pequena expressão dos processos pedogenéticos.

A agricultura praticada no âmbito da bacia, segundo a classificação do IAPAR (1995), se insere no conglomerado denominado C13, que define a região com alta participação de culturas temporárias, principalmente fumo, milho e feijão; sendo utilizada a força do trabalho familiar e de tração animal. É composta, ainda, de pastagens, mata natural de reflorestamento e áreas em pousio associadas à baixíssima utilização de insumos agroindustriais e motomecanização.

A agricultura no âmbito da bacia é caracterizada basicamente pelo cultivo do tabaco (*Nicotina tabacum*), a qual segundo Antoneli e Thomaz (2007), é responsável por 85% da área agricultável da bacia. Este tipo de agricultura promove uma constante modificação no uso do solo ao longo ano. Esta prática é desenvolvida de setembro a março, o restante do ano o solo fica sob o cultivo de algumas espécies de cobertura vegetal de inverno como a aveia, a ervilhaca e o tremoço dentre outras espécies. O uso do solo na bacia é constituído por 8 classes, sendo elas: cultivo de erva mate, reflorestamento de eucalipto, agricultura, pastagem, capoeira, faxinal e mata de araucária tabela 1.

Tabela 1 - Percentual de cada categoria do uso do solo da bacia

Uso do solo	Área em km ²	Área em %
Agricultura*	2,166	33,0
Faxinal	0,991	15,1
Mata Araucária	0,859	13,1
Mata subtropical	0,806	12,3
Pastagem	0,596	9,1
Erva mate	0,437	7,2
Capoeira	0,439	6,7
Reflorestamento	0,203	3,1
Total	6,56	100,0%

Fonte: Antoneli (2004).

Nota: *A área destinada a fumicultura está inserida dentro da classe de agricultura. Sendo que dos 33% desta categoria, 85% é destinada a fumicultura.

MATERIAL E MÉTODO

A metodologia baseou-se na análise de sistema do tipo caixa preta (entrada e saída), onde se busca entender a entrada de energia (ex. precipitação) e a saída de matéria e energia (ex. escoamento e sedimento). Entretanto, outros procedimentos como a elaboração de calendário agrícola, o acompanhamento das atividades agrícolas, os constantes trabalhos de monitoramento (coleta de amostras) e as avaliações visuais por meio de caminhamentos sistemáticos por toda a bacia durante os eventos chuvosos reduziram o grau de desconhecimento em relação ao funcionamento do sistema. A seguir são descritos os principais procedimentos utilizados neste estudo.

Calendário agrícola

Estabeleceu-se um calendário agrícola representando as práticas agrícolas na bacia do Arroio Boa Vista no sentido de relacionar a mudança no uso do solo ao longo do ano e a influência na produção de sedimento. A ênfase foi na dinâmica do cultivo de tabaco, pois dos 33%, da área ocupada por agricultura na bacia, em torno de 85% deste total é utilizado para a fumicultura. Além disso, os demais usos como: pastagem, erva-mate, faxinal, floresta e reflorestamento são permanentes, ou seja, a dinâmica das práticas agrícolas, assim como, a mudança de cobertura não é intensa como no cultivo de tabaco.

Por se tratar de uma bacia rural, o uso da terra apresenta dinâmicas diferenciadas ao longo do ano. Thomaz (2008) destaca que estas dinâmicas diferenciadas ao longo do tempo têm implicação direta nas variações tempo-espaciais dos processos ambientais em bacias rurais.

Em determinados períodos a bacia está sob influência de cobertura vegetal de inverno (abril a agosto), que além de servir como uma camada protetora ao solo contra os agentes erosivos, atua também na recomposição da matéria orgânica que será incorporada na próxima safra.

A bacia está localizada em uma região subtropical, onde há ocorrência de geadas nos meses de inverno. A agricultura só se intensifica nas outras estações (setembro a março). Neste período a bacia está sob domínio do cultivo de tabaco (*Nicotina tabacum*), esta atividade é desenvolvida sem muitas práticas conservacionistas, visto que o solo é revolvido constantemente para a eliminação das ervas daninhas e descompactação da camada superficial. Este procedimento deixa o solo exposto aos processos hidro-erosivos, sobretudo na primavera e verão.

A fumicultura pode ser praticada em áreas com declives acentuados (> 45%), pois utiliza a tração animal no manejo do solo. Neste sentido, a dinâmica do uso da terra é fator controlador podendo contribuir para uma maior ou menor quantidade de material disponível aos agentes erosivos de acordo com o estágio de desenvolvimento e manejo da cultura (Morgan, 2005).

Vazão

A área da seção transversal monitorada é de 2,16 m² (Largura 2,6 m, profundidade 0,83 m e Raio hidráulico 0,11). O monitoramento diário da vazão foi realizado por meio de uma régua fluviométrica adaptada para registrar vazões máximas ou pico de cheia. A técnica utilizada para estimar a vazão possibilitou quantificar os picos de cheia, principalmente nos eventos pluviométricos noturnos. Visto que em uma bacia pequena (6 km²), o tempo de resposta dos picos de cheia é muito rápido. Neste sentido, a régua das máximas registra este pico mesmo quando a leitura é realizada depois de sua ocorrência.

