



www.ugb.org.br  
ISSN 2236-5664

## Revista Brasileira de Geomorfologia

v. 17, nº 2 (2016)

<http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v17i2.769>



### PERDA DE SOLO EM ESTRADAS RURAIS EM ÁREA DE CULTIVO DE TABACO NA BACIA DO ARROIO BOA VISTA - PARANÁ

### SOIL LOSS IN RURAL ROADS IN TOBACCO GROWING AREA IN THE ARROYO BOA VISTA PARANÁ BASIN

**Valdemir Antoneli**

*Departamento de Geografia, Universidade Estadual do Centro Oeste  
PR 153 Km 7, Campus Irati, Irati, Paraná, CEP: 84500-000, Brasil*

*Email: vaantoneli@gmail.com*

**Edivaldo Lopes Thomaz**

*Departamento de Geografia, Universidade Estadual do Centro Oeste  
Rua Simeão Camargo Varela de Sá, 03, Campus Cedeteg, Guarapuava, Paraná, CEP 85040-080, Brasil*

*Email: ethomaz@brturbo.com.br*

#### Informações sobre o Artigo

Recebido (Received):  
26/05/2015  
Aceito (Accepted):  
16/02/2016

#### Palavras-chave:

Uso da Terra; Cultivo de Tabaco; Erosão em Estradas.

#### Keywords:

Land Use; Trafficability; Erosion Roads.

#### Resumo:

O objetivo desta pesquisa foi mensurar a perda de solos em estradas rurais na Bacia do Arroio Boa Vista no município de Guamiranga Paraná. A área de estudos é ocupada por pequenas propriedades agrícolas, com 85% da área utilizada para o cultivo do tabaco (*Nicotiana tabacum*). O cultivo desta Solanaceae é realizado de setembro a março indicando variação nas atividades agrícolas na região, com períodos de intensificação de atividade (safra) e redução das atividades (entressafra). Esta variação nas atividades pode interferir nas perdas de solo nas estradas. Para avaliar as perdas de solo das estradas foram instaladas 6 parcelas de 600 m<sup>2</sup> e, em cada uma foi construída uma caixa de contenção nas margens das estradas para deposição de sedimentos. Foi mensurada também a perda de solos dos barrancos por meio da instalação 14 parcelas de pinos de erosão com um total de 140 pinos. O monitoramento foi realizado durante um ano, sendo avaliado período de safra e entressafra. A perda média de solo foi de 27,6 kg/m<sup>2</sup>/ano. Deste total 4,9 kg/m<sup>2</sup>/ano (17,8%) foi produzido pelos barrancos e 22,7 kg/m<sup>2</sup>/ano (82,2%) oriundo do leito das estradas. Cerca de 68,2% da perda de solo foram registradas nos períodos de intensificação das atividades agrícolas (setembro a março), enquanto que 32,8% das perdas foram registradas nos períodos de entre safra.

#### Abstract:

The objective of this research was to measure soil loss in rural roads in the basin River Boa Vista in the Guamiranga - Paraná. The study area is occupied by small farms, with 85% of the area used for the growing tobacco (*Nicotiana tabacum*). Growing this Solanaceae is carried out from September to March indicating variation in agricultural activities in the area, with periods of intensified activity.

and reduction of activities (between harvest). This variation in activity can interfere in the loss of soil on the roads. To evaluate the loss of soil were installed roads 6 plots of 600 m<sup>2</sup>, and each was built containment box by the roadside for the deposition of sediments. We also measured the loss of the roadside installation 14 with soil erosion pin plots with a total of 140 pins. The monitoring was conducted over a year, being evaluated period of harvest and between harvests. The average soil loss was 27.6 kg / m<sup>2</sup> / year. Of this total 4,9 kg / m<sup>2</sup> / year (17.8%) was produced by roadsides and 22.7 kg / m<sup>2</sup> / year (82.2%) derived rail of the roads. About 68.2% of soil loss have been recorded in periods of intensified agricultural activities (September to March), while 32.8% of soil losses were recorded in the period between harvest.

## INTRODUÇÃO

As áreas rurais da Região Sudeste do Estado do Paraná (onde está inserida a área de estudo), em sua maioria, apresenta característica peculiar, devido às condições físicas (clima, relevo, vegetação) e antrópicas (forma de uso e ocupação). Essas particularidades promovem alteração constante na forma do uso e ocupação dessas áreas que possibilita em sua maioria, apenas uma safra por ano, proporcionando variação na intensificação das atividades agrícolas.

A Bacia do Arroio Boa Vista, é caracterizada pela agricultura familiar, (pequenas propriedades) com predomínio de culturas anuais. Cerca de 85% da área agrícola da bacia é destinada ao cultivo do tabaco (*Nicotiana tabacum*) (ANTONELI e THOMAZ, 2010). Além de outras culturas menos expressivas em termos de área ocupada como o cultivo de feijão, milho e soja.

Devido às condições climáticas (invernos com temperatura amena), o cultivo dessas culturas é realizado entre a primavera e verão (setembro a março). Neste período há maior revolvimento e exposição do solo por conta das atividades diárias efetuadas nas lavouras pelos agricultores. Essas atividades (capina e revolvimento do solo) são utilizadas em larga escala na região, devido às condições morfopedológicas (solos rasos com declividade superior a 20%).

Durante os meses de março a agosto é semeada a cobertura vegetal de inverno nas áreas agrícolas reduzindo assim o percentual de exposição dos solos e das atividades agrícolas também. Este período é chamado pelos agricultores de “período de folga”. A alternância entre períodos de maior e menor intensidade de atividades agrícolas refletem na variação de perda de solo nos diversos tipos de usos (ANTONELI, 2011). A variação das atividades agrícolas ao longo do ano pode interferir também nas perdas de solo nas estradas. O cultivo do tabaco propicia períodos de maior pressão de tráfego de carroças de tração animal (durante o cultivo).

Já os períodos de outono e inverno, há uma redução das atividades agrícolas, reduzindo a trafegabilidade dos agricultores pelas estradas vicinais.

Inúmeras pesquisas vêm sendo realizadas no âmbito de bacias hidrográficas no intuito de identificar as perdas de solo de diversos tipos de usos agrícolas. As pesquisas são conduzidas em diferentes usos como: pastagens (STRUNK, 2003; INACIO *et al.*, 2007; PARFITT, 2013); em áreas de florestas (STRUNK, 2003; MORGAN, 2005; MOHAMMAD & MOHAMMAD 2010; PORTO, 2014); em reflorestamento de eucalipto (ZHOU *et al.*, 2002; FERNÁNDEZ 2004; PIRES, 2006); em áreas de agricultura (RICHTER, & NEGEN-DANK, 1997; CASSOL & LIMA, 2003; MORENO *et al.*, 2011, BREMENFELD *et al.*, 2013).

