

**Mudanças nas características físicas do topo do solo
causadas por erosão laminar, em agricultura de
subsistência no sistema de rodízio de terras –
Guarapuava-PR***

Edivaldo Lopes Thomaz**

Resumo

O objetivo do presente estudo foi monitorar um ciclo de rodízio de terra em agricultura de subsistência, para verificar a mudança física no topo do solo causada pelo uso da terra e por erosão laminar. Foram monitoradas três áreas com diferentes estágios de regeneração. Os principais indicadores avaliados no topo do solo foram a resistência à compressão, densidade aparente e porosidade total. A resistência foi medida com penetrômetro de bolso, e a densidade aparente e porosidade foram avaliadas através de anel volumétrico com 95,5 cm³. A área 1 que permaneceu com capoeira em regeneração manteve as condições físicas do topo do solo. Após a queimada, a área 2 teve alguns locais com nítida mudança no topo do solo. Verificou-se que o topo do solo da área 3 estava com uma condição física superficial diferente das duas áreas anteriores. As mudanças físicas observadas no topo do solo se deveram ao manejo da terra e ao surgimento de cicatrizes causadas

* Este trabalho é parte da tese de doutoramento “Processos hidrogeomorfológicos e o uso da terra em ambiente subtropical – Guarapuava – PR, defendida junto ao programa de Pós-Graduação em Geografia Física da Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, no ano de 2005. Durante a pesquisa o autor foi bolsista do CNPq.

** Professor do Departamento de Geografia – Laboratório de Geografia Física da Universidade Estadual do Centro-Oeste – UNICENTRO (ethomaz@brturbo.com.br).

pelo fluxo difuso laminar (mancha irregular). Este processo intermitente de transporte de sedimento em vertente foi determinante para as mudanças físicas do topo do solo.

Palavras-chave: Mudanças físicas, topo do solo, rodízio de terras, erosão laminar.

Physical characteristics changes on the topsoil caused by sheet flow in the subsistence agriculture with land rotation system – Guarapuava, PR

Abstract

This study has as its aim to monitoring a land use in the subsistence agriculture, in order to verify the physical change on the topsoil caused by tillage and sheet flow. Three areas with different regeneration phase were monitored. The main elements evaluated on the topsoil were resistance, bulk density and total soil porosity. Resistance was measured with soil pocket penetrometer and bulk density and porosity were evaluated through volumetric ring with 95,5 cm³. The results suggest that area 1, which remained with shrubs regeneration, kept the topsoil physical conditions. After the shrubs were burned (area 2), some sites showed clear change on the topsoil physical conditions. It was verified that the topsoil of abandoned area (area 3) had a different superficial physical condition as compared with the two previous areas. The physical changes that were observed in the topsoil were caused by sheet wash scars, due to diffuse flow (irregular patchy). This intermittent sediment transport process was a determinant cause for the topsoil physical changes.

Key words: Physical changes, topsoil, land rotation, sheet flow.

Introdução

A ocupação humana, por meio da retirada da cobertura vegetal para uso agropecuário afeta diretamente as características físicas do topo do solo e, por conseguinte, altera a resposta hidrogeomorfológica das vertentes. A partir disso, ocorrem

diversos processos como compactação do solo, redução da infiltração, erosão laminar, ravinamentos, secas edáficas etc.

O uso da terra reflete as atividades humanas, sendo estas atividades elementos importantes no sistema geomorfológico, já que diferenciam e aprofundam a dinâmica de cada unidade de terra devido ao manejo e à cobertura do solo.

O uso do solo para fim agropecuário, juntamente com a erosão, muda as propriedades físicas e químicas do solo. Klimowicz e Uziak (2001) verificaram mudança físico-química em solos com mais de 100 anos de cultivo comparado a solos com floresta. Houve mudanças morfológicas no perfil dos solos agrícolas (heterogeneidade dos horizontes e distribuição granulométrica), sendo que a matéria orgânica caiu para 1%, enquanto que na floresta o valor foi de 2,3%.

Mudança física no solo, em pouco tempo também pode ocorrer. Epstein e Grant (1967) citado por Guerra (1995) verificaram a formação de crosta e aumento da densidade superficial em um solo franco-siltoso que, após 6 minutos de chuva simulada, teve a densidade aumentada de 1,10 g/cm³ para 1,53 g/cm³. Houve um aumento de 39% na densidade aparente do solo. Constatou-se a variabilidade temporal dos processos de mudanças físico-químicas nas propriedades dos solos.

Os processos erosivos superficiais são um dos responsáveis por tais mudanças. A erosão em uma vertente ocorre em função da ação conjunta de ambos os processos, salpico e escoamento superficial (BATTANY e GRISMER, 2000). Statham (1977) considera importante o processo intermitente de transporte de material em meio fluído. Para ele, a vertente possui um sistema de transporte em que não há fluxo concentrado em sulcos ou canais principais, mas existe transporte através de fluxo intermitente. O fluxo difuso acaba muitas vezes por coalescer nas depressões da superfície formando poças que, ao se romperem, geram fluxo concentrado (efêmero) que dá continuidade ao transporte intermitente de materiais na vertente.

Em solo com pouca proteção o impacto da gota afeta o topo do solo, por meio de uma combinação de processos que levam a remoção de partículas tais como: efeito de ricochete, empurrão e solapamento (STATHAM, 1977). Isso causa mudança das propriedades dos materiais superficiais, bem como altera a hidrologia do topo do solo.

Braudy (1989) destaca que a agricultura é uma importante fonte de controle na dinâmica da paisagem, especialmente na erosão do solo. Os impactos humanos na paisagem materializados no uso da terra são elementos fundamentais nos processos geomorfológicos e, por extensão, na degradação das terras (BRIERLEY e STANKOVIANSKY, 2002).

Thomaz (2005a)¹ verificou por meio de parcelas de erosão (3 parcelas em cada área) que o escoamento registrado em área queimada (área 2) foi de 2,3% em relação a uma precipitação de 1538,9 mm. Em área com capoeira (área 1) o escoamento foi de 1,4%, enquanto que a área abandonada registrou escoamento de 1,0%. O autor verificou que, após a queimada (área 2), o coeficiente de escoamento superficial chegou a 21,8% em alguns eventos pluviométricos.