A régua fluviométrica de máximas, consiste num equipamento confeccionado em madeira com dispositivos de coleta de água com um centímetro de diâmetro, fixados na diagonal e uma trena acoplada (régua de dois metros), que determina o nível máximo atingido pela lâmina d'água. A régua foi colocada dentro de uma caixa de madeira, com tampa removível em sua extremidade superior e com orifícios nas laterais para permitir a passagem da água, garantindo, assim a medida do nível atingido pela lâmina d'água (ANTONELI, 2004; ANTONELI; DOUHI, 2005).

As vazões foram determinadas com base na técnica de velocidade mensurada com flutuador artificial apresentado por Chevallier (1997). O procedimento consiste na definição de pontos de referência nas margens do rio, cronometrando o tempo de percurso de uma distância estabelecida. A vazão obtida pela técnica do flutuador deriva da equação de continuidade:

Equação 1

$$Q = V.A$$

$$Q = (C) \frac{L.P}{T}$$

$$Q = \frac{C.L.P}{T}$$

Onde:

Q = Vazão;

V = Velocidade média do escoamento;

A = Área da seção transversal;

L = Largura média;

P = Profundidade média;

C = Comprimento da seção de referência;

T = tempo médio de percurso.

Os resultados provenientes dos flutuadores foram comparados e calibrados em relação aos dados obtidos por um micro-molinete contador de pulsos da marca, Hidrologia. S.A® (Equação 2). A mensuração de velocidade do fluxo com o molinete foi realizada em vários níveis próximo da régua fluviométrica, que foi instalada dentro do rio no curso inferior.

Equação 2

$$V \text{ (m/s)} = 0,993N \times 0,341$$

Sendo:

V = velocidade em metros por segundo (m/s)

N = número de pulsos por segundos

0,993 = valor adimensional

0,341 = valor adimensional

Coleta de sedimentos em suspensão

Os sedimentos finos, sobretudo, silte e argila (< 0,062 mm), são transportados em suspensão e uma vez colocados em movimento podem ser transportados por grandes distâncias (STATHAM, 1977). Para avaliar a produção de sedimentos ao longo da pesquisa foi instalado um posto sedimentológico no curso inferior do canal fluvial, onde foram coletadas amostras de água para estimar sedimentos suspensos, bem como amostras de sedimentos de fundo. As amostras de sedimentos, tanto suspensos, quanto de fundo foram coletadas sempre após a ocorrência de uma precipitação com intuito de modelar a produção de sedimentos a cada evento.

Para a coleta de sedimentos em suspensão, confeccionou-se uma armadilha de sedimentos que consiste em algumas garrafas PET³. A armadilha é uma caixa de madeira móvel de 20cm de largura e 1,50 metros de altura contendo 4 garrafas distantes 35 cm uma das outras. As garrafas foram colocadas no sentido contrário ao fluxo em diferentes alturas. Adaptou-se uma tampa de madeira que é removida quando a armadilha está dentro do canal

³ PET – Garrafas descartáveis, compostas de polietileno tereftalano.

fluvial. A abertura da tampa após a imersão da armadilha evita que a garrafa encha de água logo no primeiro contato da armadilha com o fluxo. Foi efetuado um pequeno orifício em cada garrafa, que serve como área de escape do ar e do excedente de água coletada. Desse modo à água que é capturada pela garrafa, acaba retendo o material suspenso.

As amostras coletadas ao longo do monitoramento foram levadas para análise em laboratório. A estimativa da produção de sedimentos suspensos foi realizada após a filtragem das amostras por meio de um sistema de filtração composto por funil, filtro e bomba de vácuo. Posteriormente, o material retido no filtro foi envolto em um papel alumínio e levado para estufa onde foi secado a uma temperatura de 80° C por 24 horas, para eliminação da umidade, sendo pesados na seqüência. Este procedimento foi efetuado ao longo de cada evento durante um ano, resultando num total de 46 amostras integradas (46 eventos). Alguns eventos não foram mensurados, principalmente aqueles de fraca intensidade por não apresentarem aumento significativo na vazão, assim como os eventos noturnos. Por se tratar de uma pequena bacia, onde as respostas são rápidas e de curta duração, os eventos noturnos não foram mensurados, pois até o dia seguinte a vazão retornava às condições normais.

Foram realizadas 10 coletas de sedimentos em cada evento, sempre próximas à régua fluviográfica, estas coletas foram distribuídas dentro da seção transversal do canal fluvial de forma aleatória. As 10 amostras em diferentes níveis (intervalos de 35 cm entre as garrafas), foram colocadas em um recipiente e, após a homogeneização durante um minuto, retirou-se um litro para análise de concentração de sedimento. Este procedimento foi utilizado para avaliar a concentração total de sedimentos suspensos em uma determinada vazão. O sedimento suspenso foi resultado da integração do material transportado em cada profundidade da seção monitorada.