Dentre estes tipos de uso do solo, as estradas vêm se configurando com uma das mais importantes fontes de sedimento em bacia de drenagem, tornando-se foco de algumas pesquisas como: Sheridan & Noske (2007); Cerdà, 2007; Ramos-Scharrón & Macdonald (2007); Martinez-Zavala *et al.* (2008); Jordán *et al.* 2009; Thomaz *et al.* (2011); Thomaz *et al.* (2014). Ressalta-se, que nas pesquisas encontradas na literatura são raras aquelas que associam à perda de solo das estradas às atividades agrícolas ou ainda que individualizem a produção de sedimento em barranco e em leito de estrada.

Portanto, esta pesquisa teve como objetivo mensurar a perda de solo das estradas rurais na Bacia do Arroio Boa Vista- Guamiranga-PR, no período de safra e entressafra sob a hipótese de que a intensificação das atividades agrícolas promovida pelo cultivo do tabaco (setembro a março) pode potencializar a perda de solos no leito das estradas. Mensuramos também a perda de solo nos barrancos das estradas para identificar a contribuição destes na perda total de solo das estradas, apesar de Fu *et al.* (2010) concluir ser difícil separar o sedimento destacado do barranco de estrada do sedimento do leito de estrada. Portanto, neste estudo foi

possível estimar a produção total de sedimentos das estradas, individualizando as perdas dos barrancos e as perdas de solo do leito. Além de avaliar a influência do cultivo do tabaco nas perdas de solo das estradas devido à intensificação da trafegabilidade durante o cultivo.

## MATERIAL E MÉTODO

### Área de estudo

A Bacia do Arroio Boa Vista está localizada no Município de Guamiranga, na região Sudeste do estado do Paraná, possui uma área total de 6,056 km<sup>2</sup>. Seus limites estão entre as latitudes 25° 09' 21" S e 25° 07' 45" S e entre as longitudes 50° 54' 44" W, e 50° 52' 25" W (Figura 1).

A bacia hidrográfica do Arroio Boa Vista apresenta algumas características particulares, devido ao predomínio da agricultura familiar e, intensificação do uso da terra com o cultivo do tabaco (*Nicotiana tabacum*). Foram classificados cinco categorias de uso da terra, sendo: Mata Secundária (15,6%), Reflorestamento de Eucalipto (10,6%), Cultivo de Erva Mate (9,2%), Pastagem (5,2%) e Agricultura (59,4%). Cabe destacar que as estradas representam apenas 0,02% do total da área da bacia.

Cada classe de uso da terra propicia algum tipo de rentabilidade (colheita da erva mate, exploração da floresta, criação de animais e corte da madeira do reflorestamento) que auxiliam na complementação da renda familiar dos agricultores, que tem na fumicultura sua atividade principal.

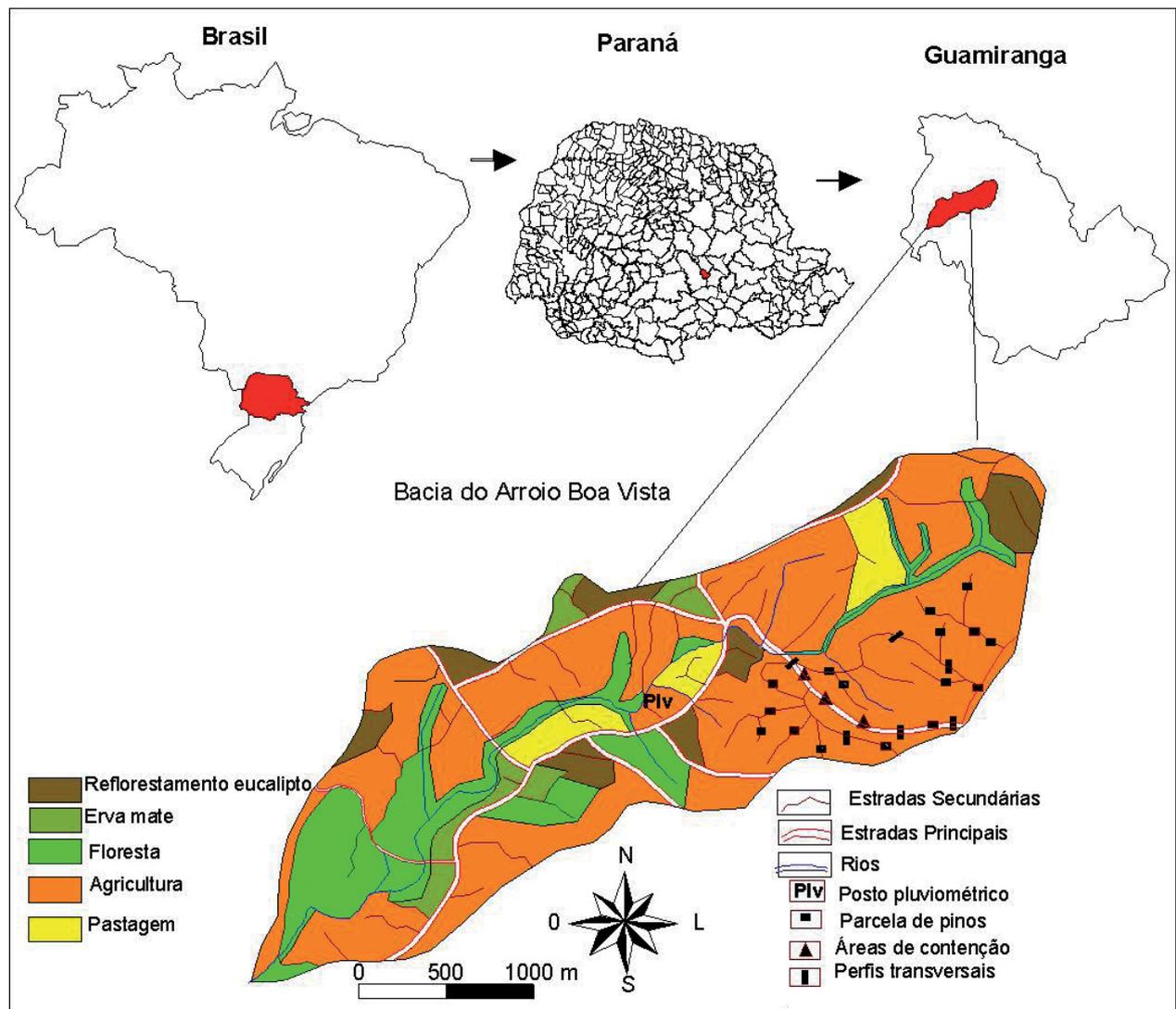


Figura 1- Localização da área de estudo e locais de monitoramento.