Em relação à produção de sedimento a área queimada (área 2) apresentou remoção média 611,67 kg/m²/ano. A área abandonada (área 3) registrou remoção média de 510,48 kg/m²/ano, e em contrapartida, a área que permaneceu com capoeira (área 1) teve remoção média de solo de apenas 118,10 kg/m²/ano. A produção de sedimento na área queimada foi em média 5 vezes maior que o registrado na área com capoeira. Essa quantidade transformada em taxa de rebaixamento (mm) resultou em rebaixamento em torno de 0,14 mm na área com capoeira (área 1); rebaixamento de 0,67 mm na área queimada (área 2) e rebaixamento de 0,50 mm na área abandonada (área 3). Em alguns locais da área queimada houve rebaixamento de até 1,1 mm. A

¹ O referido estudo foi realizado no mesmo local da presente pesquisa e teve por objetivo avaliar escoamento e erosão do solo em área em regeneração, queimada e abandonada.

estimativa de rebaixamento registrada na área queimada, em um ano, significou quase cinco anos de rebaixamento mensurado na área com capoeira.

Esta pesquisa demonstrou a ocorrência de escoamento superficial e erosão laminar na área de estudo. Portanto, o objetivo do presente trabalho foi monitorar um sistema de rodízio de terra em agricultura de subsistência, paralelamente ao monitoramento de escoamento superficial e produção de sedimento, no sentido de verificar a mudança física no topo do solo causada pelo manejo da terra e erosão laminar. Os principais indicadores avaliados no topo do solo foram a resistência à compressão, densidade aparente e porosidade total.

Características da área de estudo

O clima de Guarapuava possui característica subtropical úmido sem estação seca (Cfb) (MONTEIRO, 1963 apud THOMAZ e VESTENA, 2003). A temperatura média anual é $17,1 \pm 0,47^\circ\text{C}$, a evaporação média anual é de $835,1 \pm 123,9$ mm. As chuvas são bem distribuídas ao longo do ano com média anual de $1953,8 \pm 389,7$ mm (1976-2002) (THOMAZ e VESTENA, 2003).

De acordo com Thomaz (2005a) o uso da terra na bacia do Guabiroba (Figura 1) é extremamente dinâmico, uma vez que, é comum encontrar capoeira em diversos estágios de regeneração, áreas mecanizadas em pousio e rotação de terra praticada por agricultores de subsistência. Portanto, o uso da terra muda de um ano para outro e mesmo de uma estação para outra. Essa variabilidade têmporo-espacial no uso da terra resulta em um padrão em mosaico (ex. manchas, corredores e faixas).

As vertentes possuem forte escalonamento devido aos estratos de basalto (degraus). Elas são dissecadas por uma rica rede de drenagem formada por rios perenes, intermitentes e efêmeros. Os solos que recobrem as vertentes são em sua maioria rasos e pedregosos (Cambissolo e Neossolo Litólico), e não apresentam aptidão agrícola. Apesar disto, as terras são usadas para práticas

agropecuárias, influenciando na dinâmica do meio físico (THOMAZ, 2005a).

Figura 1: Localização da área de estudo



Em suma, a bacia do Rio Guabirola está inserida numa grande unidade onde predomina a associação de solos Litólicos Álicos (Neossolos Litólicos) e Cambissolos Álicos, ambos com horizonte A proeminente, textura argilosa fase pedregosa, sob domínio da floresta subtropical subperenifólia. O relevo desta unidade é predominantemente forte ondulado a montanhoso com declividade superior a 40%. Devido às características descritas essa unidade apresenta suscetibilidade muito forte à erosão (MENDES e CASTRO, 1984). É nessa unidade que se realizou o monitoramento. Os materiais superficiais são poucos espessos < 0,50 m e as declividades do sítio amostral são em torno de 60%.

Material e método

Delineamento do monitoramento

Camargo e Alleoni (1997) destacam que a densidade, a porosidade, a infiltração de água no solo e a resistência à penetração, são os principais elementos de reconhecimento e medida da compactação do solo. Foram utilizados esses atributos, exceto a infiltração, para verificar o efeito do uso da terra e da erosão laminar nas mudanças físicas do topo do solo.

As mensurações ocorreram em área de agricultura de subsistência que pratica o sistema de rodízio de terras. Nesse sistema é empregado o fogo para a limpeza das glebas após a derrubada da capoeira. Posteriormente, o manejo da lavoura é manual (limpeza, plantio, cultivo e colheita). As áreas monitoradas possuem as seguintes características (Figura 2):

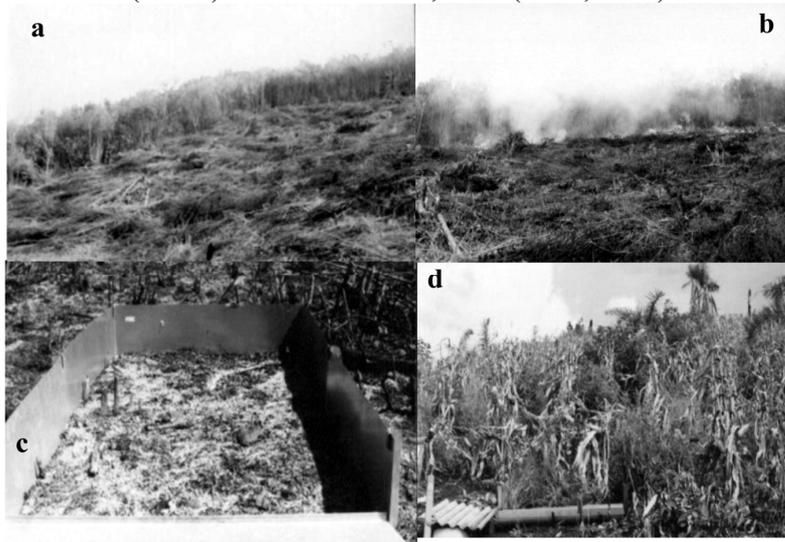
- 1 - Área com capoeira em regeneração (Área 1):** essa área foi roçada, queimada, cultivada com milho e abandonada para regeneração em 2001, ou seja, essa área se encontrava no terceiro ano de regeneração após ter sido queimada. A cobertura vegetal na área é composta principalmente por vassourinha (*Bacharis sp.*) formando um dossel homogêneo de aproximadamente 3 metros de altura. No interior da capoeira o topo do solo é recoberto com $0,78 \pm 0,18 \text{ kg/m}^2$ ($n=15$) de serrapilheira (THOMAZ, 2005b). Essa área foi utilizada como controle, isto é, as médias dos parâmetros físicos do solo obtidas nesta área foram comparadas com as médias registradas nas áreas: queimada (área 2) e abandonada (área 3).
- 2 - Área queimada (Área 2):** essa área estava no mesmo estágio de regeneração em que se encontrava a área 1 (contígua a área 1). Posteriormente, foi feita a prática de roça de toco, sendo que os agricultores foram orientados para realizar os procedimentos tradicionais no preparo da terra com roçada e queimada, no entanto, nesse caso não houve plantio de cultura apenas o solo ficou exposto, de modo que o processo de

regeneração natural fosse gradativamente ocorrendo, e por extensão, ocorresse a proteção ao solo.

