

Movimentação de leito de rio em cabeceira de drenagem potencializada por ação de animais domésticos (suínos)

Movement of river bed in drainage headwaters enhanced by the activity of domestic animals (swines)

João Anésio Bednarz¹

Valdemir Antoneli²

Aparecido Ribeiro de Andrade³

Marlon Fabio Abreu de Carvalho⁴

Resumo O presente trabalho objetivou a avaliação da influência do contato dos animais com os corpos hídricos e, por conseguinte, sua interferência na mobilização do leito de rio no Faxinal Marmeleiro de Cima, localizado no município de Rebouças-PR. O Sistema de Faxinal é uma forma peculiar de uso e ocupação do solo, onde há um consorciamento entre exploração dos recursos naturais e criação de animais sem restrições de áreas (criadouro comunitário), o que provoca impacto negativo nos cursos d'água. O contato direto dos animais com os corpos hídricos implica na inexistência da mata ciliar, o que contribui no processo de conexão dos sedimentos das vertentes com os canais fluviais, formando bancos de sedimentos. Para monitorar a movimentação desses bancos de sedimentos no leito do rio, foi utilizado o método de perfil transversal. As coletas foram realizadas a cada dois meses, totalizando 8 (oito) campanhas nos anos de 2009 e 2010. Para avaliar o avanço das margens foram utilizados pinos de erosão. Para monitorar a precipitação foi utilizado um pluviômetro de medida direta. Ao término do monitoramento foi possível identificar o nível de movimentação do leito dos rios, tendo as estações da primavera e do outono, como os períodos com maior movimentação.

Palavras chaves: Canais Fluviais; Faxinal; Erosão de margens; Degradação.

Abstract *This study aimed at evaluating the influence of the contact of animals with water bodies and hence their interference on the movement of river bed at Faxinal Marmeleiro de Cima, located in the municipality of Rebouças, Paraná State. The Faxinal System is a peculiar way of using and occupying the land, where there is a consortium between exploitation of natural resources and unrestricted animal husbandry, which has negative impacts on the water bodies. The direct contact of animals with water bodies implies in lack of riparian vegetation, contributing with the process of connecting the sediments of the slopes with river channels, forming sediment banks. In order to monitor the movement of these sediment banks in the riverbed, it was used the transverse profile method. Collections were conducted every two months, amounting 8 (eight) collections in 2009 and 2010. For assessing the progress of the margins it was used erosion pins. To monitor the rainfall, a direct measurement pluviometer was used. At the end of the monitoring, it was identified the degree of movement of river beds, with summer and autumn representing the periods with greater movement.*

Key words: *River channels; Faxinal; Margin erosion; Degradation.*

¹ Graduação em Geografia pela Unicentro Universidade do Centro Oeste em 2011, mestrando em Geografia pelo PPGG Programa de Pós Graduação em Geografia –UNICENTRO.

² Doutor em Geografia Pela Universidade Federal do Paraná. Professor Adjunto da Universidade Estadual do Centro-Oeste- UNICENTRO.

³ Doutor em Geografia pela Universidade Federal do Paraná. Professor Adjunto da Universidade Estadual do Centro-Oeste- UNICENTRO.

⁴ Graduado em Geografia pela Unicentro, Campus de Irati.

INTRODUÇÃO

No Sul do Brasil existe uma forma de organização em ambiente rural composta por terras de criar e plantar (separadas por valos/cercas), conhecida como Faxinal ou Sistema Faxinal. Em Santa Catarina e no Rio Grande do Sul, os faxinais, já há muito tempo, pertencem ao passado. Segundo Marques (2004) existem ainda 44 faxinais no Estado do Paraná, muitos destes em fase de desagregação.

O aproveitamento da mata conjugada às áreas circunvizinhas, cuja peculiaridade se assenta sobre o uso da terra de Faxinal para criação extensiva e para extrativismo de erva-mate denomina-se Sistema Faxinal e constitui a forma histórica de organização social que mais preservou as condições ambientais locais (CHANG, 1988).

Para discutir a importância que os animais exercem nas questões ambientais em um Sistema de Faxinal, primeiramente é preciso conceituar este sistema, principalmente por sua importância cultural. Esse formato de uso e ocupação camponesa centenária da Região Centro-Sul do Estado do Paraná, independente de sua extensão territorial, culmina com a exploração dos recursos naturais e a criação de animais sem restrição entre as propriedades (criadouro comum).

Até a metade do século XX, vinte por cento de todo o território paranaense era composto pelos Faxinais, que se formaram, sobretudo, nas áreas onde se encontrava a Floresta de Araucária (CUNHA, 2003). Essas áreas, geralmente formadas por vales com relevo suavemente ondulado e presença de cursos de água, abrigam um ambiente florestal alterado pelo pastoreio extensivo. Este é o principal motivo da degradação do solo e contaminação dos recursos hídricos neste sistema. Dentro dessa área cercada, o único cultivo realizado é para a subsistência (plantações de horta próximas das casas e árvores frutíferas, por exemplo) e também para o manejo da erva mate. As áreas agricultáveis se encontram fora do criadouro comum, teoricamente em áreas de relevo mais íngreme, onde é difundida a agricultura de subsistência (cultivo de milho e feijão) no sistema de roça de coivara.

Em geral, a organização do sistema se dá através do cercamento de toda a área do Faxinal, dentro do qual, funciona o criadouro comum, onde todos os proprietários têm o direito de criar seus animais (bovino, suíno, eqüino, caprinos, aves etc.) a solta, não havendo cercas ou barreiras entre as propriedades (KOLISKI, 2009).

Apesar do sistema de Faxinal ser considerado uma forma de preservação das características paisagísticas naturais, apresenta alguns problemas de ordem ambiental. A forma de criação dos animais a solta é apontado como o principal fator de erosão e

degradação do solo, que é potencializado pelo constante pisoteio de animais nas áreas de pastagens. Este pisoteio acaba originando caminhos preferenciais nas passagens, geralmente próximos de cercas e de cursos de água. Durante a ocorrência de eventos pluviométricos, todo esse material desagregado é carregado pelo escoamento superficial até esses caminhos que se tornam canais efêmeros. O material transportado é depositado em áreas mais baixas (pequenas depressões nas vertentes) ou nos cursos de água existentes dentro dessas áreas, assoreando os corpos de água.