O regime climático é caracterizado segundo classificação de Köppen como Cfb, Subtropical úmido, com temperaturas médias anuais entre 17° e 19°C (MAACK, 1968). A média histórica da pluviosidade (1988 a 2012) é de 2054 mm. Deste total, 33% ocorrem na primavera, 27% no inverno, 24% no verão e 16% no outono (ANTONELI, 2011).

No contexto regional, a bacia está inserida na borda oeste do Segundo Planalto Paranaense na área de transição, entre os depósitos sedimentares com a Formação Serra Geral. Estas características geológico-geomorfológicas contribuem para a formação de solos como: Nitossolo, Latossolo e Neossolo (EMBRAPA, 1999). Na área específica de monitoramento predomina o Nitossolo Vermelho Distrófico e horizonte B nítico com argila de atividade baixa, imediatamente abaixo do horizonte A ou dentro dos primeiros 50 cm do horizonte B. A textura varia de média a argilosa e com densidade aparente média de 1,12 g/cm<sup>3</sup> ( $\pm 0,19$  n = 15). A análise granulométrica realizada por Antoneli (2011) indicou média dos barrancos de 54% de argila, 29% silte e 17% areia.

A agricultura praticada no âmbito da bacia se insere no conglomerado denominado C13, que define a região com alta participação de culturas temporárias, principalmente fumo, milho e feijão; sendo utilizada a mão de obra familiar e tração animal. É composta, ainda,

de pastagens, mata natural, reflorestamento e áreas em pousio associadas à baixíssima utilização de insumos agroindustriais e motomecanização (IAPAR, 1995).

Acrescenta-se ainda, o emprego de práticas agrícolas com baixa tecnologia e com utilização de implementos e ferramentas rudimentares, principalmente por se tratar de uma área onde há um predomínio de pequenas propriedades. Assim, o cultivo do tabaco propicia períodos de maior pressão de tráfego de carroças de tração animal (durante o cultivo). Já os períodos de outono e inverno, há uma redução das atividades agrícolas, reduzindo a trafegabilidade. Essas carroças são veículos de dois eixos com rodas de madeiras em torno de 8 cm de largura, recapadas por uma chapa de aço e possuem capacidade de transporte de até 700 kg (Figura 2 A; 2 B).

Na figura 2 B, observamos as marcas das rodas deixadas pelas carroças no leito das estradas que atuam como caminhos preferenciais do fluxo de água durante a chuva potencializando a erosão conforme observado por Safari *et al.* (2016) em estradas florestais no Norte do Iran.

As baixas temperaturas nos meses mais frios com ocorrência de geadas dificultam a realização de mais de uma safra ao longo do ano apesar de algumas culturas serem realizadas no inverno como o cultivo da aveia e trigo. Portanto, o calendário das atividades agrícolas



Figura 2- A) carroção de tração animal utilizada para o transporte dos produtos agrícolas; B) marcas deixadas no leito da estrada pelas rodas das carroças.

da bacia indica períodos de intensa atividade agrícola (setembro a março) e redução das atividades (abril a agosto).

O período de pouca atividade agrícola (março a agosto) é chamado pelos agricultores da região de “período de folga”, em que são realizadas outras atividades como limpeza (roçada) das áreas de pastagens, colheita da erva mate e corte de lenha (madeira) para utilização na cura das folhas de tabaco durante a safra seguinte. Além do preparo das mudas do tabaco para o plantio da próxima safra. Alguns agricultores ainda efetuam a roçada das capoeiras para a realização da roça de coivara (roça de toco) para o cultivo do milho e feijão.

### **Características das estradas e procedimento de mensuração de perda de solo**

As estradas da bacia foram subdivididas em estradas principais e estradas secundárias. Consideramos estradas principais aquelas que “cortam” a bacia, e que recebem maior atenção dos órgãos públicos com readequação periódica, abertura de caixas de contenção e principalmente recebe em intervalos de 4 a 6 anos uma camada de cascalho (folhelho) que facilita a trafegabilidade evitando os atoleiros em períodos de chuvas.

As estradas secundárias são aquelas que interligam as estradas principais, e dão acesso às residências, geralmente não recebem a camada de cascalho, o que dificulta o tráfego em período de chuvas. As características das estradas foram levantadas através da utilização de um GPS. De posse deste equipamento, percorremos todas as estradas da bacia para identificar a malha viária da bacia e o percentual de cada tipo de estradas. Com os dados de comprimento das estradas e a área total da bacia, foi possível estimar a densidade de estradas.

Na avaliação da perda de solo nos barrancos das estradas utilizamos a técnica de pinos de erosão, a qual consiste na utilização de vergalhões de ferro medindo aproximadamente 50 cm, sendo que 40 cm foram plotados no solo deixando 10 cm exposto para o monitoramento, conforme metodologia apresentada por De Ploey & Gabriels (1980).

Foram instaladas 14 (quatorze) parcelas de 2x2 m, totalizando 140 pinos, (10 pinos por parcela), distribuídos aleatoriamente dentro de cada parcela. As parcelas foram mensuradas a cada três 3 meses, obedecendo sempre o mesmo procedimento de medida (sempre a

mesma lateral do pino). Destacamos que foram identificadas a altura e a declividade de cada parcela, além das características das mesmas (vegetação, solo exposto, desmoronamento e bancos de sedimentos) no intuito de verificar se estas variáveis influenciam na dinâmica erosiva dos barrancos. Ao término do monitoramento foi avaliado o rebaixamento (exposição) dos pinos em relação ao início do monitoramento.

A partir do rebaixamento da superfície monitorada, associado à densidade aparente do solo, efetuamos o cálculo da perda de solo da parcela (Equação 1).

$$P_s = R_s \times D \quad (1)$$

sendo:

$P_s$  = Perda de solo ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ).

$R_s$  = Rebaixamento total do solo (cm).

$D_s$  = Densidade aparente do solo ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ).

Para a mensuração da perda total de solo das estradas foram individualizadas seis parcelas ao longo das estradas monitoradas com uma área de contribuição de  $600 \text{ m}^2$  cada parcela. Foi aberta uma área de acumulação de sedimento (caixa de contenção) em cada parcela, totalizando 6 caixas de acumulação de sedimentos nas laterais da estrada (margens), de  $1 \text{ m}^3$  (Figura 3). O percentual de retenção de sedimentos nessas caixas foi monitorado através do método de perfil transversal (ANTONELI, 2011).

Foram mensurados 30 perfis em cada caixa (30 chuvas). A mensuração dos perfis servia para estimar a quantidade de sedimentos armazenada em cada caixa após a chuva. Os trechos de estradas individualizados, no qual foram construídas as caixas de acumulação de sedimentos foram denominadas C1, C2, C3, C4, C5 e C6.