Após o processamento das amostras (filtragem, secagem e pesagem), estes dados foram confrontados com a vazão calculada no instante da coleta da amostra de sedimento.

Para calcular o percentual da carga de sedimentos suspensos em um determinado evento, utilizou-se a equação 3:

Equação 3

$$TSs = Pa \cdot V$$

Onde:

TSs = Total de Sedimentos Suspensos kg

Pa = Peso da amostra concentrada em um litro

V = Vazão em litros por segundo

Coleta de sedimento de fundo

Os sedimentos grosseiros (> 0,062 mm) compõem a carga de fundo sendo transportados por meio de rolamento, deslizamento e saltação (STATHAM, 1977). O processo de transporte desse material ocorre de forma intermitente, isto é, fase com movimento e repouso. Para a coleta do material de fundo, foi adaptado um amostrador de poço *Mulhofer* VUV, com 70% de eficiência (CARVALHO, 1994). O amostrador é colocado no sentido contrário ao fluxo, onde existe uma abertura para que a água e o sedimento entrem na armadilha. Em uma pequena saliência na parte inferior do equipamento os sedimentos de fundo acabam sendo depositados. Estipula-se o tempo de permanência da armadilha dentro do canal fluvial. Neste caso o tempo foi de 5 minutos para cada coleta, foram coletadas 10 amostras durante um determinado evento, as amostras foram colocadas em um recipiente e após a agitação por um minuto extraiu-se um litro para análise.

Para calcular o percentual da carga de sedimentos utilizou-se a equação 4:

Equação 4

$$PS(p/s) = \frac{Tsc}{T}$$

Onde:

PS (p/s) = produção de sedimentos por segundo;

Tsc = total de sedimentos coletados

T = tempo de coleta

As amostras coletadas foram acondicionadas em filtros de papel para a drenagem da água. Os filtros foram devidamente pesados antes da filtragem em uma balança analítica. Posteriormente, as amostras foram secas em estufa e pesadas obtendo-se os totais de sedimentos de fundo. Foram coletadas 46 amostras de material de fundo. A amostragem ocorria juntamente com as coleta de sedimentos suspensos. Após as análises das amostras elas foram correlacionadas com a vazão no momento da coleta. Para calcular o percentual total de sedimentos de fundo durante a coleta de um determinado evento, foi utilizado a equação 5.

Equação 5

$$Tsf = PsfV$$

Onde:

Tsf = Total de Sedimentos de Fundo

Psf = Produção de sedimento por segundo

V = Vazão

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Calendário agrícola e manejo do solo com fumicultura em sistema convencional

A dinâmica da paisagem rural esta intrinsecamente ligada ao calendário agrícola, que por sua vez, associa-se a dinâmica pluvio-erosiva ao longo do ano (Quadro 1). O cultivo do tabaco é efetuado de setembro (período do plantio) a fevereiro (término da colheita). Desde o plantio até o início da colheita (de setembro a dezembro) o solo é revolvido constantemente para a limpeza das ervas daninhas e para aumentar a zona de aeração das raízes (Figura 2).

Após o início da colheita em dezembro o solo não é mais revolvido. Deste modo, o solo sofre uma maior compactação devido ao trânsito de animais e dos agricultores sobre as entrelinhas no período de colheita, consequentemente, ocorre maior concentração de água na superfície promovendo fluxos concentrados com poder maior de remoção de solo.

No manejo convencional é preciso fazer camalhões (murundus) de aproximadamente 30 cm de altura para o plantio com intervalos de aproximadamente 1,3 metros entre as leiras (Figura 2). Estes camalhões são removidos através de capina para eliminar as ervas daninhas e logo em seguida são refeitos e assim sucessivamente, até que a planta esteja no estágio de maturação de suas folhas o que ocorre em torno de quatro meses após o plantio. Os camalhões tornam-se canais que acabam concentrando água da chuva e promovendo fluxo com maior poder de remoção de partículas.

Quadro 1 - Calendário do uso da terra ao longo da pesquisa

	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev
Atividades agrícolas	Aração da terra; plantio de cobertura de inverno.											
			Solo agrícola coberto por forragem de inverno; colheita da erva mate.									
						Preparo do solo e início do plantio do tabaco, queimada e plantio de roça						
								Revolvimento constante do solo em cultivo do tabaco				
										Colheita do tabaco, sem revolvimento do solo. Colheita do milho e feijão.		
Precipitação (mensal)	186	130	77	162	167	40	127	218	188	340	243	193
Precipitação Acumulada*	316		417			167		406		776		

Nota: *Refere-se aos totais de precipitação do período em que a bacia apresenta uma homogeneidade no uso do solo.