- 3 - Área abandonada (Área 3):** a área estava em pousio com capoeira (6 a 8 anos), em seguida foi queimada em 2002 e cultivada com milho. Assim, o monitoramento começou aproximadamente 8 meses após a área ter sido queimada. A instalação dos experimentos ocorreu após colheita de milho, época em que o resto cultural fica sobre o solo. Depois, a área abandonada vai se regenerando até atingir o estágio de capoeira com 3 a 5 anos. Dessa forma, a área é novamente roçada, queimada, cultivada e deixada em pousio, dando início a um novo ciclo de regeneração. Ressalta-se que essa área localiza-se na mesma unidade geomorfológica e pedológica que as demais áreas, contudo, fica distante em torno 200 m das áreas abandonada e queimada.

Dentro do sistema de rodízio de terras, a capoeira, com três anos em regeneração (área 1), representa o terceiro ano de uma área após ter sido roçada-queimada-cultivada-abandonada-regenerada após cultivo de milho. A área queimada (área 2) representa o primeiro ano após o manejo com fogo; roçada-queimada (cultivo). A área abandonada, após a colheita de milho (área 3), representa a fase em que a área começa a se regenerar, após ter sido roçada-queimada-cultivada-abandonada após cultivo de milho. Portanto, monitorou-se um ciclo de rodízio de terras para verificar as mudanças físicas no topo do solo causadas pelo uso da terra (manejo) e pela erosão laminar. Destaca-se que os registros (evidências) de escoamento superficial e erosão laminar foram realizados concomitantemente com as avaliações de mudanças físicas no topo do solo (resistência à compressão, densidade aparente e porosidade total) (THOMAZ, 2005b).

Figura 2: Delineamento do monitoramento e características dos locais monitorados em setor de vertente retilínea: a) primeiro plano capoeira roçada (área 2), e ao fundo capoeira com 3 anos (área 1); b) capoeira sendo queimada (área 2); c) Topo do solo recoberto por cinzas após queimada, visão interna de uma parcela de erosão (área 2); d) área abandonada após colheita de milho (área 3). Foto. THOMAZ, E. L. (Abril, 2003).



Avaliação de resistência à compressão

Foi utilizado penetrômetro de bolso, para verificação da resistência do solo. Esse instrumento determina a resistência de compressão por meio da penetração de uma haste no material avaliado (CARSON & KIRKBY, 1972, SELBY, 1993). A ponta da haste possui uma área de $0,32 \text{ cm}^2$ e registra resistência de até $4,5 \text{ kgf/cm}^2$. Os ensaios com esse instrumento foram realizados após período de chuva suficiente para molhar profundamente os horizontes do solo. Todavia, esperou-se em torno 1 a 3 dias para

que o topo do solo atingisse a capacidade de campo (REICHARDT, 1990).

Nesse delineamento, a avaliação da resistência à compressão do solo (topo do solo) das áreas com capoeira, queimada e abandonada (áreas 1, 2 e 3), ocorreu em 6 diferentes datas, antes e após a instalação do experimento. A primeira medida antes da instalação do experimento foi em 21/04/2003; a segunda em 11/06/2003 (42 dias após); a terceira em 09/08/2003 (70 dias após); a quarta em 13/10/03 (135 dias após); a quinta em 19/12/2003 (202 dias após) e a sexta em 16/03/2004 (290 dias após).

Foram coletadas 31 amostras em cada área nas diferentes datas. As amostras coletadas com penetrômetro de bolso apresentam alta variação, particularmente, quando são coletadas no topo do solo em superfície anisotrópica (THOMAZ e ROSS, 2003). Dessa forma, coletaram-se 31 amostras para garantir que a amostragem fosse suficientemente grande (VIERA, 1999).

Na capoeira (área 1), as amostras foram coletadas ao acaso, sendo que após a 4ª avaliação (124 amostras), foi estabelecida uma média geral (controle), devido à baixa variabilidade da resistência de uma avaliação para outra. Além disso, não se observaram cicatrizes de escoamento difuso no interior da capoeira. Logo, o comportamento esperado nesse uso é a tendência de diminuição da resistência do topo do solo, diante do aumento do adicionamento de serrapilheira e do espessamento do horizonte orgânico menos resistente do que o solo sem cobertura. Em contrapartida, nas áreas queimada e abandonada (áreas 2 e 3) as amostras foram coletadas nas seis datas.

As amostragens nessas áreas foram feitas em locais onde apareciam cicatrizes (Figura 3), causadas pelo escoamento superficial difuso (estratificação de amostra). A estratificação de amostras consistiu em dois critérios, presença e ausência de cicatriz de escoamento difuso. Como o interesse era verificar o efeito do uso da terra e da erosão laminar nas mudanças físicas do topo do solo, as amostras foram coletadas ao acaso dentro das referidas cicatrizes (áreas 2 e 3). Haja vista que as condições da área com capoeira (área 1) foram assumidas como área controle, ou seja,

com ausência de cicatrizes de erosão devido ao tempo de regeneração em que se encontrava.

As cicatrizes ou manchas irregulares puderam ser observadas com facilidade na área queimada, uma vez que, após o fogo, a superfície do solo fica recoberta com cinza e o material orgânico escurecido. Em seguida, com a chuva, essa cobertura superficial vai sendo retirada e expõe o horizonte mineral do solo, mais avermelhado. Na área abandonada os restos da queimada já havia praticamente desaparecido, contudo, puderam se observar locais com exposição de raízes, solo exposto (mancha avermelhada), além de pequenos cones de deposição de material orgânico e sedimento, formados devido ao escoamento difuso. Nesses locais denominados de cicatrizes é que foram retiradas as amostras (Figura 3).

Figura 3: Superfície exposta indicando cicatriz de escoamento superficial ocorrida após a queimada da capoeira. Notam-se raízes, folhas e pequenos caules alinhados no sentido do fluxo; na parte inferior direita da figura formou-se depósito de material orgânico e sedimento.



Avaliação da densidade aparente e porosidade total

A densidade aparente e porosidade total foram estimadas através de anéis volumétricos com 95,5 cm³. Foram coletadas 7 amostras no topo do solo (0-5 cm) em cada área, nas diferentes datas. Na área 1, as amostras foram coletadas ao acaso, entretanto, após a 4ª avaliação (28 amostras) foi estabelecida uma média geral (controle) devido a baixa variabilidade dos parâmetros físicos medidos nessa área. Em compensação, nas áreas 2 e 3 as amostras foram coletadas nas seis datas. As amostragens foram feitas em locais em que apareciam cicatrizes causadas pelo escoamento superficial difuso/concentrado (amostra estratificada).