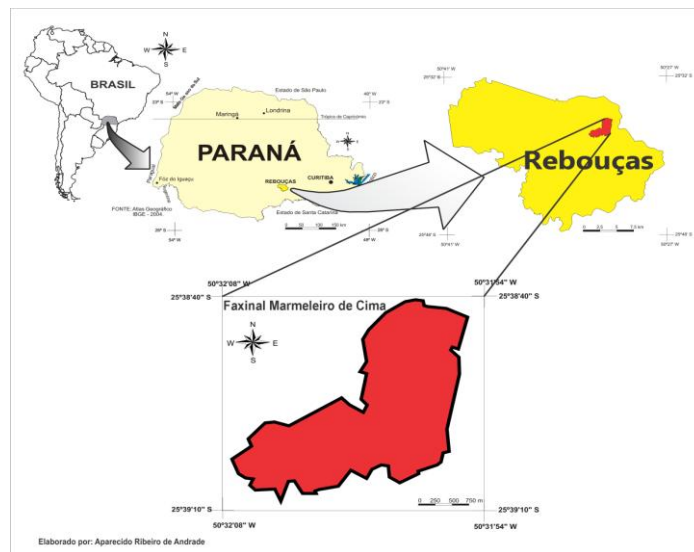
De todas as espécies criadas no sistema de Faxinal, os suínos são aqueles que promovem maior alteração no leito do rio, devido ao revolvimento do solo. Neste sentido a pesquisa teve por objetivo avaliar o impacto destes animais sob os recursos hídricos em uma cabeceira de drenagem em área do Sistema de Faxinal. Para tanto, foi avaliada a remobilização do material de fundo do rio pelos animais, promovendo bancos de sedimentos sob o leito do rio contribuindo assim para a migração das margens. A mensuração foi realizada no período de março 2009 a junho de 2010, apenas em dois pontos próximos a nascente (cabeceira de drenagem), local onde se notou uma concentração maior de animais, devido ao fácil acesso para o banho e sedentação.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Conforme dados do IBGE (2010), Rebouças é um município localizado no Centro-Sul do Estado do Paraná, a 167,87 km da capital do Estado, Curitiba. Sua área territorial é de 482,065 km². Sua população total é de 14.176, sendo a população urbana 7.505 e a população rural de 6.671 habitantes. Faz divisa ao Sul com São Mateus do Sul e Rio Azul, ao Leste com São João do Triunfo e Fernandes Pinheiro, ao Norte com Irati e Fernandes Pinheiro e a Oeste com Rio Azul (Figura 1).

A pequena comunidade faxinalense Marmeleiro de Cima tem 71 famílias e 212 pessoas. A população sobrevive do plantio de soja, milho, feijão e poucos entregam leite para um laticínio de Rebouças, outros equilibram seu trabalho na própria propriedade com o trabalho de bóia-fria no plantio e colheita da batata.

Segundo informações pessoais dos próprios faxinalenses quanto à população de animais, existe uma estimativa de aproximadamente 225 suínos (22%), 40 eqüinos (4%), 58 bovinos (6%) e 512 aves (49%).

Figura 1. Localização da área de estudos

Fonte: ANDRADE, A. R. 2012.

Segundo MINEROPAR (2006) a área de estudos apresenta dissecação baixa. A classe de declividade predominante é menor que 6%. Em relação ao relevo, as formas predominantes do relevo são topos aplainados, vertentes retilíneas e vales em “V”.

Quanto às características climáticas apresenta um clima Cfb. Esse regime climático é caracterizado como Subtropical úmido, com temperaturas médias anuais entre 17° e 19°C, sendo a temperatura do mês mais quente inferior a 23°C e o do mês mais frio superior a -3°C, apresentando entre 5 a 10 geadas no ano (MAACK, 1968).

A precipitação média anual é de 1600 mm, com elevada umidade relativa do ar (superior a 70%, em média) e temperatura média anual de aproximadamente 18°C (SUDERHSA, 1998).

Em levantamento de campo realizado recentemente, Andrade, Antoneli e Bednarz (2012) confirmaram essa dinâmica climática de forma parcial, afirmando que a temperatura média para o Faxinal Marmeleiro de Cima, no ano de 2010, foi 17°C, a mínima do inverno de -2,4°C, e no verão as temperaturas máximas chegaram a 29,8°C. Nota-se somente que as temperaturas máximas estiveram acima da média histórica.

A cabeceira de drenagem, onde foram instalados os pontos de monitoramento apresenta um processo avançado de degradação. Principalmente por não haver mata ciliar, há um contato direto dos sedimentos oriundos da vertente com os corpos hídricos. Outro fato importante no processo de degradação da área de estudos é a criação de caminhos preferenciais para os animais chegarem ao rio para dessedentação.

Esta mesma cabeceira de drenagem serve também como fonte de água para o abastecimento das casas que estão à jusante e, segundo relatos dos moradores em conversas informais, nos períodos de estiagem há uma diminuição da água, sendo insuficiente para abastecer as casas.

PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS EM CANAIS FLUVIAIS

Vários autores desenvolveram e/ou aplicaram métodos e equações empíricas para estipular os percentuais de material transportado, tanto por suspensão quanto por arraste de fundo (CHRISTOFOLLETI, 1974; NORDIA et al., 1993; GREGORY; WALLING, 1973; MOLLER, 1993; CARVALHO, 1994; COIADO et al., 2001; TEIXEIRA, 2001). Contudo, no caso das áreas onde há um contato direto dos animais com os corpos hídricos (sistema de Faxinal), estas técnicas acabam apresentando resultados insatisfatórios, relacionados à dificuldade de isolamento da área para monitoramento e, nos casos de utilização dos pinos de erosão, os animais acabam removendo e/ou alterando as alturas.

No contato direto dos animais com os corpos hídricos, devido ao pisoteio e ao revolvimento do leito e das margens, os sedimentos são colocados em movimento tanto em suspensão quanto em arraste de fundo. Portanto, mesmo sem alteração na vazão, há uma carga maior de sedimentos sendo transportado quando do contato desses animais com os corpos hídricos.

Os sedimentos são colocados em movimento ou têm seus movimentos alterados sempre que ocorrerem alterações no leito do rio ou na bacia hidrográfica. Wilson Junior e Paiva (2003) consideram dois tipos de movimento de material sólido nos escoamentos fluviais: a) sedimentos originários do leito do rio, que podem ser transportados por arraste ou em suspensão; e b) sedimentos oriundos da lavagem da bacia, pelas chuvas, gerando o movimento conhecido como do tipo carga de lavagem (*Wash-load*).