Figura 2 – Cultivo de tabaco em sistema convencional: a) destaque ao solo exposto recém preparado, os murunduns na linha de cultivo e os sulcos em desnível no centro das entre linhas; b) marcas de escoamento concentrado no centro do sulco

O tabaco apresenta um crescimento rápido, no estágio de maturação (4 meses após o plantio), chega a atingir em média 1,5 m de altura, com aproximadamente 25 folhas em cada planta. As folhas apresentam em média um comprimento de 60 cm e largura de 40 cm. Nas entrelinhas a largura é de aproximadamente 1,3. Isso significa que no estágio de maturação (colheita) da planta, o solo fica recoberto, porém há um fator que pode potencializar a erosão. As folhas tornam-se coletoras de água da chuva promovendo maior salpico e aumento do fluxo na base do caule causando erosão dos murunduns. Além disso, o escoamento da água nas entrelinhas tem forte potencial erosivo que é agravado devido ser os sulcos construídos em desnível, já que uma das finalidades é drenar a água do interior da lavoura. O conjunto de sulcos de uma área de cultivo conecta-se com os carregadores dentro da própria área agrícola que serve como via de circulação e transporte da produção. Em seqüência, esses carregadores internos se conectam com as estradas principais de circulação entre as propriedades. Neste contexto, o excedente de água das entrelinhas que atingem as estradas, acaba se conectando aos canais fluviais, aumentando a entrada de sedimento nos corpos hídricos.

O papel da cobertura vegetal na hidrologia de vertente e na erosão pode ser ambivalente (De PLOEY, 1981). A morfologia da planta exerce forte controle sobre o aumento do salpicamento e do fluxo de tronco. Morgan et. al. (1986) identificaram o aumento do salpicamento em couve de bruxelas a medida em que aumentou a porcentagem de cobertura foliar. Aliado a isso, a potência de fluxo e a erosão em sulcos pré-formados é muito alta (CANTALICE et. al., 2005). Segundo Knighthon (1998), o transporte de sedimento realizado por escoamento superficial em ravinas (sulcos) é extremamente potente sendo responsável por 50 a 90% dos sedimentos removidos de uma vertente, quando este tipo de forma erosiva esta presente. Nota-se que nas práticas culturais da fumicultura estes elementos (salpico e sulcos) estão presentes durante o ciclo da cultura.

Por outro lado, são realizadas entre 8 e 10 colheitas de folhas por safra (em torno de uma colheita por semana, no período de maturação), isso significa que há um constante pisoteio sobre as entrelinhas da plantação, pois com o início da colheita o solo não é revolvido mais como anteriormente. É utilizada a tração animal para fazer o transporte das folhas coletadas das entrelinhas que também contribui para aumento do pisoteio. A compactação do topo do solo e a formação de trilhas para a retirada da colheita reduzem a infiltração e aumenta o escoamento superficial (ZIEGLER et al., 2001).

Nos meses de maio, junho e julho, os solos das áreas agricultáveis estão com cobertura vegetal de inverno como: aveia, ervilhaca, tremoço, crotalaria, mucuna, etc. O cultivo destas espécies de inverno contempla algumas utilidades, serve como alimento para os animais e como matéria orgânica que será incorporada no solo na próxima safra, além de não permitir que o solo fique exposto aos efeitos pluvioerosivos. Em alguns casos esta cobertura é utilizada para o plantio direto, sendo que na fumicultura é pouco utilizado este sistema, apenas em áreas de cultivo de milho, feijão e soja. Culturas estas que são pouco representativas no âmbito da bacia.

Calendário agrícola e produção de sedimento

Quando se relaciona o calendário agrícola com os percentuais de chuva, nota-se que há um índice acentuado de chuva no período em que a bacia esta sobre a influência do cultivo do tabaco. Assim, durante os cinco meses em que o uso do solo esteve com fumicultura (setembro a fevereiro), ocorreu uma precipitação total de 1309 mm, 63,2% do total de precipitação ao longo do monitoramento que foi de 2071 mm (Tabela 2).

Outro fator importante sobre a precipitação, está relacionado às intensidades das chuvas nas estações do ano. No verão a bacia sofre influência das chuvas convectivas, que se apresentam como chuvas de intensidades elevadas e com curta duração, contribuindo, assim para um escoamento maior, mesmo que o solo não esteja totalmente saturado.

Entre março a setembro foi um período mais seco com média de 9 dias sem chuva, enquanto que entre outubro a fevereiro as chuvas foram mais frequentes com média 5 dias sem chuva. As chuvas maiores ou iguais a 40 mm foram as principais responsáveis pela produção de sedimento (23 eventos). Essas chuvas acumularam 70,6% do total precipitado (1507 mm) e a produção de sedimento suspenso e de fundo nestes eventos acumularam 85,8% e 74,8% respectivamente.

A precipitação não apresentou tendência de aumento durante o monitoramento. Contudo, houve tendência de aumento na produção de sedimento suspenso ($r^2 = 0,531$, regressão exponencial) e de fundo ($r^2 = 0,467$) do início para o final do monitoramento. Houve relação média entre a precipitação, aumento de vazão e produção de sedimento (Fig. 3.a e 3.b). O maior transporte de sedimento em suspensão esteve relacionado ao aumento da vazão (Fig. 3.c). Não se observou relação entre os intervalos de chuva e o aumento da carga de sedimento em suspensão (Fig 3.d).