Em laboratório as amostras vindas do campo foram preparadas e levadas para secar em estufa a 105°C por 24 horas (EMBRAPA, 1997). Os parâmetros físicos, densidade aparente e porosidade total, foram determinados de acordo (REICHARDT, 1990) (Equações 1a e 1b).

Equação 1: Avaliações de parâmetros físicos do solo: a) densidade aparente; b) porosidade total.

(a)

$$d_a = \frac{m_s}{V}$$

Sendo:

d_a = densidade aparente

m_s = massa seca

V = volume do anel

(b)

$$\alpha = \left(1 - \frac{d_a}{2,65} \right) \times 100$$

Sendo:

α = porosidade total

d_a = densidade aparente

2,65 = densidade das partículas

De acordo com a Embrapa (1979) a densidade de partículas em Cambissolos no horizonte A é de 2,38 g/cm³ e no horizonte B a média é em torno de 2,625 g/cm³ (região de Guarapuava). Nos Latossolos, o horizonte A tem densidade média de 2,66 g/cm³ e

nos horizontes mais profundos (B) varia entre 2,77 a 2,94 g/cm³. Dessa forma, utilizou-se a densidade de 2,65 g/cm³ como um parâmetro de estimativa dos materiais superficiais avaliados (KIEHL, 1979, REICHARDT, 1990).

Análise de dados

Os dados foram tabulados e tratados por meio do software BioEstat 2.0. A análise dos dados foi realizada da seguinte forma: 1) estatística descritiva (média, desvio padrão, coeficiente de variação etc.); 2) análise de variância univariada (ANOVA); 3) comparação de médias e estabelecimento de diferença mínima significativa. A aplicação das técnicas e análises estatísticas seguiu as recomendações e procedimentos contidos em (VIEIRA, 1980 e 1999).

De acordo com Vieira (1980), a análise de variância aplicada a experimento/mensuração ao acaso apresenta as seguintes características:

- a) O objetivo da análise variância é verificar se as amostras foram retiradas de populações com o mesmo valor de média.
- b) É utilizada para comparar média de mais de duas populações (aplicando o teste F).
- c) A variável deve apresentar distribuição normal ou aproximadamente normal.
- d) A análise variância busca explicar as causas da variação das médias que podem ser de dois tipos: 1) uma explicação é o fato das amostras provirem de populações diferentes (variabilidade entre); 2) outra explicação é o acaso, porque mesmo dados provenientes da mesma população variam (variabilidade dentro) (VIEIRA, 1980, p. 137-38).

Em resumo, a lógica da análise de variância é que quanto maior a variabilidade entre as amostras, maior a evidência (probabilidade) de que as amostras são provenientes de populações com médias diferentes. Ao contrário, se a variabilidade dentro das próprias amostras for alta, menor a probabilidade ou dificuldade em se afirmar que elas vieram de populações diferentes. Assim sendo, o teste F (análise de variância) avalia a razão da variabilidade, entre tratamento (entre as áreas) e a variabilidade dentro do tratamento (dentro da área).

A aplicação da análise de variância univariada (ANOVA), isto é, apenas um fator como elemento de influência teve por objetivo comparar os parâmetros obtidos nas três áreas. Essas comparações foram feitas entre as áreas nas diferentes datas de coletas (“comparação horizontal) e dentro das áreas comparando-se a variação dos parâmetros de uma data para outra (“comparação vertical”). O nível de significância adotado para todas as análises foi 5% ($\alpha, 0,05\%$), isto é, o grau de significância do teste indica que há 5% de probabilidade de se rejeitar uma hipótese (H_0 ou H_1) quando ela é de fato verdadeira.

Pela análise de variância é possível constatar se existe diferença entre as médias dos parâmetros avaliados, confrontando-se o F observado na análise em relação ao F crítico. Porém, a análise não indica qual média é diferente e nem o limite de uma e de outra, ou seja, a diferença mínima significativa entre elas. Desse modo, após a realização da análise de variância, comparam-se as médias para se estabelecer quais delas são diferentes e qual o limite de uma para outra. Esse processo levou ao estabelecimento da *diferença mínima significativa (d.m.s)* dentro do grupo. Assim, utilizou-se o *Teste de Tukey* (Equação 2) para estabelecer esse limite. De acordo com VIERA (1999), toda vez que o valor absoluto da diferença entre duas médias for igual ou maior do que a diferença mínima significante, as médias serão consideradas estatisticamente diferentes, ao nível de significância estabelecido.

Equação 2: Teste de Tukey:

$$d.m.s = q \sqrt{\frac{QMR}{r}}$$

Em que:

d.m.s= diferença mínima significativa.

q=valor dado na tabela ao nível de significância estabelecido.

QMR (MQ)= quadrado médio do resíduo dentro do grupo de acordo com análise de variância.

r=número de repetições de cada tratamento.

Resultados

Resistência à compressão

A média geral da área com capoeira (área 1 controle) foi obtida nas 4 primeiras avaliações, a partir de 124 amostras. A média geral registrada foi de $0,48 \pm 0,23$ kgf/cm² e o Intervalo de Confiança para a média (IC $\alpha 95\%$) foi de $\pm 0,04$. A variação da média ficou entre 0,44 a 0,52 kgf/cm², entretanto, estimou-se, após a exclusão de dados extremos (dispersão), um valor médio de 0,45 kgf/cm². Dessa forma, esse valor foi assumido e empregado como média geral de controle para se comparar a variabilidade da resistência no topo do solo entre as áreas.

O comportamento da resistência do material superficial (topo do solo), ao longo de 6 avaliações, mostrou variação significativa, sobretudo, na área que foi queimada (Tabela 1). Essa área partiu de uma condição semelhante à área com capoeira (área 1), visto que ambas eram contíguas. Porém, a área queimada (área 2) foi gradativamente se diferenciando da média controle registrada na primeira avaliação.

A resistência máxima alcançada pela área 2 foi 0,92 kgf/cm² ou 104,4% superior a média geral (0,45 kgf/cm²). Nessa avaliação o C.V (Coeficiente de Variação) foi muito alto (68,5%) o maior de todos os grupos de amostras. Essa variação se deveu ao surgimento de cicatrizes de fluxo, difuso de forma irregular (erosão laminar-manchas), que aumentou a variabilidade das amostras. Apesar disso, ocorreu significativo aumento da resistência. A partir da 3^a avaliação (≈ 4 meses), a área queimada nitidamente tendeu a ter resistência semelhante à área abandonada. Apesar da diminuição da resistência, a 6^a avaliação foi 51,1% superior ao valor inicial. Portanto, após a queimada, alguns locais apresentaram nítido aumento da resistência do topo do solo a partir do terceiro mês.