A quantidade de matéria em solução depende em grande parte da contribuição subterrânea e do escoamento superficial para que o débito do rio sofra variações na escala temporal e espacial. Para esse tipo de abastecimento, a composição química das águas dos rios é determinada por vários fatores, tais como, clima, geologia, topografia, vegetação e o tempo gasto para o escoamento (superficial e subterrâneo), até atingir o canal fluvial (CHRISTOFOLETTI, 1981).

A carga de material dissolvido tende a aumentar com a estação das cheias. A água tende a transpor sua calha, inundando as planícies de inundação, onde há um acúmulo de matéria orgânica, oriunda da vegetação existente, e/ou proveniente de material

depositado pelas próprias cheias passadas. Esse material se decompõe *in loco*, que com a elevação do nível das águas e conseqüente inundação dessas áreas, é dissolvido pela água e transportado em suspensão.

Quando há um contato dos animais com o leito do rio, surgem pequenos bancos de sedimentos que se formam pelo revolvimento da margem ou do próprio leito. Esses depósitos vão ser desestabilizados (desmontados), quando ocorrer um aumento na vazão, ou quando os próprios animais revolverem novamente estes bancos.

Conforme Cunha (1995), ao longo do perfil transversal, quando a velocidade é uniforme, as águas fluem em camadas sem haver misturas entre elas, constituindo assim um fluxo laminar no qual os processos erosivos apresentam menor intensidade e o transporte de sedimentos reduz-se a partículas muito finas. Já onde existe um fluxo turbulento, onde ocorrem flutuações de velocidade devido o redemoinho provocado pelos obstáculos e irregularidade existentes no leito, com a ocorrência desses turbilhonamento as partículas maiores são colocadas em movimento e serão depositadas quando a força do fluxo se tornar inferior a gravidade. Neste contexto, o contato dos animais contribui para a turbulência do fluxo, ao revolver o leito, os animais promovem pequenas barragens em alguns locais no leito, deslocando o fluxo de água para a margem, formando um micro meandramento.

Faria (2000), estudando o transporte de sedimentos em suspensão nos canais de primeira ordem, concluiu que a vegetação atua como um dos principais fatores responsáveis pela deposição e transporte de sedimentos, devido o material que cai sobre esses canais, como as folhas, os pequenos galhos e os troncos. Com o aumento da vazão em períodos de cheias essas barragens são destruídas pelo fluxo, e esses materiais retidos são colocados em movimento, promovendo assim um aumento da carga de transporte de sedimentos nas áreas à jusante, pois esse material é composto na maioria das vezes por sedimentos de granulometria menor.

Simon (1990), pesquisando a carga de sedimentos do leito em algumas bacias de pequeno porte em Porto Rico, concluiu que quanto menor a área da bacia, maior será o volume de sedimentos nas calhas, ou seja, pequenas bacias apresentam vazões menores sem força suficiente para o transporte por arraste de fundo dos sedimentos de diâmetros maiores, que só serão transportados após um pico de cheia, provocado por uma intensa precipitação.

Vale ressaltar que os revolvimentos do leito do rio promovido pelo contato direto dos animais, praticamente não formam depósitos de defasagem, por não haver uma seleção

dos materiais mais grosseiros, pois quando estes depósitos são revolvidos há uma redução na granulometria.

Em canais fluviais, a erosão das margens é promovida através das características do fluxo (profundidade, vazão, turbulência, densidade, dentre outras variáveis). Em bacias hidrográficas de médio e grande porte, os percentuais de movimentação das margens podem ser calculados através de equações empíricas, levando-se em consideração a vazão, a profundidade e a largura (LEOPOLD; MADDOCK, 1953).

Faria e Marques (1997), em estudo realizado em três canais de primeira ordem no Maciço da Tijuca (RJ), identificaram que a erosão marginal em rios de primeira ordem pode ocorrer por processos não fluviais. Dentre eles destaca-se a atividade biológica nas margens, onde o surgimento de algumas espécies acaba promovendo o desmoronamento das margens devido à ação de suas raízes. As raízes atuam como obstáculos aos sedimentos, atuando assim, como áreas de contenção de sedimentos, além de contribuírem para o processo de solapamento, pois as raízes influenciam no surgimento de um turbilhonamento da água, aumentando o impacto do fluxo da água sobre as margens.

Por não haver matas ciliares, as margens são expostas a todos esses efeitos pluvio-erosivos, mas o contato dos animais com os corpos acaba promovendo alguns caminhos preferenciais que contribuem para o aumento nas taxas de erosão de margem, devido a compactação do leito destes caminhos, atuando como conectores de sedimentos oriundos das vertentes com os corpos hídricos.