Verificou-se que nos primeiros sete meses de monitoramento (março a setembro) a precipitação acumulada foi de 935 mm (43,8% do total do período) e a produção de sedimento suspenso (g/s) foi de apenas 14,2% do total mensurado. Por outro lado, nos seis meses restantes (outubro a fevereiro) a precipitação acumulada foi de 1200 mm (56,2% do total do período), porém a produção de sedimento neste período foi de 85,8% do total mensurado.

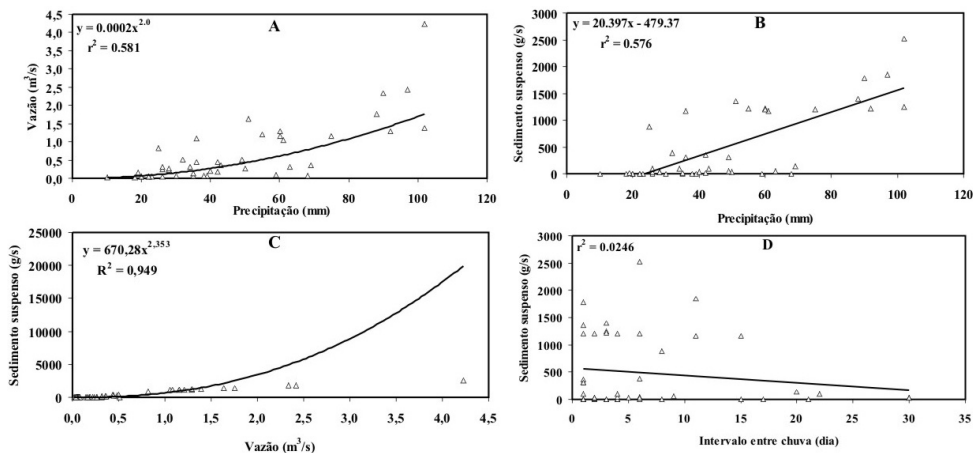


Figura 3 – Comportamento hidrológico e produção de sedimento em suspensão no Arroio Boa vista (março 2003 a fevereiro de 2004): a) relação entre precipitação e vazão; b) relação entre precipitação e sedimento suspenso; c) relação entre vazão e sedimento suspenso; d) relação entre intervalo de chuvas e sedimento em suspensão

Nota: n=46 (buscou-se o melhor ajuste para a regressão).

O aumento na produção de sedimento entre outubro a fevereiro não pode ser explicado apenas pelo padrão das chuvas. Apesar de o período entre outubro a fevereiro ser mais úmido (12,4% a mais de chuva) do que o período anterior.

O aumento de produção de sedimento coincide com a fase do calendário agrícola (outubro e dezembro) quando o manejo da fumicultura por meio de constante revolvimento do solo disponibiliza material para ser erodido. Apenas nesta fase do calendário agrícola a produção de sedimento suspenso foi de 51,6% do total do período.

O padrão de produção de sedimento de fundo foi semelhante ao verificado na geração de sedimento em suspensão (Figura 4), sendo que ambas as cargas apresentaram alta correlação (r^2 0,904). Ocorreu relação média entre a precipitação e a produção de sedimento de fundo (Fig. 4.a). Porém, o maior transporte de sedimento de fundo esteve relacionado ao aumento da vazão (Fig. 4.b).

Entre março a setembro período que antecede a cultura do fumo a carga de fundo registrou 17,6% do total do período. Já, no período de desenvolvimento da cultura e colheita (outubro a fevereiro) houve maior produção 82,4% do total do período. Também, não se verificou relação entre os intervalos de chuva e o aumento da carga de fundo (Figura 4.c).