Para avaliar a deposição de sedimentos nas caixas a cada chuva, foram realizadas prospecções (perfis transversais) para identificar o volume do sedimento acumulado. O sedimento acumulado na caixa de contenção era removido após cada mensuração (cada chuva). A perda de solo nas estradas foi realizada por meio da mensuração do acúmulo de sedimentos nas caixas de contenção (Equação 2).

$$P_s = A \times D / A \quad (2)$$

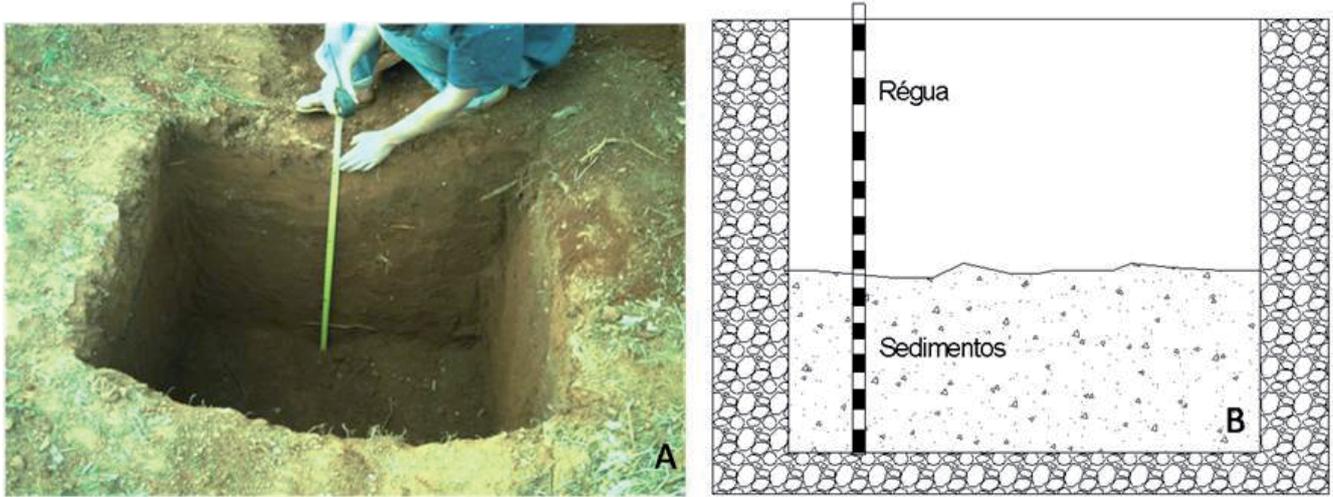


Figura 3- Monitoramento do sedimento acumulado; A) abertura da área de contenção de 1x1m<sup>3</sup>; B) perfil representativo do depósito de sedimentos durante a mensuração. Fonte Antoneli, V. (2011).

sendo:

$P_s$  = Perda de solo das estradas (kg/m<sup>2</sup>).

A = Acúmulo de sedimentos nas caixas de contenção (m<sup>3</sup>).

D = Densidade aparente dos sedimentos depositado (g/cm<sup>3</sup>).

A = Área de contribuição do trecho de estrada (m<sup>2</sup>).

Para as seis parcelas monitoradas estimamos o comprimento da rampa, largura média da estrada, área de contribuição e a declividade do segmento da estrada além da característica do leito da própria estrada (Tabela 1).

O comprimento da rampa foi estipulado através de uma trena de 50 metros. A largura média foi estimada

através da mensuração de 20 seções transversais no leito das estradas, as quais foram realizadas através de uma trena. A declividade foi estimada com um clinômetro. Para calcular a área de contribuição utilizamos a Equação 3.

$$AC = Lm \times Cr \tag{3}$$

sendo:

AC = Área de Contribuição (m<sup>2</sup>).

Lm = Largura média do trecho (m).

Cr = Comprimento da rampa (m).

Largura - n = 20

Tabela 1: Características das parcelas.

Caixa de Contenção	Área de contribuição aproximada (m <sup>2</sup> )	Comprimento de rampa (m)	Declividade (%)	Largura (m)	Tipo de estrada	Característica do leito da estrada
C1	600	100	15	6,0±1,3	Secundária	Sem cascalho
C2	600	92	10	6,5 ±0,9	Principal	Com cascalho
C3	600	78	8	7,7 ±1,5	Principal	Com cascalho
C4	600	67	9	8,9 ±2,1	Secundária	Sem cascalho
C5	600	75	12	8,0 ±2,8	Principal	Com cascalho
C6	600	68	10	8,8 ±1,1	Secundária	Sem cascalho

Org. Antoneli, V. (2011).

Para correlacionar as perdas de solo com a variabilidade das atividades da bacia foi preciso individualizar as perdas de solo dos barrancos, pois estes não sofrem influência da trafegabilidade (Equação 4).

$$P_{sl} = P_{st} - P_{sb} \quad (4)$$

sendo:

$P_{sl}$  = Perda de solo do leito das estradas ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ).

$P_{st}$  = Perda de solo total ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ).

$P_{sb}$  = Perda de solo dos barrancos ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ).

Para identificação do tráfico dos agricultores na área de monitoramento, foram utilizadas informações descritas por Antoneli (2011). Estas informações foram confrontadas com as características do cultivo do tabaco estimadas através de trabalhos de campo e informações dos agricultores, no qual se obteve informação a respeito da dinâmica desta atividade.

O volume pluviométrico ao longo da pesquisa foi coletado com auxílio de um pluviômetro manual de leitura diária entalado na área de estudos.

Foi aplicada análise de variância univariada (ANOVA) para comparar as perdas de solo em diferentes meses do ano (safra e entressafra). No Teste-F foi estabelecido o nível crítico de 5%.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A perda de solo das estradas rurais depende de uma série de fatores que podem ser observado no

modelo conceitual que resume a dinâmica da perda de solo nas estradas (Figura 4). Os sedimentos produzidos na estrada são provenientes de duas áreas fontes principais: barranco e leito da estrada. Cada um desses locais (barranco e leito) contribui de forma diferenciada com a produção e transferência de sedimentos para os corpos hídricos.

Na bacia, foram mensurados 13,8 km de estradas principais (cascahadas) (66,5%), enquanto que as estradas secundárias somam 6,9 km (33,5%). As estradas principais possuem largura média de  $7,8 \pm 0,19$  m ( $n = 60$ ), enquanto que as estradas secundárias possuem largura média de  $5,9 \pm 0,12$  m ( $n = 60$ ), totalizando 20,7 km de extensão. Neste cálculo não foram levadas em consideração as estradas temporárias, pois em determinados períodos do ano elas deixam de existir, principalmente no período de entressafra.