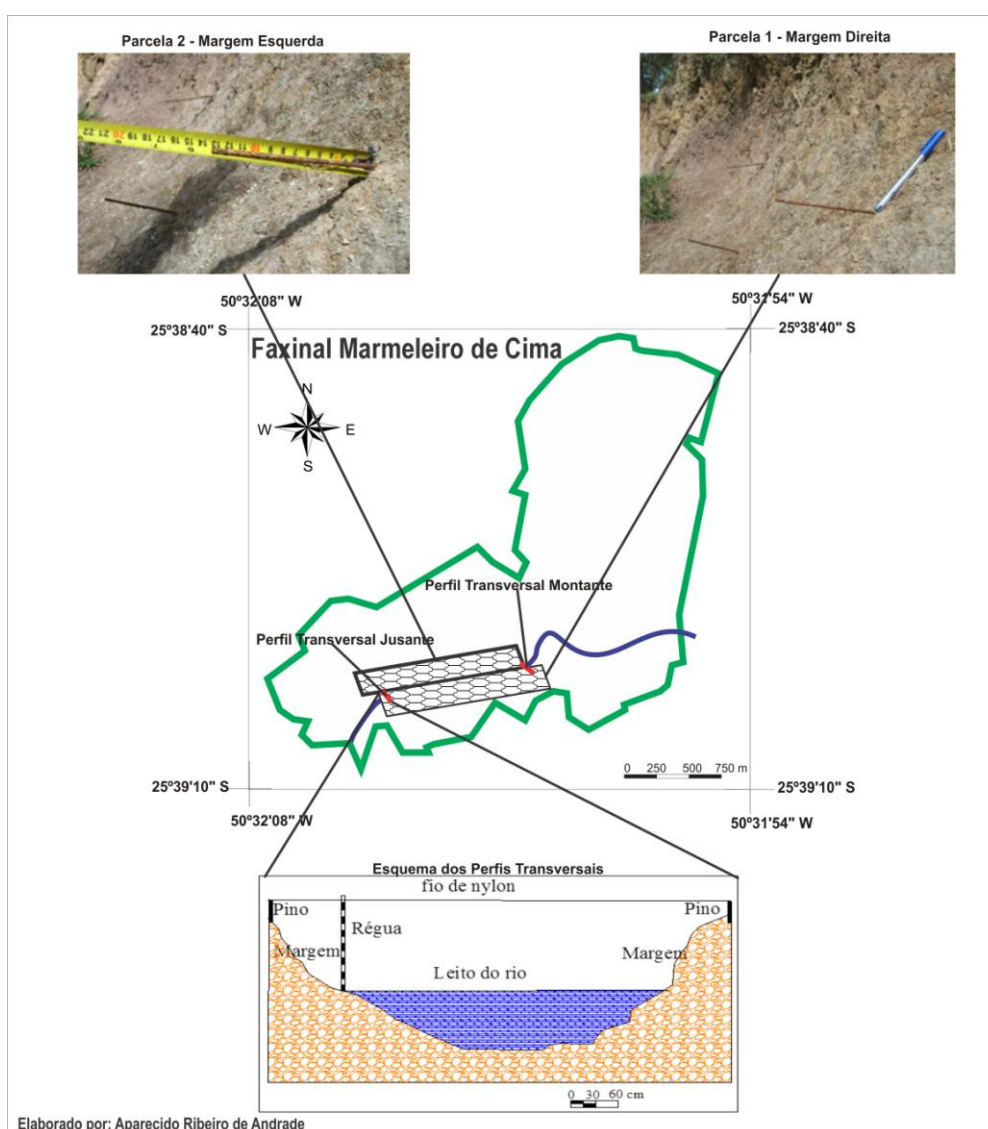
A erosão de margem pode ocorrer por corrosão ou abrasão que é um processo de desgaste físico das margens proveniente, principalmente, do impacto e/ou atrito de partículas transportadas pelo fluxo. Dependendo da inclinação do barranco da margem e o comprimento, o fluxo acaba se concentrando, implicando na formação de microravinas. Outra forma de erosão de margem é em relação ao desmoronamento, geralmente estão associados às margens convexas nos canais meandrantés, onde a intensificação da vazão provoca um maior impacto nas margens provocando solapamento (ANTONELI, 2009).

Nas cabeceiras de drenagem em áreas de contato de animais com os corpos hídricos, a erosão das margens é influenciada pelo deslocamento do fluxo promovido pela movimentação do leito.

METODOLOGIA

Para a obtenção do percentual de erosão das margens optou-se por utilizar a técnica proposta por Wolmam (1959), citado por Guerra e Cunha (1996), De Ploey e Gabriels (1980), Hooke (1980), adaptadas por Fernandes (1990); Rocha e Souza Filho (1996), Antoneli (2004), Thomaz e Antoneli (2008). Essa técnica consiste na instalação de vergalhões de ferro de 4 mm de diâmetro e 40 cm de comprimento nas margens do canal fluvial, dos quais foram deixados 5 cm exposto no início da pesquisa (Figura 2).

Figura 2. Localização dos pontos de coleta dos dados



Fonte: ANDRADE, A. R. 2013.

Foram instaladas duas parcelas de pinos de erosão com 8 pinos cada (16 pinos no total) sendo 8 na margem esquerda e oito na margem direita.

Para calcular a magnitude anual de erosão de margem, utilizou-se a Equação 1.

$$RS(cm) = E_i - E_f \quad \text{Equação 01}$$

Sendo:

RS = Rebaixamento do solo ao longo do monitoramento (mm);

E_i = Exposição inicial (mm);

E_f = exposição final (mm);

Para calcular a taxa de perda de solo, nas parcelas em kg m², foi preciso identificar a densidade aparente do solo, sendo calculada através de coleta de solo com um anel volumétrico (cilindro de metal) de 100 cm³, que foi introduzido no solo para preencher o volume total do anel. Removeu-se o excesso de material (solo) das laterais do anel, para que fosse coletado o volume de solo exato ao volume do anel (THOMAZ, 2008).

Após as análises laboratoriais do solo coletado (pesagem e secagem) foi estimado o volume do material coletado, servindo de base para identificar os totais de solo em g/cm³

Para calcular a densidade aparente do solo, utilizou-se a equação 2.

$$D_s = \frac{M_s}{V} \quad \text{Equação 2}$$

Sendo:

D_s = Densidade do solo (g/cm³)

M_s = Massa seca (g)

V = volume do anel (cm³)

Após a identificação da densidade do solo da área, calculou-se os percentuais de remoção do solo, utilizando-se a equação 3.

$$E = R_s \times D_s \quad \text{Equação 03}$$

Sendo:

E = Erosão ou acúmulo de solo (kg/m²);

R_s = Rebaixamento da superfície (mm)

D_s = Densidade do solo (g/cm^3)

Para estimar a movimentação do leito de rio, foram realizados 2 perfis transversais em pontos pré-estabelecidos. Os perfis transversais consistem na utilização de um fio de *nylon*, devidamente graduado o qual foi amarrado em duas hastes fixas nas margens do barranco (permanecem fixas ao longo de todas as coletas). Com uma trena fez-se a mensuração de 10 em 10 cm entre o fio de *nylon* e a superfície que estava sendo mensurada. Ao término do monitoramento, calculou-se a área, para quantificar a taxa de remoção e/ou acúmulo de solo neste perfil. Ao término do monitoramento, calculou-se a área da seção, a profundidade e a lâmina d água, do rio. De posse destes dados foi confeccionado um perfil para cada monitoramento com auxílio do *software* AutoCAD 2005, no qual se pode avaliar a movimentação do material de fundo.