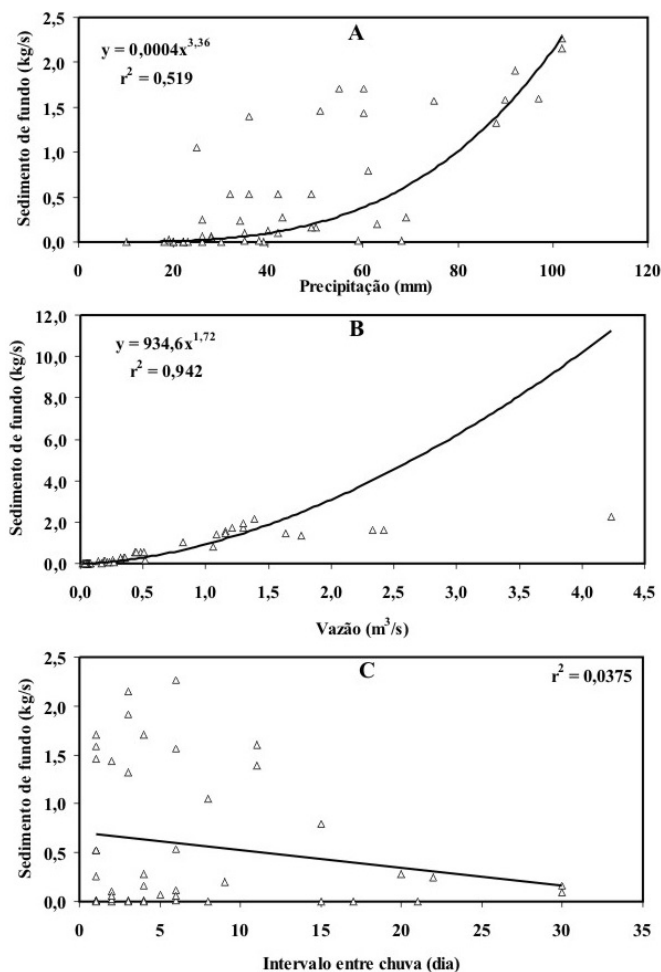


Figura 4 – Comportamento hidrológico e produção de sedimento de fundo no Arroio Boa vista (março 2003 a fevereiro de 2004): a) relação entre precipitação e carga de fundo; b) relação entre vazão e sedimento de fundo; c) relação entre intervalo de chuvas e sedimento de fundo

Nota: n=46 (buscou-se o melhor ajuste para a regressão).

Igualmente, ao verificado na produção de sedimento em suspensão constatou-se que aumento de sedimento de fundo coincide com a fase do calendário agrícola (outubro e dezembro) quando o revolvimento do solo na cultura de fumo é mais intenso. Nesta fase do calendário agrícola (outubro a dezembro) a produção de sedimento de fundo representou 46,9% do total do período.

O mesmo padrão verificado anteriormente manteve-se para a produção de sedimento total (suspensão e fundo) (Tabela 2). No período de março a setembro foi registrado 29,0% da carga total transportada, enquanto entre outubro a janeiro o total de material transportado chegou a 64%.

De maneira geral, a carga de fundo é inferior ao total de material transportado em suspensão, (STHATAM, 1977, KNIGHTON, 1998). A contribuição da carga de fundo é variável segundo a literatura: 5 a 20% (STHATAM, 1977), 10 a 15% (KNIGHTON, 1998) e 10% (GORDON et al., 2005). Neste estudo, a participação relativa da carga de fundo variou entre 19,2% a 35,2%, enquanto que a média foi de $24,1 \pm 4,0\%$ (Tabela 2). A relação entre a carga de fundo e suspensão manteve-se relativamente constante durante o monitoramento.

Tabela 2 – Precipitação mensal, vazão e produção média mensal de sedimento suspenso e de fundo entre março de 2003 a fevereiro de 2004

Meses	Precipitação mensal (mm)	Nº de eventos	Vazão média (L/s)	Total Sedimento suspenso (g/s)	Total de sedimento de fundo (g/s)	Total de sedimento (g/s)
Mar/03	186	5	45,6	3,3	1,0	4,4
Abr/03	130	4	49,4	3,3	1,1	4,4
Mai/03	77	2	40,0	2,1	0,7	2,8
Jun/03	162	3	46,0	2,9	1,0	4,0
Jul/03	167	3	71,1	6,3	1,8	8,2
Ago/03	40	2	40,0	2,3	0,7	3,1
Set/03	127	3	43,1	2,8	0,9	3,7
Out/03	218	4	158,2	10,5	2,5	13,0
Nov/03	188	5	122,9	8,6	2,2	10,8
Dez/03	340	7	233,6	20,9	7,0	27,9
Jan/04	243	4	197,6	10,3	5,6	15,9
Fev/04	193	4	59,1	5,3	1,6	6,9

Fonte: Antoneli 2004.

As duas cargas de sedimento, suspensão e fundo, apresentaram relação com a dinâmica do calendário agrícola, sobretudo, quando a bacia estava sob influência do cultivo de fumo. Entretanto, outras variáveis não puderam ser consideradas como: a erosão de margens, erosão de estradas e a remobilização de material previamente depositado no canal. Porém, parte da possível contribuição dessas variáveis na carga de sedimento é resultado do próprio sedimento proveniente das áreas com fumicultura, especialmente, erosão em carreadores e caminhos internos das propriedades e estoque de sedimento no canal.

A dinâmica de sedimento em cabeceira de drenagem é fortemente influenciada pelos processos superficiais de vertente. Em outras palavras, as principais fontes de sedimentos em pequenas bacias são as vertentes, enquanto que os processos superficiais (salpico, erosão laminar e sulcos) são responsáveis pela transferência de materiais para o canal fluvial. Assim, o controle da produção de sedimento no interior da propriedade (local), aliado ao controle na transferência para além da propriedade (fora do local) deve ser considerado.

Na fumicultura a mudança de plantio convencional com constante revolvimento do solo para sistema de plantio direto sem revolvimento do solo, somado a manutenção de cobertura morta sobre o solo pode levar a uma redução de 90% na produção de sedimento (MOTGOMERY, 2007). A manutenção das zonas ripárias (mata ciliar) em cabeceira de drenagem pode evitar a transferência de contaminantes para dentro dos corpos hídricos (BORTOLUZZI et. al., 2006).