A densidade das estradas foi de  $3,20 \text{ km}/\text{km}^2$ , enquanto que a densidade de drenagem estimada foi de  $1,83 \text{ km}/\text{km}^2$  (ANTONELI, 2011), sendo, portanto, 75% superior. Observamos que as estradas desempenham um papel importante na geração, transporte e transferência de sedimentos das vertentes para os corpos hídricos (SHERIDAN *et al.*, 2008; THOMAZ *et al.*, 2014).

### Perda de solo em barranco de estrada

A perda média de solo dos barrancos foi de  $4,9 \text{ (kg}/\text{m}^2/\text{ano)}$ , variando entre  $1,7 \text{ kg}/\text{m}^2/\text{ano}$  (parcela 7) a  $10,3 \text{ kg}/\text{m}^2/\text{ano}$  (parcela 8). As parcelas que apresentaram alturas do barranco superior a 2,0 metros, e declividade superior a 65% tiveram as maiores perdas (Tabela 2).

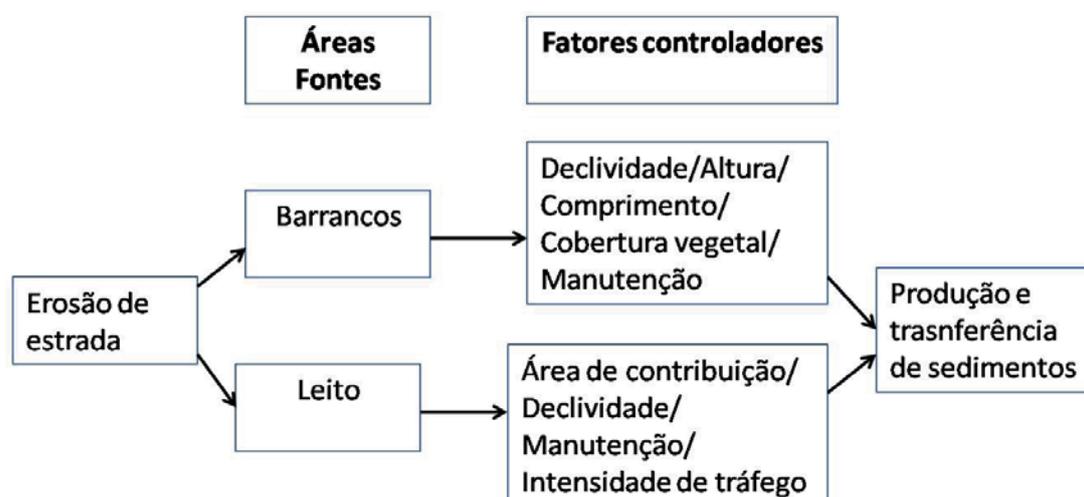


Figura 4 - Modelo conceitual acerca da dinâmica da erosão em estrada

**Tabela 2: Perda de solo nos barrancos**

Parcelas	Perda de solo ( kg/m <sup>2</sup> /ano)				Perda Total kg/m <sup>2</sup> /ano	Altura do Barranco (m)	Declividade do barranco (%)
	Set	Dez	Mar	Jun			
P1	2,0	1,8	1,2	2,3	7,3	2,5	81
P2	2,2	2,3	1,9	2,6	9,0	3,0	85
P3	0,6	1,3	1,0	1,6	4,4	1,4	63
P4	0,6	0,5	1,0	1,1	3,1	1,5	65
P5	0,1	0,4	0,6	0,6	1,7	1,0	51
P6	1,3	3,1	2,5	2,2	9,1	2,9	85
P7	0,4	0,1	0,4	0,8	1,7	1,6	47
P8	3,0	2,0	3,0	2,3	10,3	3,0	88
P9	1,1	1,3	1,0	1,6	4,9	2,5	83
P10	0,4	0,6	0,5	1,3	2,8	1,4	64
P11	1,0	0,6	0,6	1,3	3,5	1,6	62
P12	1,6	1,8	1,1	2,5	6,5	3,2	86
P13	0,6	1,8	0,2	0,4	3,0	1,4	61
P14	0,5	0,8	0,1	0,4	1,8	1,1	58
Perda média* (kg/m <sup>2</sup> /ano)	1,0 ns	1,3 ns	1,1 ns	1,5 ns	4,9	2,0	-
Chuva (mm)	559,5	684,0	429,5	331,0	2067	-	-
DP	0,8	0,9	0,9	0,8	3,0	0,8	13,2
CV	76,8	65,5	79,7	52,9	60,6	-	-

**Nota:** a densidade aparente do solo dos barrancos foi estimada em  $1,2 \pm 0,19 \text{ g/cm}^3$  ( $n = 15$ ); ns – não significante estatisticamente.

Algumas parcelas se portaram de maneira distinta em determinadas coletas, indicando valor muito baixo e até mesmo negativo (acúmulo de solo). O baixo percentual de remoção dessas parcelas pode ser em decorrência das características das mesmas, como: grau de exposição do solo do barranco; estrutura do próprio barranco; declividade e tipo de uso do solo nas margens dessas estradas. Este acúmulo se forma devido à vegetação que se adapta neste local retendo sedimentos que se desprendem da parte superior do barranco, formando bancos de sedimentos (Figura 5).

Quando agrupadas as perdas de solo das parcelas com altura inferior a 2,0 metros observamos que as perdas foram 3 vezes menores em relação às parcelas com altura superior a 2,0 metros. A altura do barranco pode influenciar nas perdas de solo devido à exposição do solo e a área de contribuição. Os barrancos com altura superior a 2,0 metros indicaram maior concentração de fluxo com o surgimento de algumas ravinas que poten-

cializaram as perdas de solo (Figura 5 C).

A declividade dos barrancos também influenciou nas perdas de solo. Quando agrupadas as perdas de solo das parcelas com declividade inferior a 65% observou-se que perdas foram 2,9 vezes inferiores as perdas das parcelas com declividade superior a 65%. Identificamos, que quanto menor a declividade, maior o grau de regeneração de vegetação nos barrancos, principalmente na parte inferior, o que reduz as perdas de solo (Figuras 5 A e 5B). Os barrancos com maior declividade, o solo desprendido atinge diretamente a margem da estrada sendo transportado pelo fluxo de água com a ocorrência da chuva.

Outro fator observado que contribui com as perdas de solo em barrancos com maior declividade é o desmoronamento que pode ser potencializado pelo ciclo de umedecimento e ressecamento, sobretudo, em barrancos verticais (Figura 5 D).



Figura 5 - A) início do processo de acúmulo de solo na parte inferior; B) regeneração da vegetação na parte inferior do barranco; C) ravinamento na parte superior do barranco > 2,5 metros de altura; D) barranco vertical com desmoronamento e solapamento devido ao ciclo da umidade.