O último procedimento utilizado foi a correlação estatística da precipitação ocorrida com a remoção das margens (erosão dos solos). Para identificar o nível de influência desse elemento climático, foram utilizados os dados de precipitação mensal e a variabilidade métrica apurada para cada ponto de coleta no respectivo mês. Em seguida, a correlação da precipitação foi efetuada separadamente (para cada ponto) e depois com a somatória do total de todos os pontos com a precipitação do referido mês. O *Software* Bioestat 5.0 foi utilizado para realizar a correlação das matrizes, através da regressão linear simples, obtendo o Coeficiente de Determinação (equação 4) e o Coeficiente de Correlação e suas Significâncias (p) ao nível de 95% de confiança (FERREIRA, 2009), conforme equação 5.

$$R^2 = \frac{\text{Variação explicada de } Y}{\text{Variação total de } Y} \quad \text{Equação 04}$$

$$r = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{(\sum(x_i - \bar{x})^2)(\sum(y_i - \bar{y})^2)}} \quad \text{Equação 05}$$

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A erosão/deposição de sedimentos das margens se portou de maneira distinta. O período da coleta que apresentou maior pluviosidade foi o que apresentou maiores perdas de solo (maior exposição dos pinos), conforme demonstra a Tabela 1. Os pontos P2, P3 e P4 apresentaram maiores taxas de perda de solo em relação aos demais (6,9 cm, 9,2 cm e 8,6 cm respectivamente). Estes pontos apresentaram maior erosão por estarem plotados na parte média da margem. Neste local o fluxo de água acaba se concentrando, promovendo maior remoção. Já os pontos P1, P6 e P8 apresentaram menores perdas de solo (4,3 cm,

4,8 cm e 4,9 cm, respectivamente). Em alguns casos, estes pontos apresentaram assoreamento, por serem plotados na parte inferior da margem (próximo à lâmina d'água). Como os animais promovem uma remobilização do fundo e das partes laterais acaba ocorrendo um acúmulo de sedimentos próximo aos pinos, principalmente quando ocorre precipitação de fraca intensidade. Estas precipitações não promovem alterações significativas na vazão, o que impossibilita a remoção desses materiais.

Quando estimada a erosão média desta parcela, conclui-se que a erosão da margem direita foi de 6,3 cm de exposição. Considerando que a densidade do solo foi de 1,3 g/cm³, teríamos uma erosão média de 8,13 kg/m². Vale ressaltar que as margens monitoradas sofrem influência dos animais que utilizam as margens para adentrarem no próprio rio, implicando em uma desagregação de material devido ao pisoteio.

Tabela 1 - Avaliação da erosão de solos das margens na parcela 1

Datas	P 1 (cm)	P 2 (cm)	P 3 (cm)	P 4 (cm)	P 5 (cm)	P 6 (cm)	P 7 (cm)	P 8 (cm)	Pluviosidade Mm
08/04/09	0	0	0	0	0	0	0	0	-
09/06/09	0,6	2	2,5	1	1,2	0,5	0,1	0	127
10/08/09	0,9	1,7	2,5	1,8	1	1,2	1,8	0,7	302
24/10/09	2,4	1,1	2,4	4	0,9	1,5	2,5	1,7	463
19/12/09	0	1,6	0,1	1,3	0,6	0,8	0,7	1,1	297
13/02/10	0,3	0,3	0	0,4	1,3	0,2	0,7	1,1	261
17/04/10	0	0	1	0	0,5	0,5	0	0	218
15/06/10	0,1	0,2	0,7	0,1	0,4	0,1	0,4	0,3	196
Total cm	4,3	6,9	9,2	8,6	5,9	4,8	6,2	4,9	1864
Desvio P	0,8	0,8	1,1	1,4	0,4	0,5	0,9	0,6	-

*Nota – os valores desta tabela referem-se à diferença entre a mensuração anterior com a mensuração atual.

Fonte: BEDNARZ, J. A. 2012.

Na margem esquerda, a remoção de solo foi maior (Tabela 2). Este fato pode ser explicado pela localização da própria cabeceira de drenagem. Na margem direita, discutida anteriormente, praticamente não há pastagens em sua montante por haver uma cerca que limita o Faxinal das áreas agricultáveis. Neste caso os animais praticamente não utilizam esta margem para adentrarem no rio.

Tabela 2 - Avaliação da erosão de solos das margens na parcela 2

Datas	P 1	P 2	P 3	P 4	P 5	P 6	P 7	P 8	Pluviosidade
	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	mm
08/04/09	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-
09/06/09	0,0	1,5	0,0	0,0	0,8	0,7	0,4	1,0	127
10/08/09	1,1	1,2	0,5	1,5	2,5	2,1	3,1	2,1	302
24/10/09	3,0	7,8	0,5	3,4	2,7	2,1	6,2	4,0	463
19/12/09	0,0	2,2	1,5	3,6	0,0	0,5	3,1	0,0	297
13/02/10	0,5	2,0	0,5	0,5	0,0	0,2	2,4	2,0	261
17/04/10	3,5	0,5	1,5	0,1	2,3	1,8	2,4	1,5	218
15/06/10	0,2	0,6	1,5	0,4	0,5	0,7	1,1	1,0	196
Total	8,3	15,8	6	9,5	8,8	8,1	18,7	11,6	1864
Desvio P	1,4	2,5	0,7	1,5	1,2	0,9	2,0	1,3	-

Fonte: BEDNARZ, J. A. 2012.

Por a parcela 2 apresentar uma altura menor em relação às margens da parcela 1, os índices de erosão foram maiores. Os pinos P2, P7 e P6 apresentaram um rebaixamento total de 15,8cm, 18,7 cm e 11,6cm, respectivamente. Esses pontos foram plotados em um local de concentração de fluxo de água oriunda da vertente quando da ocorrência de precipitação. Após caminhamentos e investigação em campo, percebeu-se que esta margem é mais utilizada para o contato dos animais com o rio, implicando em uma maior disponibilidade de solo para a remoção.

Outra questão que pode ser atrelada ao aumento da erosão dessa margem é a constante movimentação do leito pelos animais, o que contribuiu para o deslocamento do fluxo de água para essa margem. Cita-se como exemplo o pino 7 (P7), plotado no limite da lâmina d' água e em algumas mensurações se encontrava submerso, mesmo sem aumento da vazão. Este fato contribuiu para uma maior remoção de solo ao redor deste pino.

Quando estimada a erosão média desta margem, o valor encontrado foi de 10,8 cm. (32,8% superior à margem direita). Considerando que a densidade do solo foi de 1,3 g/cm³, teríamos uma erosão média de 14,04 kg/m².