Tabela 1: Avaliação da resistência no topo do solo em diferentes usos da terra, capoeira em regeneração, área queimada em regeneração e pousio após cultivo de milho (regeneração).

Avaliação	Área 1 (Capoeira)	Área 2 (Queimada)	Área 3 (Abandonada)
Resistência em kgf/cm²			
21/04/03 (1 ^o)	0,45±0,07A	¹ 0,45±0,07 ² aA ³	0,50±0,34aA
11/06/03 (2 ^o)	0,45±0,07A	0,52±0,24acA	0,77±0,35bB
09/08/03 (3 ^o)	0,45±0,07A	0,92±0,63bB	0,93±0,36bB
13/10/03 (4 ^o)	0,45±0,07A	0,73±0,30cbB	0,98±0,39bC
19/12/03 (5 ^o)	0,45±0,07A	0,75±0,30cbB	0,86±0,34bB
16/03/04 (6 ^o)	0,45±0,07A	0,68±0,28cbB	1,01±0,40bC
Média geral	-	0,74±0,31	0,94±0,37

¹Média referente a 31 amostras; ²Desvio padrão; ³Coluna seguida de mesma letra minúscula e linha seguida de mesma letra maiúscula não diferem ao nível de 5% estabelecido pelo *Teste de Tukey*.

Nota: A linha compara os tratamentos (áreas: capoeira, queimada e abandonada) em cada data; a coluna compara a variação da resistência dentro de cada área de acordo com a data.

A área abandonada teve só a 1^a avaliação com média diferente das demais, contudo, de maneira geral, não houve mudança significativa na resistência do solo de acordo com as datas avaliadas. Constatou-se que a área 3 partiu com uma condição de resistência superficial diferente das duas áreas anteriores. Em outras palavras, o processo erosivo estava mais avançado do que nas outras áreas (capoeira e queimada), porque a área já havia sido queimada e cultivada previamente, o que resultou tal comportamento em relação à resistência, assim como, na densidade aparente e porosidade. Na média, a resistência da área abandonada foi 108,9% superior a média geral (área 1) e 27,0% e superior a média geral da área 2.

Densidade aparente

A média de controle da densidade aparente assumida para a área com capoeira foi de $0,84 \pm 0,03 \text{ g/cm}^3$. Esse valor foi obtido a partir de 28 amostras sendo que o IC ($\alpha 95\%$) foi $\pm 0,01$ (Tabela 2). Até a 3ª avaliação não ocorreu diferença entre as médias da área queimada, ou seja, as médias foram semelhantes à área com capoeira. Não houve diferença estatística significativa. No entanto, da 3ª avaliação (≈ 4 meses) em diante começou a acentuar a tendência de diferença entre as médias da área que havia sido queimada. Esse comportamento se consolidou da 4ª a 6ª avaliação em que essa área se diferenciou da área em regeneração (área 1), em contrapartida, nesse período a área queimada passou a apresentar densidade semelhante a área abandonada (Tabela 2).

Tabela 2: Avaliação da densidade aparente do topo do solo (g/cm^3) em diferentes usos da terra, capoeira em regeneração, área queimada em regeneração e pousio (regeneração) após cultivo de milho.

Avaliação	Área 1 (Capoeira)	Área 2 (Queimada)	Área 3 (Abandonada)
Densidade g/cm^3			
21/04/03 (1 ^o)	0,84 \pm 0,03A	¹ 0,77 \pm 0,10 ² aA ³	1,03 \pm 0,12*B
11/06/03 (2 ^o)	0,84 \pm 0,03AB	0,78 \pm 0,12aA	0,94 \pm 0,11B
09/08/03 (3 ^o)	0,84 \pm 0,03A	0,87 \pm 0,08abA	1,03 \pm 0,12B
13/10/03 (4 ^o)	0,84 \pm 0,03A	1,05 \pm 0,11bB	1,08 \pm 0,08B
19/12/03 (5 ^o)	0,84 \pm 0,03A	0,98 \pm 0,10bB	1,10 \pm 0,09C
16/03/04 (6 ^o)	0,84 \pm 0,03A	1,00 \pm 0,13bB	1,03 \pm 0,09B
Média geral	-	0,91\pm0,15	1,03\pm0,11

¹Média referente a 9 amostras; ²Desvio padrão; ³Coluna seguida de mesma letra minúscula e linha seguida de mesma letra maiúscula não difere ao nível de 5% estabelecido pelo *Teste de Tukey*. *não houve diferença significativa entre as avaliações.

Nota: A linha compara os tratamentos (áreas: capoeira, queimada e abandonada) em cada data; a coluna compara a variação da resistência dentro de cada área de acordo com a data.

A densidade máxima atingida pela área queimada ($1,05 \text{ g/cm}^3$) foi 25,0% superior à densidade registrada na área com capoeira ($0,84 \text{ g/cm}^3$). Todavia, ao se comparar apenas a média entre a 3ª e a 6ª avaliação ($0,975 \text{ g/cm}^3$), momento em que ocorreu diferença significativa, o valor fica em 16,1% superior à média da área com capoeira. De qualquer forma, pôde-se verificar que após a queimada (≈ 4 meses), houve em alguns locais aumentos significativos da densidade aparente na parte superficial do solo devido ao escoamento superficial difuso (Figura 3).

A área abandonada não teve nenhuma média diferente nas 6 avaliações, isto é, não houve mudança significativa na densidade aparente do solo de acordo com as datas avaliadas. Constatou-se que essa área partiu com condição de densidade superficial diferente das duas áreas anteriores, como destacado anteriormente. A densidade média geral da área abandonada foi 22,6% superior à média controle (capoeira), e 13,2% superior a média geral da área queimada.

Porosidade total

A média da área com capoeira (área controle), em relação à porosidade total, foi de $68,5 \pm 1,1\%$. Esse valor foi obtido a partir de 28 amostras, sendo que o IC ($\alpha 95\%$) foi $\pm 0,4\%$ (Tabela 3).