Quando analisados os pinos de forma separada, observamos que os pinos da parte inferior das parcelas próximas a margem, indicaram perdas de solo 45% maior que a parte superior da parcela. Este aumento pode ser atribuído as incisões erosivas que foram surgindo ao longo da pesquisa devido a concentração de fluxo de água (Figura 5 C) e também pelo desmoronamento dos barrancos (Figura 5 D).

A perda de solos dos barrancos, estimada nesta pesquisa foi próxima daquelas encontradas por Ramos-Scharrón & MacDonald (2007) entre 2,0 a 17 kg m<sup>2</sup>/ano com média de 9,5 kg/m<sup>2</sup>/ano. Porém, abaixo daqueles estimado por Thomaz *et al.* (2011), onde encontraram valores entre 17,4 a 25,8 kg/m<sup>2</sup>/ano (média de 20 kg/m<sup>2</sup>/ano). Um dos motivos para maior perda é que os barrancos eram em sua maioria vertical e sofria intenso processo de desmoronamento como indicado na Figura 4D.

#### Perda de solo no leito de estrada

As áreas de contenção monitoradas em trechos de estrada secundária indicaram menores deposições (média de 20,7 kg/m<sup>2</sup>/ano). Já aquelas instaladas em trechos de estrada principal indicaram maiores perdas de solo (27,6 kg/m<sup>2</sup>/ano) (Tabela 3). Os valores indicados na tabela 3, referem-se a perda total de solo das estradas incluindo a perda de solo dos barrancos.

Após análises da deposição de sedimentos nas caixas de contenção, verificou-se que a perda média das estradas foi de 27,6 kg/m<sup>2</sup>/ano, variando entre 19,4 kg/m<sup>2</sup>/ano (parcela C1) a 29,7 kg/m<sup>2</sup>/ano (parcela C5).

A campanha realizada em setembro indicou menor perda de solo (4,7 kg/m<sup>2</sup>), enquanto o mês de março (período que compreende a perda de solo entre os meses de dezembro a março) indicou maior perda

**Tabela 3: Perda de solo sazonal das estradas estimada através da deposição de sedimentos nas áreas de contenção.**

Meses	Parcela						Perda média (kg/m <sup>2</sup> )	Chuva (mm)
	C1	C2	C3	C4	C5	C6		
Set	3,3	4,4	5,9	5,5	5,5	3,7	4,7a	559,5
Dez	6,5	8,9	10,2	10,5	10,6	6,5	8,9b	694,0
Mar	5,9	10,3	10,2	8,5	11,7	7,4	9,0b	492,5
Jun	3,7	4,9	6,1	5,2	6,5	3,9	5,1a	321,0
Perda de solo (kg/m <sup>2</sup> /ano)*			32,4ns	29,7ns	34,3ns	21,6ns	27,6	2067,0
DP	1,6	2,9	2,4	2,6	3,0	1,9	2,4	-
CV	32,7	42,1	30,0	34,5	35,2	34,5	34,7	-

\*Perda absoluta de solo nas parcelas em kg/m<sup>2</sup> levando em consideração a perda de solo do barranco e do leito.

Nota - A densidade aparente dos sedimentos foi realizada em diversas profundidades nos sedimentos retidos e o valor médio encontrado foi de  $1,15 \pm 0,08$  g/cm<sup>3</sup>, (n = 21). ns – não significativo estatisticamente; coluna seguida de mesma letra não difere estatisticamente ao nível de 5%.

(9,0 kg/m<sup>2</sup>) (Tabela 3). A perda de solo de dezembro a março representou 64,8% do total do período monitorado. Enquanto, que o período de junho a setembro corresponderam a 35,2%.

A perda total de solo estimada por esta pesquisa está acima dos valores encontrados por Macdonald *et al.* (2001) em St. John, Ilhas Virgens (entre 10 a 15 kg/m<sup>2</sup>/ano); Antonangelo & Fenner (2005), que encontraram valores de 13 kg/m<sup>2</sup>/ano em 10 meses de monitoramento em estradas florestais no estado de São Paulo, e abaixo daqueles encontrados por Rijdsdijk *et al.* (2007), que em pesquisas em estradas rurais na Indonésia registraram valores de 42 kg/m<sup>2</sup>/ano.

No entanto, a variação das perdas de solos identificadas entre as 6 parcelas podem estar associados às características das mesmas. A declividade das parcelas não contribuiu de forma efetiva para a perda de solo. Como por exemplo, a parcela C1 que indicou maior declividade e a menor perda de solo. Esta observação é contrária os resultados obtidos por Gucinski *et al.* (2001); Garcia *et al.* (2003) ao afirmarem que a declividade é um fator predominante na produção de sedimentos, enquanto que o comprimento da rampa influencia no volume da enxurrada.

Quando individualizadas as perdas de solo entre os barrancos e o leito das estradas, observou-se que os barrancos contribuíram com 4,9 kg/m<sup>2</sup> (17,8%) do total de perda, enquanto o leito das estradas indicaram perdas de 22,7 kg/m<sup>2</sup> (82,2%).

### Influência do calendário agrícola na perda de solo nas estradas

Para identificar a influência do calendário agrícola nas perdas de solo foi preciso individualizar as perdas de solo do leito das estradas das perdas dos barrancos, por este último não sofrer influência do calendário. Portanto, os dados discutidos na sequência são apenas das perdas do leito das estradas. Os quais foram correlacionados com o calendário agrícola, indicando a variação na trafegabilidade e as atividades realizadas, (Quadro 1).

Quando confrontados os dados de perda de solo do leito das estradas com o calendário agrícola, notamos que de março a agosto, há uma redução no tráfego de carroças e um aumento no tráfego de veículos, devido ao término da safra de tabaco (ANTONELI, 2011). Neste intervalo, as práticas agrícolas da região diminuem consideravelmente, por ser um período de entressafra interferindo na estimativa de perdas de solo. Antoneli & Thomaz (2010) já haviam identificado que nos períodos de entressafra do tabaco (março a setembro) há uma redução na concentração de sedimentos transportados pelos corpos hídricos na bacia em estudo, o que sugere uma influência do cultivo do tabaco.

Entre os meses de setembro a novembro (início cultivo do tabaco), o solo agrícola é revolvido constantemente para eliminação das ervas daninhas, através de equipamentos rudimentares de tração animal, fazendo com que haja maior trafegabilidade das carroças nas estradas para o deslocamento entre as propriedades e

**Quadro 1: Calendário agrícola ao longo do ano na bacia.**

	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	jan	fev
	Semeadura da cobertura de inverno; redução do trânsito das carroças; aumento no tráfego de veículos.					Preparo do solo; início do cultivo do tabaco; aumento no tráfego de tratores e carroças;			Colheita do tabaco; redução considerável de veículos; aumento do tráfego de carroças			
Chuva (mm)	492,5		321			559,5				694		
Perda total de solo das estradas (kg/m <sup>2</sup> ) <sup>1</sup>	9,0		5,1			4,6				8,9		
Perda de solo dos barrancos (kg/m <sup>2</sup> ) <sup>2</sup>	1,1		1,5			1,0				1,3		
Perda de solo do leito das estradas (kg/m <sup>2</sup> ) <sup>3</sup>	7,9		3,6			3,6				7,6		
Perda de solo do leito das estradas (g/m <sup>2</sup> /mm) <sup>4</sup>	16,0		10,8			6,5				11,1		

<sup>1</sup>Perda total de solo.

