



## UTILIZAÇÃO DE PARÂMETROS MORFOMÉTRICOS E DE COLORAÇÃO EM SEIXOS PARA AVALIAÇÃO DA CONTRIBUIÇÃO DAS ESTRADAS RURAIS NA DEPOSIÇÃO DE MATERIAIS GROSSEIROS EM CANAIS FLUVIAIS<sup>1</sup>

**Wolliver Anderson Dias** - Aluno do programa de Pós Graduação em Geografia: Mestrado em Gestão do Território, da Universidade Estadual de Ponta Grossa - UEPG

**Edivaldo Lopes** - Professor permanente do Mestrado em Gestão do Território – UEPG e Departamento de Geografia – UNICENTRO.

**Thomaz e Fagner Dallaqua** - Professor permanente do Mestrado em Gestão do Território – UEPG e Departamento de Geografia – UNICENTRO.

### RESUMO

No Brasil, destaca-se a grande quantidade de estradas, e a importância das mesmas na circulação e distribuição de mercadorias. Porém, chama à atenção a grande quantidade de estradas não pavimentadas, as quais se encontram predominantemente em áreas rurais. As estradas são susceptíveis aos processos erosivos, de modo que quando conectadas a rede de drenagem, influenciam significativamente na sedimentação e na descarga fluvial. Para analisar a influência, e avaliar a contribuição das estradas na entrada de materiais em riachos, submeteram-se os materiais grosseiros de estradas e de canais fluviais coletados em diversos setores da bacia hidrográfica a análise morfométrica e de coloração, a fim de se estabelecer possíveis correlações de proveniência. Constatou-se eficiência nas técnicas utilizadas, e comprovou-se a presença de materiais grosseiros provenientes das estradas no interior dos canais fluviais. Por fim, pode-se evidenciar também as limitações existente nas técnicas empregadas.

**Palavra chaves:** Estradas rurais, Seixos, Morfometria, Coloração, Canal fluvial

---

<sup>1</sup> Pesquisa integrante do projeto Avaliação do aporte de sedimento proveniente de estradas rurais e de seus impactos na descarga sólida fluvial em suspensão, na bacia do Rio Guabiroba, Guarapuava-PR. (Edital Universal CNPQ - 2007).



## ABSTRACT

Here are a lot of roads in Brazil and they are important to circulation and distribution of goods. Moreover, the large amount of unpaved roads, are located predominantly in rural areas. Many roads are susceptible to erosion, also when they are connected to the drainage network causes significantly influence on river sedimentation and discharge. In order to analyze the influence, and assess the roads contribution to material entrainment into streams. The coarse materials on bed roads and river channels were collected on different watershed sectors. After, pebbles were measured (morphometry and color) in order to establish possible provenience correlations. The methodology and techniques were efficient, to detect the coarse material originated from the road and deposited in the river channels. Finally, there was also its limitations in existing techniques.

**Keywords:** Rural roads, Pebbles, Morphometry, Color, Stream

## 1-INTRODUÇÃO

Atualmente as estradas desempenham importante papel sobre o território nacional e mesmo no cenário mundial, variando apenas na intensidade do uso. No caso brasileiro as estradas aparecem como principal forma de interligar um lugar a outro. A importância das estradas nos dias atuais relaciona-se intimamente com a produção e comércio de mercadorias, sendo a estrada de fundamental importância para o escoamento de produtos. No Brasil destaca-se a grande quantidade de estradas não pavimentadas. Estas se dispõem predominantemente nas áreas rurais, sendo as principais responsáveis pela conexão dos moradores destas áreas com os serviços existentes na cidade, tais como, escolas, hospitais, bancos, entre outros. Estas estradas apresentam também importância no deslocamento dos moradores de uma propriedade a outra, bem como para o escoamento da produção agrícola destas áreas.

As estradas rurais, embora seja de grande importância para a vida social das pessoas que delas dependem, por outro lado, merece lugar de destaque no quadro de estudos ambientais, tendo em vista a grande fragilidade e suscetibilidade das mesmas frente aos processos erosivos e conseqüentemente a degradação de solos.