A menor porosidade, alcançada pela área queimada, foi 60,3% (4ª avaliação), o que resultou em um valor 13,6% inferior a média da área com capoeira (68,5%). Entretanto, da mesma maneira anterior, ao se comparar a média controle com a média registrada entre a 3ª e a 6ª avaliação (63,25%), a porosidade total da área queimada foi 8,3% inferior a média controle. Portanto, após o manejo com fogo realizado na área 2 ocorreu o surgimento de locais com porosidade total inferior ao registrado na área com capoeira aproximadamente 4 a 5 meses depois da área ter sido queimada. A área abandonada não registrou diferença significativa nas 6 avaliações, devido aos motivos já comentados. Em média, a porosidade total foi de 61,0%, sendo 12,3% inferior à média da área com capoeira e 7,7% superior à média geral da área queimada (Tabela 3).

Tabela 3: Avaliação da porosidade total do topo do solo em diferentes usos da terra, capoeira em regeneração, área queimada em regeneração e pousio (regeneração) após cultivo de milho.

Avaliação	Área 1 (Capoeira)	Área 2 (Queimada)	Área 3 (Abandonada)
Porosidade total (%)			
21/04/03 (1 ^o)	68,5±1,1A	¹ 71,1±3,8 ² aA ³	61,0±4,7*B
11/06/03 (2 ^o)	68,5±1,1A	70,4±4,4aB	64,6±4,0A
09/08/03 (3 ^o)	68,5±1,1A	67,3±2,9abA	61,3±4,4B
13/10/03 (4 ^o)	68,5±1,1A	60,3±4,1bB	59,3±3,1B
19/12/03 (5 ^o)	68,5±1,1A	63,0±3,8bB	58,3±3,3C
16/03/04 (6 ^o)	68,5±1,1A	62,4±4,8bB	61,3±3,5B
Média geral	-	65,7±5,6	61,0±4,1

¹Média referente a 31 amostras; ²Desvio padrão; ³Coluna seguida de mesma letra minúscula e linha seguida de mesma letra maiúscula não diferem ao nível de 5% estabelecido pelo *Teste de Tukey*; *não houve diferença significativa entre as avaliações.

Nota: A linha compara os tratamentos (áreas: capoeira, queimada e abandonada) em cada data; a coluna compara a variação da resistência dentro de cada área de acordo com a data..

Discussão

As análises feitas anteriormente permitem uma avaliação qualitativa do comportamento dos materiais superficiais das áreas com capoeira, queimada e abandonada. Observou-se que, durante o monitoramento, as mudanças ocorridas nas áreas não foram lineares (Tabelas 1, 2, 3). Apesar de o monitoramento ter durado 1 ano, foi possível verificar parte da dinâmica e tendência do uso da terra e do efeito da erosão laminar nas propriedades físicas no topo do solo, em agricultura de subsistência que adota o sistema de rodízio de terras.

Verificou-se que a tendência da resistência à compressão superficial foi inicialmente baixa dentro do contexto analisado,

posteriormente, atingiu um valor superior e novamente tendeu a decrescer. Essa característica ficou bem representada na área abandonada. A área queimada apresentou um pico ($0,92 \text{ kgf/cm}^2$) que se dispersou visivelmente das demais avaliações, entretanto, não influenciou a tendência ora comentada, ou seja, aumento gradativo da resistência com posterior declínio (Tabela 1).

A área queimada registrou tendência de aumento gradativo da densidade aparente atingindo um ápice, posteriormente, apresentou tendência de queda. Na área abandonada, esse comportamento não foi bem caracterizado, devido a não ocorrência de diferença significativa de uma avaliação para outra. A densidade se manteve “estável” durante o monitoramento, já que essa área apresentava processo erosivo em fase mais adiantado do que as demais áreas. A dinâmica da porosidade total se deu de forma inversa ao da densidade aparente.

Em relação à resistência à compressão, a média da área com capoeira (área 1, controle), que também foi a mesma condição inicial da área queimada (área 2), foi $0,45 \text{ kgf/cm}^2$. Depois, a resistência à compressão da área queimada foi aumentando gradativamente até atingir um valor máximo de $0,92 \text{ kgf/cm}^2$, isto é, o dobro da resistência inicial. Este valor foi alcançado aproximadamente quatro meses após a queimada.

No final do experimento, em torno de 290 dias após a queimada, ocorreu a diminuição da resistência superficial, mas ela foi 51,1% superior ao valor inicial ($0,68 \text{ kgf/cm}^2$). A resistência superficial da área queimada chegou a ter algumas avaliações estatisticamente equivalentes a área abandonada. No entanto, a área abandonada já nas fases iniciais indicou ter resistência superior em relação às áreas com capoeira e queimada. Sugere-se que, após a queimada, alguns locais apresentaram claro aumento da resistência do topo do solo a partir do terceiro mês. Essas diferenças encontradas no topo do solo foram causadas pelo surgimento de cicatrizes devido ao fluxo laminar difuso em diversos pontos das áreas monitoradas (Figura 3).

A comparação das condições superficiais do topo do solo acerca da resistência à compressão, densidade aparente e porosidade total nas três áreas, com uso da terra em diferentes estágios de regeneração em sistema de rodízio de terras, permitem algumas conjecturas.

A área que permaneceu com capoeira em regeneração (controle, área 1), teve os parâmetros de resistência à compressão, densidade aparente e porosidade total, menores do que as demais áreas (queimada e abandonada). Tal comportamento foi devido às condições existentes nessa área, por exemplo, parte da chuva é interceptada pela vegetação, assim como, a camada de serrapilheira reduz o efeito de salpico. Aliás, o fluxo difuso (cicatriz de erosão) não foi verificado nesta área. O papel da cobertura vegetal como fator de controle frente aos processos erosivos é amplamente documentada na literatura (MORGAN, 2005).

A área que foi queimada partiu com uma condição inicial (parâmetros físicos) semelhante à área com capoeira, uma vez que as áreas eram contíguas. Contudo, após o manejo com fogo (queimada), essas condições foram modificadas. A partir do 3º e 4º meses, verificou-se que a mudança ocorrida tendeu a diferenciar as condições iniciais em relação aos atributos físicos do topo do solo, resistência, densidade e porosidade da área queimada. Essas mudanças foram causadas pela queima de material orgânico, aliada ao surgimento de cicatrizes de escoamento superficial (erosão laminar, figura 3).

Vários efeitos são apontados em áreas submetidas ao fogo como: aumento do escoamento superficial, redução de infiltração, aumento de erosão, redução de matéria orgânica, aumento da densidade aparente e em alguns casos indução à repelência (De BANO, 2000; PIERSON, et al. 2001; MARTIN & MOODY, 2001; BENAVIDES-SOLORIO & MacDONALD, 2001, SHAKESBY, et al. 2003). O fogo afeta ainda as propriedades físicas (tamanho e distribuição dos poros, estabilidade dos agregados) e químicas (mineralogia e pH) (DOERR & CERDÁ, 2005).