Os valores encontrados na área de estudos estão acima daqueles encontrados por Thomaz (2005) - 0,8 cm/ano - e Hill (1976) – 3,0 e 5,4 cm/ano. Vale ressaltar que estes valores não se referem a ambientes onde há um contato direto dos animais com os corpos hídricos.

Sabe-se que a chuva é um dos principais mecanismos de aceleração dos movimentos de margem, com ou sem presença de animais. Neste sentido, a correlação entre a pluviosidade do período de monitoramento com as perdas médias de solos das margens é importante de ser analisada.

Através das informações constantes nas Tabelas 3 e 4, conclui-se que a precipitação influencia sistematicamente os processos erosivos, ou seja, mesmo que a hipótese central da pesquisa seja a ação dos suínos nos processos erosivos (movimentação de margens), isso ocorre de forma associada com a maior ou menor quantidade chuva. Vale ressaltar que não foram mensuradas as intensidades das precipitações e apesar de existir uma alta correlação entre as duas variáveis (precipitação e erosão), fica claro que os animais contribuem para as taxas de erosão de margem, principalmente a parte inferior das margens.

Tabela 3 - Correlação da precipitação com os dados de erosão dos solos da parcela 1

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	TOTAL
Correlação (R)	0.817	-0.032	0.216	0.792	-0.319	0.747	0.856	0.652	0.735
Determinação (R ²)	0.667	0.000	0.046	0.628	0.102	0.559	0.733	0.425	0.540
Significância (p)	0.020	0.900	0.600	0.030	0.500	0.050	0.010	0.110	0.050

Fonte: ANDRADE, A. R. 2013.

Tanto na parcela 1, quanto na parcela 2, o ponto com maior relação estatística (R, R² e p) é o P7, localizado na parte inferior do perfil. Isso significa que o revolvimento causado pelos animais propicia uma concentração do escoamento superficial mais a montante e, portanto, a ação da chuva é mais significativa nessa área.

Em outra análise, a parcela 2 (margem esquerda) apresenta correlações totais significativas. O coeficiente de determinação para esta parcela é de 84%, enquanto que para a parcela 1 é de apenas 54%. Além disso, o grau de confiança para a parcela 2 é

praticamente de 100%, enquanto que para a parcela 1 fica no limite dos 95%, considerado o mínimo ideal. Na análise individual dos pontos, essa tendência não é bem clara, mas no ponto 7 (de maior significância) esse padrão é claramente notado, inclusive a significância encontrada é total (100%).

Tabela 4 - Correlação da precipitação com os dados de erosão dos solos da parcela 2

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	TOTAL
Correlação (R)	0.475	0.844	0.045	0.811	0.474	0.519	0.986	0.712	0.918
Determinação (R ²)	0.225	0.712	0.002	0.657	0.224	0.270	0.972	0.507	0.843
Significância (p)	0.280	0.010	0.910	0.020	0.280	0.230	0.000	0.070	0.004

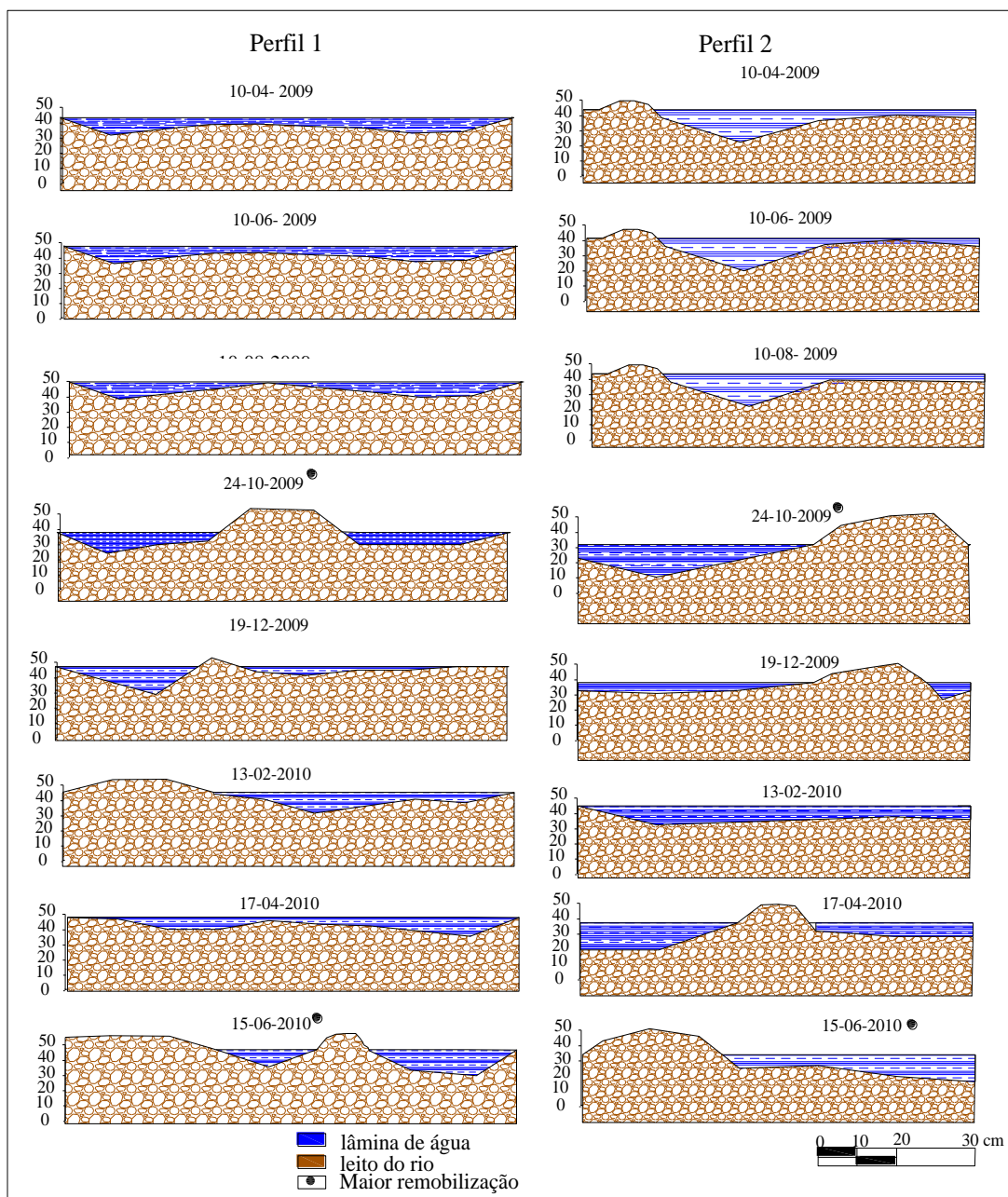
Fonte: ANDRADE, A. R. 2013.