As estradas rurais são um dos usos do solo que contribuem significativamente para a entrada de sedimentos em canais fluviais, tendo em vista à exposição, compactação, as baixas taxas de infiltração e, conseqüentemente a baixa capacidade de armazenamento de água no



solo, entre outros fatores controladores dos processos erosivos (CUNHA, 1995). Por outro lado, a conservação das estradas rurais em terras dissecadas é realizada com dificuldade. Deste modo, muitos carreadores e caminhos internos das propriedades tornam-se intransitáveis devido ao forte ravinamento que se instalam sobre o leito dessas vias de circulação (THOMAZ *et al.*, 2007).

ANTONANGELO & FENNER (2005), ressaltam em seu trabalho que as estradas de uso florestal tem sido uma das principais causas da erosão e do assoreamento dos cursos d'água nas florestas plantadas, pois promove a retirada da cobertura vegetal, movimentação do solo e a compactação do seu leito, tornando tais vias muito vulneráveis à erosão causada pela chuva. Estas estradas, quando dispostas em encostas com altas taxas de declividades podem ainda sofrer aceleração nos processos erosivos. De acordo com Luce (1993) *apud* ANTONANGELO & FENNER (2005), a erosão causada pela existência de estradas de uso florestal será maior em função do aumento da declividade e do comprimento da rampa, fatores que aceleram a velocidade da enxurrada.

Os principais aspectos dos processos erosivos em estradas é indicado também por (GRACE III, 2000 e FAO, 1989) citados por Ferraz *et al.* 2007. De acordo com o primeiro autor as estradas florestais aceleram a erosão devido ao aumento dos gradientes de inclinação e interrupção dos padrões de drenagem natural, o segundo afirma que a severidade do impacto das estradas está intimamente relacionada com a extensão da superfície exposta, a densidade de drenagem, a declividade, fatores geológicos e o clima.

No Brasil, estas estradas, carreadores e caminhos são implantados em diferentes unidades geomorfopedológicas, mas muitas vezes não é considerada a aptidão do terreno. As estradas rurais, por exemplo, quando conectada à rede de drenagem têm uma grande contribuição no total do sedimento que chega até o canal, gerando assim diversos danos posteriores (Thomaz, 2005). Estas estradas merecem uma devida atenção, pois aparecem de forma considerável ao longo das bacias hidrográficas, tendo em vista, que são elas as responsáveis por dar acesso a todos os outros usos do solo existente nas bacias (Thomaz, et al., 2007).

A área onde a pesquisa fora realizada localiza-se na bacia do Rio Guabiroba (Fig. 1), no município de Guarapuava (PR), esta área apresenta problemas relacionados a tal assunto. Em algumas situações, principalmente nos grandes eventos pluviométricos, as estradas rurais apresentam rápida resposta hidrológica, com a geração significativa de escoamento superficial



com posterior diminuição do fluxo após o término do evento pluviométrico. Assim, nestas estradas a potência do fluxo é capaz de transportar tanto materiais finos (silte-argila) quanto materiais grosseiros (grânulos, seixos e matacões), aumentando à carga de sedimento dos riachos (fundo-suspensão). Portanto, reflete nos processos geomorfológicos de riachos, bem como na qualidade da água da região de Guarapuava (Thomaz, 2003, 2005).



**Figura 1** – Localização da área de estudo no âmbito da bacia do rio Guabiroba

Na bacia do Rio Guabiroba, as estradas funcionam como “canais efêmeros”, transportando grande quantidade de sedimentos, conseqüentemente, causam assoreamento dos corpos hídricos e aumento da turbidez, refletindo assim, na captação (adução) da água de consumo da população de Guarapuava. Por outro lado, devido ao traçado das estradas que cortam grande número de rios, somando a drenagem lateral (processo de retirada de água do leito das estradas) faz com que as águas cheguem rapidamente à rede de drenagem aumentando o débito fluvial (aumento rápido de vazão). Além disso, esse procedimento compromete a hidrologia das zonas ripárias, pois elas perdem juntamente com a vegetação ciliar a função de filtro, bem como de regulador da circulação da água (funcionamento) entre a transição do sistema fluvial e das vertentes adjacentes (Thomaz, 2003, Thomaz, 2006, Thomaz *et al.*, 2007).