Por fim, outra forma de controle de transferência de sedimento para fora das propriedades são os faixas de contorno com vegetação (barreiras ou zona tampão) (MORGAN, 2005). Kronvang et al. (2000, p.71), analisando a transferência de contaminantes em área agrícola, concluíram que num local com faixa de vegetação de 29 m de largura todo o sedimento e fósforo foram retidos, todavia em local com faixa de apenas 0,50 m ocorreu atravessamento de 38% de sedimento e 68% de fósforo.

CONCLUSÕES

Houve correlação entre o calendário agrícola e a produção de sedimento. Aliás, o cultivo de fumo coincide com o período chuvoso na região Centro Sul do estado do Paraná. Observou-se que neste período (primavera-verão) as precipitações são mais intensas potencializando a produção e o transporte de sedimento.

A produção de sedimento é contínua durante o cultivo do fumo, ou seja, as áreas fontes de sedimento (fumicultura) geram e transferem sedimento para a rede de drenagem continuamente. Uma vez que, não houve relação entre o intervalo das chuvas e a produção de sedimento (carga de lavagem). Assim, um evento chuvoso precedido ou seguido de outros eventos produz quantidade significativa de sedimento.

O manejo da fumicultura potencializou sobremaneira a produção de sedimento. A morfologia da planta e, sobretudo, o revolvimento constante do solo por meio da formação de sulco em desnível facilita o destacamento e o transporte de partículas. Dessa forma, nas áreas cultivadas com fumo, tanto a erosão interna nas propriedades, quanto à transferência de sedimento para fora das propriedades é importante. A conexão das propriedades através de caminhos, carreadores e estradas ampliam a transferência de sedimento, bem como a ligação direta entre vertente (área fonte) e canal fluvial.

A equação empírica que mais bem demonstrou o transporte de sedimento em suspensão e em fundo foi do tipo potência (ax^b), notadamente, relacionada ao aumento da vazão no canal fluvial. Essa equação ajustada à curva de permanência de vazão e sedimento pode resultar em importante instrumento de estimativa de material exportado da bacia. Esta estimativa não foi possível neste estudo, pois às análises basearam-se, em parte do evento, ou seja, não houve monitoramento contínuo da vazão e da concentração de sedimento.

Por fim, a complexidade das paisagens agrícolas devido à interdependência entre sistema ambiental, calendário agrícola, estrutura agrária entre outros elementos influencia na dinâmica do uso da terra e dos processos ambientais. Por consequência, altera a dinâmica de sedimento em bacias rurais com possível transferência de contaminantes e degradação da qualidade das águas superficiais.

REFERÊNCIAS

- AFUBRA. Associação dos Fumicultores do Brasil. **Perfil do Fumicultor**. Disponível em: < <http://www.afubra.com.br> >. Acesso em 13 março de 2008.
- ANTONELI, V. **Influência do uso do solo na avaliação hidro- sedimentológica da Bacia do Arroio Boa Vista – Guamiranga – Pr.** Dissertação (Mestrado) Universidade Estadual de Maringá. Maringá PR, 147f, 2004.
- ANTONELI, V.; DOUHI, N. Método para estimar vazões máximas em pequenas bacias hidrográficas sem dados históricos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 11, 2005. São Paulo. **Relação de trabalhos completos**. São Paulo: Departamento de Geografia / FFLCH/USP, 2005. p. 1734-1740. CD-ROM (v.1).
- ANTONELI, V.; THOMAZ, E. L. Caracterização do meio físico da Bacia do Arroio Boa Vista-Guamiranga –Pr. **Caminhos da Geografia**, Uberlândia, n. 21, p. 46-58, 2007.
- BORTOLUZZI, E. C.; RHEINHEIMER, D. S.; GONÇALVES, C. S.; PELLEGRINI, J. B. R.; ZANELLA, R.; COPETTI, A. C. C. Contaminação de águas superficiais por agrotóxicos em função do uso do solo numa microbacia hidrográfica de Agudo, RS. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, Campina Grande, v.10, n.4, p.881-887, 2006.
- CANTALICE, J. R. B.; CASSOL, E. A.; REICHERT, J. M.; BORGES, A. L. O. Hidráulica do escoamento e transporte de sedimentos em sulcos em solo franco-argilo-arenoso. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, n. 29, p. 597-607, 2005.
- CARVALHO, N. O. **Hidrossedimentologia prática**. Rio de Janeiro: CPRM, 1994. 372p.
- CHEVALLIER, P. Aquisição e processamento de dados. Cap 13. In: TUCCI, C.E.M. (Org.) **Hidrologia: Ciência e aplicação**. 2ª ed. ABRH. Porto Alegre. Rio Grande do Sul. 1997.
- DOUHI, N. **Análise das condições físico-ocupacionais e suas implicações no comportamento hídrico da bacia hidrográfica do Rio Xaxim – Prudentópolis –Pr.** Dissertação (Mestrado) Universidade Estadual de Maringá. Maringá PR. 117 f, 2004.
- EDWARDS, L.; BURNEY, J.; BRIMACOMBE, M.; MACRAE, A. In: STONE, M. (Ed.). The role of erosion and sediment transport in nutrient and contaminant transfer. **IAHS Publication** n. 263, Wallingford UK, p. 93-97, 2000.
- EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa, 1999. 412p.
- GORDON, N. D.; McMAHON, T. A.; FINLAYSON, B. L.; GIPPEL, C. J.; NATHAN, R. J. **Stream hydrology: an introduction for ecologist**. England: John Wiley & Sons, Ltd. 2005. 429p.
- IAPAR –Instituto Agrônômico do Paraná. **Caracterização da Agricultura no Paraná**. Londrina, 1995.
- KNIGHTON, D. **Fluvial forms and processes: a new perspective**. London: Arnold, 1998. 382p.
- KÖPPEN, W. **Climatología: con un estudio de los climas de la tierra**. México: Fondo de Cultura Económica. 1948, 479p.
- KRONVANG, B.; LAUBEL, A. R.; LARSEN, S. E.; IVERSEN, H. L. Soil erosion and sediment delivery through buffer zones in Danish slope units. In: STONE, M. (Ed.). The role of erosion and sediment transport in nutrient and contaminant transfer. **IAHS Publication**, n. 263, Wallingford UK, p. 67-73, 2000.
- LIMA, R. G. Desenvolvimento e relações de trabalho na fumicultura sul-brasileira. **Sociologias**, Porto Alegre, n. 18, p. 190-225, 2007.
- LÜ, Y.; FU, B. CHEN, L.; LIU, G.; WEI, W. Nutrient transport associated with water erosion: progress and prospect. **Progress in Physical Geography** n. 31, n. 6, p. 607–620, 2007.