Os resultados estatísticos evidenciam a forte influência da chuva nos processos erosivos, mas a espacialidade dessa influência (local de maior ou menor erosão) é definida pelo revolvimento mecânico dos sedimentos, processo totalmente associado à presença dos suínos.

Grande parte dos animais utiliza o rio apenas como local de sedentação, mas os suínos, além da sedentação, utilizam os corpos hídricos para banharem-se revolvendo o leito do rio para a formação de poças (diques). Essa movimentação implica na alternância do curso de água, promovendo migração das margens.

Para evidenciar a movimentação dos sedimentos de fundo bem como a migração e formação dos bancos de sedimentos foram confeccionadas perfis transversais para cada período monitorado (Figura 3). Nota-se a movimentação do leito do rio, formando bancos de sedimentos em determinados períodos e a remoção destes bancos em outros períodos. A remoção destes bancos pode estar atrelada a dois condicionantes, ao aumento da vazão e a remobilização pelos próprios animais.

Figura 3. Representação da morfologia do leito do rio nos perfis transversais 1 e 2



Fonte: ANTONELI, V. 2012.

Foi constatado em campo que os animais constroem pequenos diques formando poças de água e logo na seqüência remobilizam esses diques, sendo esta uma atividade constante dos suínos principalmente nos períodos mais quentes.

Os suínos revolvem o material de fundo dos rios construindo diques para represamento da água para banharem-se. Estas “microrepresas” quando rompem acabam aumentando a vazão momentânea que implica no aumento do poder de transporte de material e, em alguns casos, esse aumento da vazão remove bancos de sedimentos.

No perfil 1, fica evidente a ação dos animais na formação dos bancos de sedimentos (migração das margens). Nas três primeiras mensurações (mês de abril, junho e agosto) a largura do córrego era de 2,24 metros sem formação de bancos de sedimentos. Essas condições são devidas a diminuição do contato dos animais e principalmente dos suínos com os corpos hídricos, por ser período de outono/inverno. Já na quarta mensuração (24/10/09), verificou-se um banco de sedimentos sob o meio do leito, formando uma pequena ilha, dividindo o fluxo da água, e havendo uma concentração maior do fluxo na margem esquerda.

A precipitação foi mais intensa neste período, mas não houve um aumento na remobilização dos bancos de sedimentos, formando “pequenas ilhas” no leito. Significa, portanto, que a movimentação dos sedimentos de fundo não estão diretamente ligados ao aumento da vazão.

Na mensuração seguinte (13/02/10) a margem esquerda que apresentava a maior profundidade do fluxo da água, passou a apresentar um acúmulo de sedimentos (bancos), deslocando o fluxo para a parte central do leito.

A influência dos animais na movimentação do leito fica clara também no perfil 2 (Figura 3). Quando comparada a mensuração do dia 10/06/09 com o dia 24/10/09, onde o banco de sedimentos no dia 10/06/09 estava sob a margem esquerda com uma concentração do fluxo da água sob o leito médio, e na mensuração seguinte (24/10/09) este banco de sedimentos foi deslocado para a margem direita do rio e o fluxo passou a se concentrar na margem esquerda.

No dia 17/04/10, havia uma concentração maior do fluxo de água na margem esquerda e um banco de sedimentos sob o leito médio do rio. Na mensuração do dia 15/06/10, este fluxo foi deslocado para direita havendo um acúmulo de sedimentos na margem esquerda.

Portanto, fica evidente que os animais exercem influência direta na movimentação do leito e das margens, formando bancos de sedimentos que potencializam o transporte de sedimentos com o aumento da vazão nos eventos (Figura 4).

Figura 4. A) animais (suínos) revolvendo as margens do rio; B) formação de bancos de sedimentos após o contato dos animais com o rio.



Fonte: Fotos de Carvalho (2010).

CONCLUSÃO

Neste trabalho, apesar de não serem levados em consideração alguns fatores importantes na migração das margens e formação de bancos de sedimentos como aumento de vazão, produção de sedimentos das vertentes e principalmente o transporte de sedimentos tanto de fundo quanto suspenso, ficou evidente a influência exercida pelos animais sob os cursos hídricos em áreas de faxinais.

Quanto à erosão das margens foi possível identificar uma remoção média entre todos os pontos (pinos) das duas parcelas em torno de 6,4 cm, com uma exposição máxima de 14,6 cm e mínima de 3,4cm. A influência dos animais na produção de sedimentos em áreas de faxinais é relevante, principalmente com a contaminação dos corpos hídricos, além de outras áreas que envolvem as condições na pressão que os animais exercem nas áreas de sistema de Faxinal.