<sup>2</sup>Perda e solo apenas dos barrancos.

<sup>3</sup>Perda de solos apenas do leito. Para tal cálculo, foram subtraídos os valores de perda de solo dos barrancos dos valores totais indicados pelas parcelas.

<sup>4</sup>Perda de solo após ponderação entre perda de solo e pluviosidade

as áreas agrícolas. Neste período há também uma intensificação na trafegabilidade de tratores, tanto para o preparo do solo quanto para a baldeação de lenha para cura do tabaco no período de colheita.

Já entre os meses de dezembro e fevereiro, é realizada a colheita do tabaco, que acaba concentrando maior atividade ao longo do cultivo, pois a colheita é realizada semanalmente. Devido à intensificação das atividades, há uma redução do tráfego de veículos, e um aumento de carroças, para o escoamento da produção das áreas agrícolas até as estufas para a secagem.

O período que compreende as campanhas de dezembro e março, indicaram as maiores perdas de solo do leito das estradas com 15,5 kg/m<sup>2</sup> (68,2% do total), o restante (31,8%) foi registrado nos períodos das campanhas de junho e setembro, culminando com o período de entressafra.

Ao ponderar os dados de perda de solo das estradas

com a pluviosidade obtivemos os maiores valores de perda nos barrancos em julho e março no leito das estradas (Figura 6)

O período de safra indicou maior perda de solo por milímetro de chuva no leito das estradas (11,1 g/m<sup>2</sup>/mm dezembro e 16,1 g/m<sup>2</sup>/mm em março), enquanto que no período de entressafra as perdas foram inferiores (10,0 g/m<sup>2</sup>/mm em julho e 6,5 g/m<sup>2</sup>/mm em setembro). O aumento das perdas nos meses de safra pode ser atribuído a intensificação do tráfego que disponibiliza mais material para ser transportado pelo escoamento superficial.

Nos períodos de pouca trafegabilidade as perdas são menores devido a redução do material disponível para o transporte e que pode apresentar picos mais elevados no início do escoamento reduzindo com o tempo o material disponível para o transporte (ARNÁEZ *et al.*, 2004).

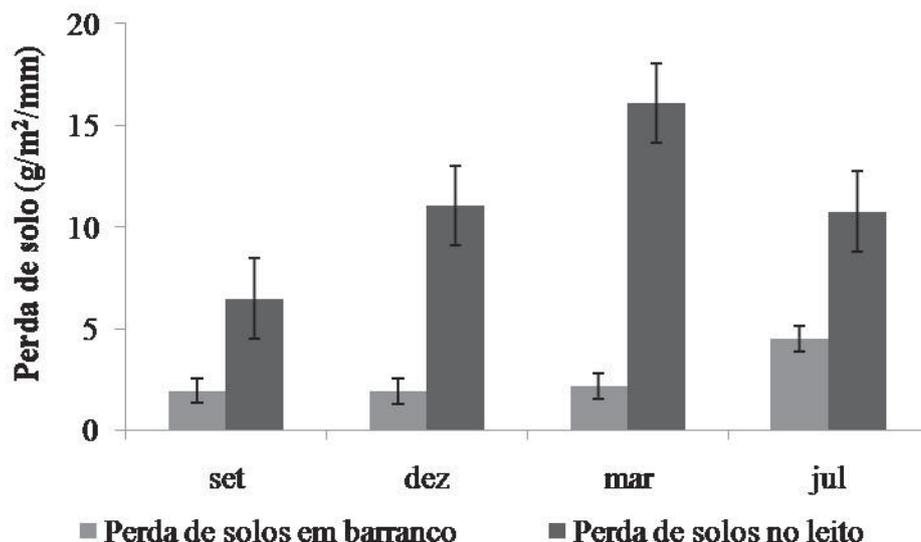


Figura 6 - Dados normalizados entre perda de solo ( $g/m^2$ ) e precipitação (mm).

Nota: barras de erro a 95%

## CONCLUSÕES

1 - Apesar de ocupar uma área pouco representativa em relação aos demais tipos de uso do solo, as estradas se constituem como importante fonte de sedimentos.

2 - A perda de solo nas estradas indicou valor total  $27,6 \text{ kg/m}^2/\text{ano}$ . Deste total,  $4,9 \text{ kg/m}^2/\text{ano}$  (17,8%) foram oriundos dos barrancos e  $22,7 \text{ kg/m}^2/\text{ano}$  (82,2%) foram disponibilizados pelo leito das estradas.

3 - A declividade e o comprimento dos barrancos influenciaram nas perdas de solo.

4 - Quando individualizadas as perdas de solo (barrancos e leito), observamos que o calendário agrícola, influencia de forma significativa nas perdas de solo das estradas. Cerca de 68,2% das perdas de solos ocorreram em períodos de maior trafegabilidade (safra), enquanto que apenas 31,8% das perdas foram registradas em períodos de entressafra. Mesmo normalizando os dados de perda de solo pela pluviosidade observamos que na safra as perdas foram maiores do que no período de entressafra.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTONANGELO, A.; FENNER, P.T. **Identificação dos riscos de erosão em estradas de uso florestal através do critério do fator topográfico LS**. Tese (Doutorado em Agronomia), Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu. 2005. 88 p.

ANTONELI, V. **Dinâmica do uso da terra e a produção de sedimentos em diferentes áreas fontes na bacia hidrográfica do Arroio Boa Vista- Guamiranga-PR**. Tese (Doutorado em Geografia) Universidade Federal do Paraná – UFPR. Curitiba 2011. 354 p.

ANTONELI, V. & THOMAZ, E. L. Relação entre o cultivo de fumo (*Nicotiana tabacum*). **Geografia**. Rio Claro –SP. V. 35, n 2, p. 383-398. 2010.

ARNÁEZ, J. LARREA, V. ORTIGOSA, L. **Surface runoff and soil erosion on unpaved forest roads from rainfall simulation tests in northeastern Spain** *Catena*. V. 57, I.1, p. 1-14. 2004.

BREMENFELD, S.; FIENER, P.S. GOVERS G. Effects of interrill erosion, soil crusting and soil aggregate breakdown on in situ  $\text{CO}_2$  effluxes. *Catena*, V. 104, p. 14-20. 2013.