- MAACK, R. **Geografia Física do Paraná**. Rio de Janeiro: José Olympio. 1968. 450p
- MERTEN, G. H.; MINELLA, J. P. G. Impact on sediment yield due to the intensification of tobacco production in a catchment in Southern Brazil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.2, p. 669-672, 2006.
- MINEROPAR. **Atlas geológico do Estado do Paraná**. Curitiba: Mineropar, 2001.
- MONTGOMERY, D. R. Soil erosion and agricultural sustainability. **PNAS** v. 33, n. 104, p. 13268-13272, 2007.
- MORGAN, R. P. C., FINNEY, H. L., MERRITT, E.; NOBLE, C. A. Plant cover effects on hillslope runoff and erosion: evidence from two laboratory experiments. In: ABRAHAMS, A. D. **Hillslope processes**. United Kingdom: The Binghamton Symposia in Geomorphology, international Series, 1986. n. 16, Cap. 4, p. 75-96.
- MORGAN, R.P.C. **Soil Erosion and Conservation**. Oxford: Blackwell, 2005, 304p.
- De PLOEY, J. The ambivalent effects of some factors of erosion. **Mém. Inst. Géol. Univ. Leuven**. t. XXXI, p.171-181, 1981.
- PETRI, S.; FÚLFARO, V. J. **Geologia do Brasil**. São Paulo: T. A Queiroz, Ed. USP, 1983. 631p
- SEAB – Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Paraná. **Agrotóxicos no Paraná**. In: <http://www.pr.gov.br/seab>. Acesso 24/ 07/2003.
- SALAMONI, G.; GERARDI, L. H. O. Agroquímica e fumicultura no Rio Grande do Sul. **Geografia**, Rio Claro, v. 27, n. 2, p.121-130, 2002.
- SCHIETTECATTE, W.; D´HONDT, L.; CORNELIS, W. M.; ACOSTA, M. L.; LEAL, Z.; LAUWERS, N.; ALMOZA, Y.; ALONSO, G. R.; DÍAZ, J.; RUÍZ, M.; GABRIELS, D. Influence of land use on soil erosion risk in the Cuyaguateje watershed (Cuba). **Catena**, n.74 p. 1-12, 2008.
- STATHAM, I. **Earth surface sediment transport**. Oxford: Clarendon Press, 1977. 184p.
- STONE, M.; HAIGHT, M. Distribution of dioxins and furans in size-fractioned suspend solids in Canagagigue Creek, Elmira, Ontario. In: STONE, M. (Ed.). The role of erosion and sediment transport in nutrient and contaminant transfer. **IAHS Publication** n. 263, Wallingford UK, p. 159-166, 2000.
- THOMAZ, E. L. Geomorfologia e Agrossistemas: indicadores de degradação de solo. In: NUNES; J. O. R.; ROCHA, P. C. (Org.). **Geomorfologia: aplicação e metodologias**. 1 ed. São Paulo: Expressão Popular, Cap. 2, p. 33-56, 2008.
- ZIEGLER, A.D.; SUTHERLAND, R. A.; GIAMBELLUCA, T. W. Acceleration of Horton overland flow and erosion by footpaths in an upland agricultural watershed in northern Thailand. **Geomorphology**, n. 41, p.249-262, 2001.

Recebido em maio de 2008

Revisado em julho de 2009

Aceito em outubro de 2009