A área queimada tendeu a se assemelhar à área abandonada, todavia, à medida que a vegetação espontânea (estágio de sucessão) aumentava, o recobrimento do solo diminuía a exposição da superfície ao impacto direto das gotas de chuva e ao escoamento difuso (interceptação e dissipação de energia). Desse modo, ocorreu retração das cicatrizes de erosão laminar e, por consequência, houve tendência ao retorno às condições iniciais como as verificadas no começo do monitoramento, sobretudo, na área com capoeira.

A área abandonada, no período monitorado, partiu de condições diferentes das outras áreas (capoeira e queimada). Além disso, não apresentou variação significativa nos parâmetros avaliados, porém, mesmo que discretamente tendeu a recompor as condições superficiais. Observou-se na última avaliação que a vegetação dessa área apresentava maior recobrimento da superfície do solo e as cicatrizes de escoamento difuso estavam em retração.

De maneira geral, as áreas severamente queimadas retornam aos níveis de erosão entre 3 a 9 anos após terem sido afetadas pelo fogo (pré-distúrbio) (MARTIN & MOODY, 2001, citado por BENAVIDES-SOLORIO & MacDONALD, 2001). Ressalta-se que, todas as áreas haviam sido queimadas em diferentes períodos, logo, durante o monitoramento cada uma delas apresentava estágio de restabelecimento aos níveis de pré-distúrbios diferenciados.

Destaca-se que a área abandonada possuía uma vegetação mais densa (capoeira com ≈ 6 a 8 anos), e o fogo pode ter sido mais intenso do que a área com regeneração mais recente (área 2, capoeira ≈ 3 anos), conseqüentemente, intensificou os efeitos no topo do solo. Nesse sentido, Benavides-Solorio & MacDonald (2001) sugerem que o grau de severidade do fogo pode aumentar em 5 vezes mais a produção de sedimento, sendo que parte desse efeito está ligado ao grau de exposição do solo ao salpico e a erosão laminar. Os autores verificaram ainda que a porcentagem de cobertura da superfície do solo explicou 81% da produção de sedimento. Aliás, quanto mais intenso o fogo mais material

orgânico (folhas, caules, troncos etc.) é consumido expondo ainda mais o solo aos agentes erosivos.

Em seguida, a área abandonada foi cultivada com milho e passou por capina, retardando o estágio de sucessão (vegetação espontânea). Acrescenta-se ainda que, durante a colheita do milho, a movimentação dos agricultores aumentou o distúrbio na superfície do solo, notadamente, com a formação de caminhos, no sentido do declive, facilitando o aparecimento de cicatrizes de escoamento difuso (erosão laminar). Logo, essas características podem ter retardado a recomposição das condições superficiais do topo do solo aos padrões verificados na área queimada e, sobretudo, aos da área com capoeira. Tal fato é corroborado por Turkelboom et al., (1997) que registraram significativa erosão em vertentes declivosas manejadas com cultivo manual (plantio e campina). Segundo eles, o cultivo manual raso com enxada resultou em transporte de solo na ordem de 8 a 18 t/ha, chegando a alguns casos a 170 t/ha. Já Kimoto et al., (2002), constataram forte redução na produção de sedimento em áreas que deixaram de usar rastelos para colher serrapilheira em áreas florestadas. Os distúrbios no topo do solo causado pelo uso de rastelo era o principal fator que contribuía para erosão do solo.

Por fim, alguns parâmetros físicos dos solos na região de Guarapuava obtidos em condições naturais foram registrados pela Embrapa (1979). Em Latossolo Bruno (A proeminente textura argilosa) a densidade aparente do horizonte A teve média de $0,74 \text{ g/cm}^3$ e a porosidade total foi 73%. No horizonte A, em Cambissolo, a densidade foi menor ($0,61 \text{ g/cm}^3$), e porosidade total foi maior (74%).

Ao se comparar as características físicas do solo em condições naturais (Embrapa, 1979) com os resultados obtidos neste estudo, verificam-se valores diferentes. O topo do solo das áreas avaliadas tem características físicas (densidade e porosidade) encontradas apenas em horizontes mais profundos, o que pode indicar o efeito da erosão laminar no transporte de sedimentos e,

por extensão, a mudança das características físicas do solo devido à remoção do horizonte superficial.

Nas áreas de agricultura de subsistência, no sistema de rodízio de terras manejadas com fogo, as mudanças físicas no topo do solo podem ser mais acentuadas. Pierson et al., (2001) comparou a densidade aparente superficial (0 – 4 cm), imediatamente após uma área ter sido queimada com uma área adjacente não queimada, e os resultados indicaram que na primeira área a densidade aparente foi de 1,21 g/cm³, enquanto que na segunda foi de 0,93 g/cm³, isto é, na área queimada a densidade aparente foi 30% superior. Apenas o manejo com fogo já é suficiente para mudar as características físicas do solo. Decorre que na área de estudo, a alta declividade (50 a 60%), acrescido do uso de fogo para a limpeza das glebas de terras potencializa a erosão laminar (fluxo difuso) e acarreta importantes mudanças físicas no topo do solo conforme constatado neste estudo.

Conclusão

A agricultura de subsistência em sistema de rodízio de terras ocasiona significativas mudanças no topo do solo. Essas alterações são potencializadas devido ao uso do fogo que destrói o horizonte orgânico, expondo a superfície do solo (horizonte mineral) aos agentes erosivos, sobretudo, salpico e fluxo laminar, que ampliam a degradação do solo. Além disso, os cultivos são realizados em solos rasos em vertentes íngremes, às vezes superiores a 50% de declividade.

A média geral (média obtida a partir de todas as amostras) de resistência à compressão nas áreas monitoradas foi de $0,45 \pm 0,07$ (n=124) na área que permaneceu com capoeira, com três anos de regeneração; na área queimada esse valor foi de $0,74 \pm 0,35$ (n=186), e na área abandonada $0,94 \pm 0,33$ (n=186). Considerando que a área queimada (área 2) partiu das mesmas condições da área com capoeira (área 1, controle), verifica-se que houve um aumento de resistência de 64,4% ao se comparar as duas áreas. A área abandonada inicialmente teve resistência à

compressão semelhante às duas áreas anteriores, contudo, após a colheita do milho os processos erosivos laminares se intensificaram. Isso causou aumento de cicatrizes erosivas que se repercutiram no aumento de resistência no topo do solo.