CERDÀ, A. Soil water erosion on road embankments in eastern Spain. **Science of The Total Environment**. V.378, I. 1–2, 25, p. 151–155. 2007.

DE PLOEY, J. & GABRIELS, D. Measuring soil loss and experimental studies. In: KIRKBY, M.J. & MORGAN, R.P.C. (Org). **Soil erosion**. London: John Wiley & Sons, p. 63-108, 1980.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa, 1999. 412p.

FERNÁNDEZ, C. VEGA, J.A. GRAS, J.M. FONTURBEL, T. CUIÑAS, P. DAMBRINE, E. ALONSO, M. Soil erosion after Eucalyptus globulus clearcutting: differences

- between logging slash disposal treatments. **Forest Ecology and Management**, V. 195, I. 1 2, 28. p 85-95. 2004.
- FU, B.; NEWHAM, L. T.H.; RAMOS-SCHARRÓN, C.E. A review of surface erosion and sediment delivery models for unsealed roads. **Environmental Modelling & Software**, v. 25, p. 1–14, 2010.
- GARCIA, A.R.; MACHADO, C.C.; SILVA, E.; SOUSA, A.P.; PEREIRA, R.S. Volume de enxurrada e perda de solo em estradas florestais em condições de chuva natural. **Revista Árvore**. Viçosa, v.27, n.4, 2003.
- GUCINSKI, H.; FURNISS, M.J.; ZIEMER, R.R.; BROOKS, M.H. **Forest road: A synthesis of scientific information Portland, Oregon**: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. General Technical Report PNW- GTR. 2001. 509 p.
- IAPAR –Instituto Agrônômico do Paraná. **Caracterização da Agricultura no Paraná**. Londrina, 88p.1995.
- JORDÁN, A.; MARTÍNEZ-ZAVALA, L.; BELLINFANTE, N. Impact of different parts of unpaved forest roads on runoff and sediment yield in a Mediterranean area. **Science of The Total Environment**, v. 407, p. 937-944, 2009.
- MAACK, R. **Geografia Física do Paraná**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná e Instituto de Biologia e Pesquisa Tecnológica, 350 p, 1968.
- MACDONALD, L.H.; SAMPSON, R.W.; ANDERSON, D.M. Runoff and road erosion at the plot and road segment scales, St. John, US Virgin Islands. **Earth Surface Processes and Landforms**, Chichester, v.26, p.251–272, 2001.
- MARTÍNEZ-ZAVALA, L.; LÓPEZ, A. J.; BELLINFANTE, N. Seasonal variability of runoff and soil loss on forest road backslopes under simulated rainfall. **Catena**, n. 74, p.73-79, 2008.
- MOHAMMAD, A. G. & MOHAMMAD A. A. The impact of vegetative cover type on runoff and soil erosion under different land uses **Catena**, V. 81, I. 2, 15, p. 97-103. 2010.
- MORENO ,G.R.; REQUEJO, A. S.; ALTISENT , D. J.M. Significance of soil erosion on soil surface roughness decay after tillage operations. **Soil and Tillage Research**, v. 117, P. 49-54. 2011.
- MORGAN, R.P.C. **Soil Erosion and Conservation**. Oxford: Blackwell, 2005, 304p.
- PARFITT, R.L. BAISDEN, W.T. ROSS, C.W. ROSSER, B.J. SCHIPPER, L.A. BARRY. B. Influence of erosion and deposition on carbon and nitrogen accumulation in resampled steep soils under pasture in New Zealand. **Geoderma**, V, 192, p.154-159. 2013.
- PIRES, L.S.; SILVA, M. L. N.; CURI, N. LEITE, F. P. ; BRITO, L de F. Erosão hídrica pós-plantio em florestas de eucalipto na região centro-leste de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.41, n.4, p.687-695, abr. 2006.
- PORTO, P.; WALLING, des E.; ALEWELL, C. CALLEGARI, G. MABIT, L. MALLIMO, N. MEUSBURGER, K. ZEHRINGER, M. Use of a <sup>137</sup>Cs re-sampling technique to investigate temporal changes in soil erosion and sediment mobilisation for a small forested catchment in southern Italy. **Journal of Environmental Radioactivity**. v. 138, p 137-148. December 2014.
- RAMOS-SCHARRÓN, C. E. & MACDONALD, L. H. Measurement and prediction of natural and anthropogenic sediment sources, St. John, U.S. Virgin Islands. **Catena**, n. 71, p. 250-266, 2007.
- RICHTER, G. E NEGENDANK, J. Soil erosion processes and their measurement in the German area of the Moselle River. **Earth Surface Processes**, v2. 261- 278. 1997.
- RIJSDIJK, A.; BRUIJNZEEL, S. L.A.; SUTOTO, C. K. Runoff and sediment yield from rural roads, trails and settlements in the upper Konto catchment, East Java, Indonesia **Geomorphology**, v. 87, I. 1–2, 1, p. 28-37. June 2007.
- SAFARI, A.; KAVIAN, A.; PARSAKHOO, A.; SALEH, I.; JORDÁN, A. Impact of different parts of skid trails on runoff and soil erosion in the Hyrcanian forest (northern Iran) **Geoderma**, v. 263, 1, p.161–167, February 2016.
- SHERIDAN, G.J. & NOSKE, P. J. A quantitative study of sediment delivery and stream pollution from different forest road types. **Hydrological Processes**, n. 21, p. 387–398, 2007.
- SHERIDAN, G.J.; NOSKE, P.J.; LANE, P.N.J.; SHERWIN, C.B. Using rainfall simulation and site measurements to predict annual interrill erodibility and phosphorus generation rates from unsealed forest roads: validation against in-situ erosion measurements. **Catena**, v. 73, p. 49–62, 2008.
- STRUNK, H. Soil degradation and overland flow as causes of gully erosion on mountain pastures and in forests. **Catena**, v, 50, I 2–4, 2003.
- THOMAZ, E. L. VESTENA L. R. RAMOS SCHARRÓN, C. E. The effects of unpaved roads on suspended sediment concentration at varying spatial scales – a case study from Southern Brazil. **Water and Environment Journal**. v,28, p. 547–555. 2014.

THOMAZ, E. L.; ANTONELI, V. DIAS, W. A. Estimativa de Proveniência de Sedimento em Cabeceira de Drenagem com Alta Densidade de Estradas Rurais não Pavimentadas **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. v. 16 n.2. p. 25-37. 2011.

ZHOU, G. Y.; MORRIS, J. D.; YAN, H. H.; YU, Z. Y.; PENG, S. L. Hidrological impacts of reforestation with eucalypts and indigenous species: a case study in souther China. **Forest Ecological Management**, Amsterdam, v. 167, n. 1/3, p. 209-222, 2002.