Para amenizar o impacto dos animais nos corpos hídricos, recomenda-se que sejam isolados os rios no sistema de Faxinal, para que haja uma rebrota da vegetação ciliar, além de reduzir a contaminação dos corpos hídricos pelo contato dos animais. Recomenda-se também, a construção de caixas d'água para a dessedentação dos animais em locais estratégicos (fora da zona ripária). Essas pequenas atitudes implicariam na diminuição dos problemas de contaminação dos recursos hídricos nas áreas de faxinais.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, A.R.; ANTONELI, V. BEDNARZ, J.A. Comparação da dinâmica geomorfoclimática entre áreas florestadas e de pastagens com influência da migração de animais no Faxinal Marmeleiro de Cima - Rebouças-PR. **Caderno Prudentino de Geografia**, n 34, v 1, p 4-23. 2012.
- ANTONELI, V. **Influência do uso do solo na avaliação hidro-sedimentológica da Bacia do Arroio Boa Vista – Guamiranga – PR**. 2004. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual de Maringá. 144 p
- _____. Avaliação de erosão das margens por meio da técnica de pinos de erosão: estudo de caso no arroio Boa Vista em Guamiranga, Paraná. In: VESTENA, L. R.; NOBUKUNI, P.; SILVA, M. da.; THOMAZ, E.L.(org). **Saberes geográficos: teorias e aplicações**. Guarapuava: Unicentro, 2009. 298 p.
- CARVALHO, N. O. **Hidrossedimentologia prática**. Rio de Janeiro: CPRM, 1994.
- CHANG, M. Y. **Sistema Faxinal: uma forma de Organização Camponesa em Desagregação no Centro-Sul do Paraná**. Londrina: IAPAR, 1988. (Boletim Técnico, n. 22).
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blucher, 1974.
- _____. **Geomorfologia fluvial**. São Paulo: Edgard Blucher, 1981. v. 1.
- COIADO, E. M.; PAIVA, J.B.D. e SIMÕES, S.J. **Monitoramento da Erosão e do Transporte de Sedimentos**. In: PAIVA, J.B.D; PAIVA, E. M.C.D. Hidrologia aplicada a gestão de pequenas bacias hidrográficas. 2001.
- CUNHA, L. A. **Desenvolvimento rural e desenvolvimento territorial: o caso do Paraná Tradicional**. Rio de Janeiro, 2003. Tese (Doutorado em Desenvolvimento e Agricultura) – Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- CUNHA, S. B. **Impacto das obras de engenharia sobre o ambiente biofísico da Bacia do Rio São João RJ**. Rio de Janeiro: Instituto de Geociências, UERJ, 1995.
- DE PLOEY, J.; GABRIELS, D. Measuring soil loss and experimental studies. In: KIRKBY, M. J.; MORGAN, R. P. C. (Ed.). **Soil erosion**. 1980. p. 63-108.
- FARIA, A . P. Influência da vegetação nos processos fluviais de bacia de 1ª ordem. **RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Porto Alegre. v 5 n.3 Jul/Set 2000, 59-68
- FARIA, A. P.; MARQUES, J. S. Erosão em canais de primeira ordem. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA APLICADA, 7., 1997, Curitiba. **Anais...** Curitiba: UFPR, 1997. p. 35-45. CD-ROM.
- FERNANDEZ, O. V. Q. **Mudanças no canal fluvial do Rio Paraná e processos de erosão de margens: região de Porto Rico, PR**. 1990. Dissertação (Mestrado em Análise Ambiental) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP, Rio Claro.
- FERREIRA, D. F. **Estatística básica**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2009.
- GREGORY, K. J.; WALLING, D. E. **Drainage basin from and processes: a geomorphological approach**. 5th ed. London: Edward Arnold, 1985.
- GUERRA, A. T. G.; CUNHA, S. B. (Org.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995.
- HILL, A. R. Erosion of river banks composed of glacial till near Belfast, Northern Ireland. **Zeitschrift fur Geomorphologie**, n. 17, p. 428-442, 1976.
- HOOKE, J. M. Magnitude and distribution of rates of river bank erosion. **Earth Surface Processes**, Chichester, v. 5, n. 2, 143-157, abr./jun. 1980.

- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 2000**. Disponível em <http://www.ibge.gov.br>. Acessado em 10 de maio de 2010.
- KOLISKI, C. A. **Monitoramento da perda de solo nos caminhos preferenciais dos animais sob o Faxinal Linha Paraná Anta Gorda – Prudentópolis – Paraná**. 2009. Monografia (Especialização em Geografia) – Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava. 107 p
- LEOPOLD, L. B.; MADDOCK, T. J. The hydraulic geometry of stream channels and some physiographic implications. **U.S. Geological Survey Professional Paper**, 252, p. 1-57, 1953.
- MAACK, R. **Geografia física do Paraná**. Rio de Janeiro: José Olympio, 1968.
- MARQUES, C. L. G. **Levantamento preliminar sobre o sistema de Faxinal no estado do Paraná**: Relatório de consultoria técnica - IAP. Guarapuava, 2004, 192 p.
- MINEROPAR **Atlas Geológico do Paraná**. (CD-ROOM). Secretaria da Indústria do Comércio e do Turismo. Governo do Estado do Paraná. Curitiba/PR. 2006.
- MOLLER, J. K. **Bedform migration and related sediment transport in a meander bend**. Spec. Publs Int. Ass. Sediments. Institute of Geography, University Copenhagen, 1993.
- NORDIA, C. F.; CRANSTON, C. C.; MEJLA, B. New technology for measuring water and suspended- sediment discharge of large rivers. In: **The Second Internatinal Symposium on River Sedimentation**, 2., Nanjing China. 1983, p 1145-1157
- SIMON, A. Sediment discharge from a montane basin Puerto Rico: implications of erosion processes and rates in the humid tropics. **IAHS, public**, n. 192, p. 35-46, 1990.
- ROCHA, P. C.; SOUZA FILHO, E. E. Erosão marginal em canais associados ao Rio Paraná na região de Porto Rico-PR. **Boletim Paranaense de Geociências**, Curitiba, v. 44, 1996.
- SUDERHSA - Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. **Atlas de recursos hídricos do Estado do Paraná**. Curitiba: SUDERHSA, 1998, p. 7-11.
- TEIXEIRA, E. C. Início de movimento e projeto de seções estáveis. In: PAIVA, J. B. D; PAIVA, E. M. C. D. **Hidrologia aplicada a gestão de pequenas bacias hidrográficas**. 2001. p 97-114.
- THOMAZ, E. L. **Processos hidrogeomorfológicos e o uso da terra em ambiente subtropical**. Guarapuava-PR. 2005. Tese. (Doutorado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.
- THOMAZ, E. L. Geomorfologia e agrossistemas: indicadores de degradação do solo. In: RODRIGUES NUNES, J. O; ROCHA, P. C. (Org.). **Geomorfologia aplicações e metodologias**. São Paulo: Expressão Popular, 2008. p.192
- THOMAZ, E. L; ANTONELI, V. Erosão e degradação do solo em área cultivada com erva-mate (*Illexparaguariensis*) - Guarapuava- PR. **Geociências**, Unesp, São Paulo, v. 27, n. 1. p. 21-31, 2008.
- WILSON JUNIOR, G.; PAIVA, L. E. D. Estimativa da descarga sólida por arraste a partir do registro das configurações de fundo: aplicação ao córrego Horácio, Noroeste do Estado do Paraná. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 15, 2003, Curitiba. **Anais**. Curitiba, 2003. p 4-15.

Recebido em 04/03/2013

Avaliado em 18/11/2013