Igualmente, a média geral de densidade aparente foi diferenciada nas três áreas: $0,84 \pm 0,03$ (n=28) na área com capoeira; na área queimada foi de $0,91 \pm 0,15$ (n=42), e a área abandonada registrou $1,03 \pm 0,11$ (n=42). A densidade aparente foi 8,3% superior na área que foi queimada em relação à área com capoeira. Já a área abandonada teve densidade aparente 22,6% superior ao registrado na área com capoeira com três anos de regeneração. Isto indica que a regeneração diminui a densidade devido ao adicionamento de serrapilheira e decomposição de material orgânico, todavia, com o fogo seguido de erosão laminar essa condição é rapidamente perdida.

Em relação à porosidade a média controle foi de $68,5 \pm 1,1\%$ (n=28) na área com capoeira, enquanto que a média geral na área queimada foi de $65,7 \pm 5,6\%$ (n=42), e a área abandonada registrou porosidade de $61,0 \pm 4,1\%$ (n=42). A porosidade da área com capoeira foi 4,3% superior em comparação à área queimada e 12,3% superior à área abandonada.

Referências bibliográficas

- BATTANY, M. C. & GRISMER, M. E. Rainfall runoff erosion in Napa Valley vineyards: effects of slope cover and surface roughness. **Hydrological Processes**, n. 14, p. 1289–1304, 2000.
- BENAVIDES-SOLORIO, J. & MacDONAD, L. Post-fire runoff and erosion from simulated rainfall on small plots, Colorado Front Range. **Hydrological Processes**, n. 15, p. 2931–2952, 2001.
- BRAUDY, J. Interactions between agricultural and ecological systems at the landscape level. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, n. 27, p. 119-130, 1989.

THOMAZ, E.L. Mudanças nas características do topo do solo causadas ...

BRIERLEY, G., STANKOVIANSKY, M. Geomorphic responses to land use change: lessons from different landscape settings. **Earth Surf. Process. Landforms**, 27, p. 339-341, 2002.

CAMARGO, O. A. & ALLEONI, L. R. F. **Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas**. Piracicaba: ESALQ, 1997.

CARSON, M.A. & KIRKBY, M.J. **Hillslope form and process**. Cambridge: Cambridge University Press, 1972.

DE BANO, L. F. The role of fire and soil heating on water repellency in wildland environments: a review. **Journal of Hydrology**, n. 231–232, p. 195–206, 2000.

DOERR, S., H. & CERDÀ, A. Fire effects on soil system functioning: new insights and future challenges. **International Journal of Wildland Fire** 14(4) 339–342, 2005.

EMBRAPA. Centro Nacional em Pesquisa em Floresta. **Levantamento expedito e aptidão dos solos da microbacia do Rio Lajeado e caracterização climática do alto curso do rio Jordão**. Colombo-PR, 1999. (mimeografado)

_____. Centro Nacional de Pesquisa de Solo. **Manual de métodos de análise de solos**. – 2 ed. Rio de Janeiro, 1997.

_____. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Levantamento de reconhecimento dos solos da região centro-sul do estado do Paraná**. Curitiba, 1979. (Informe preliminar)

GUERRA, A. T. G. Processos erosivos nas encostas. in: GUERRA, A. T. G. & CUNHA, S. B. (org.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995. p. 149-209.

KIEHL, E. J. **Manual de edafologia: relações solo-planta**. São Paulo: CERES, 1979.

- KANG, S., ZHANG, L., SONG, X., ZHANG, S., LIU, X., LIANG, Y., ZHENG, S. Runoff and sediment loss responses to rainfall and land use in two agricultural catchments on the Loess Plateau of China. **Hydrological Processes** 15, 977–988, 2001.
- KIMOTO, A., UCHIDA, T., MIZUYAMA, T., CHANGHUA, L. Influences of human activities on sediment discharge from devastated weathered granite hills of southern China: effects of 4-year elimination of human activities. **Catena** 48, 217-233, 2002.
- MENDES, W. & CASTRO, A. F. **Limitações do uso dos solos do Estado do Paraná por suscetibilidade à erosão**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SNLCS, 1984.
- MARTIN, D. A. & MOODY, J. A. Comparison of soil infiltration rates in burned and unburned mountainous watersheds. **Hydrological Processes**, n. 15, p. 2893–2903, 2001.
- MORGAN, R.P.C. **Soil Erosion and Conservation**. Blackwell, Oxford, 2005, p. 304.
- PIERSON, F. B.; ROBICHAUD, P. R.; SPAETH, K. E. Spatial and temporal effects of wildfire on the hydrology of a steep rangeland watershed. **Hydrological Processes**, n. 15, p. 2905–2916, 2001.
- REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas**. São Paulo: Monole, 1990.
- SELBY, M. J. **Hillslope materials and processes**. Oxford: Oxford University Press, 1993.
- SHAKESBY, R.A., CHAFER, C., DOERR, S.H., BLAKE, W.H., WALLBRINK, P., HUMPHREYS, G.S. & HARRINGTON, B.A. Fire severity, water repellency characteristics and hydrogeomorphological changes following the Christmas 2001 Sydney forest fires. **Australian Geographer**, 34(2), 147-175, 2003.
- STATHAM, I. **Earth surface sediment transport**. Oxford: Clarendon Press, 1977.

THOMAZ, E. L. & ROSS, J. L. S. Avaliação crítica em relação ao uso de penetrômetro de bolso na mensuração da capacidade de suporte de materiais In: I Seminário de Pesquisa em Geografia Física: Perspectivas da Pesquisa em Geografia Física. **Anais**. São Paulo: USP, 2003. v.1, CD-ROM. p. 195 – 200.

_____, E. L. & VESTENA, L. R. **Aspectos Climáticos de Guarapuava - PR**. Guarapuava: Editora UNICENTRO, 2003, 106p.

_____, E. L. (a) Caracterização do meio físico da bacia do Rio Guabiroba: ensaio empírico-cartográfico como fundamento ao estudo de processos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 11. 2005, São Paulo. **Relação de Trabalhos**. São Paulo: Departamento de Geografia/FFLCH/USP, 2005. p.1616-1631. 1 CD-ROM.

_____, E. L. (b) Processos hidrogeomorfológicos e o uso da terra em ambiente subtropical – Guarapuava – PR. São Paulo, 2005, 297 f. **Tese** (Doutorado em Ciência, área Geografia Física) – Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.

TURKELBOOM, F., POESEN, J., OHLER, I., VAN KEER, K. ONGPRASERT, S., VLASSAK, K. Assessment of tillage erosion rates on steep slopes in northern Thailand. **Catena** 29, 29-44, 1997.

VIERA, S. Introdução à bioestatística. Rio de Janeiro: Campus, 1980. 196p.

_____, S. Estatística experimental. São Paulo: Atlas, 1999. 185p.

Recebido em julho de 2006
Aceito em fevereiro de 2007