Desta forma, a partir das observações realizadas em campo, pode-se constatar relativa similaridade entre os materiais grosseiros dispostos ao longo do leito dos rios e sobre as estradas rurais. Assim, admitindo-se a hipótese que as estradas rurais contribuem significativamente na deposição de sedimentos no interior dos canais o presente trabalho teve como objetivo, submeter os materiais coletados à comparações nos parâmetros morfométricos e de coloração a fim de se estabelecer relações que permitam constatar efetivamente por meio de técnicas quantitativas e qualitativas a influencia destas estradas na sedimentação de rios. Objetivou-se também constatar a eficiência da metodologia proposta.

## 2-MATERIAIS E MÉTODOS

**Análise Morfométrica (determinação da forma do material)** - na atividade em questão, os materiais analisados (seixos) foram coletados de duas maneiras (coleta aleatória e armadilhas). Os materiais coletados aleatoriamente foram os que se encontravam depositados sobre o leito do rio a montante e a jusante das estradas, bem como no leito das mesmas, enquanto que nos pontos preferenciais de entrada de materiais para o interior do canal (cruzamento), foram instaladas armadilhas, que se constituíam em trincheiras, com a finalidade de receptar os materiais da estrada antes que os mesmos adentrassem no canal (Fig. 2), ao longo dos eventos pluviométricos.





**Figura 2** – Armadilha para coleta de materiais nos pontos de entrada para o canal fluvial (cruzamento estrada/estradas). **Foto:** Dias, W. A. *et al.* 2010.

Os materiais coletados no interior das armadilhas foram posteriormente submetidos à análise granulométrica a seco, para que se fosse possível identificar a predominância da classe textural do material receptado, bem como selecionar a categoria seixos. Utilizou-se das peneiras com as seguintes aberturas: 64 mm 4,0 mm, 2,0 mm; 1,0 mm; 0,5 mm; 0,250 mm; 0,125mm. Os materiais de dimensões menores que a peneira de 0,125 mm, foram todos enquadrados na mesma categoria ( $< 0,125$ ), não foram utilizadas peneiras de dimensões menores devido ao trabalho ter um foco mais direcionado aos seixos. Após a análise granulométrica, os materiais enquadrados na categoria seixos da escala de Wentworth (1922) *apud* Cunha (1996), foram também submetidos à determinação da forma (avaliação morfométrica)

Para determinação da forma das partículas os seixos foram submetidos a mensurações morfométricas com auxílio de paquímetro digital. Tais mensurações levavam em consideração as dimensões de arestas ou eixos das partículas (A-B-C). Após a obtenção dos valores das dimensões (arestas A-B-C) dos materiais, os mesmos valores foram utilizados para classificar os materiais em acicular (alongado), discoidal, esferoidal (esférico) e lamelar (laminar), de acordo com a classificação proposta por Zingg (1935) citado por Cunha (1996).



Segundo a mesma autora, o método de Zingg (1935), propõe que após as mensurações dos eixos a, b e c, calcule-se as razões entre  $b/a$  e  $c/b$ , podendo assim classificar a forma dos seixos.

**Quadro 1** – Forma dos seixos, segundo Zingg (1935)

Classe	B/A	C/B	Forma
1	$> 0,67$	$> 0,67$	Esférica
2	$> 0,67$	$< 0,67$	Discoidal
3	$< 0,67$	$> 0,67$	Alongada
4	$< 0,67$	$< 0,67$	Laminar

Fonte: Cunha, (1996)

**Avaliação da Coloração** - a avaliação da coloração dos seixos ocorreu por meio de comparação entre materiais do leito dos rios e das estradas. Foram escolhidos cinco setores da bacia onde as estradas se dispõem sobre os canais fluviais (cruzamento Rio/Estrada) para coleta do material. O material do leito do canal foi coletado de forma sistematizada em armadilhas instaladas no leito dos rios (Fig. 3), a montante, e a jusante das estradas, nos setores 1, 2, 3, 4 e 5 (setores escolhidos para coleta ao longo da bacia). Em seguida o material coletado foi submetido a análise granulométrica para selecionar os seixos, seguindo os procedimentos indicados na atividade anterior. Tais armadilhas constituíam-se em um recipiente metálico de forma cilíndrica com volume de  $2.563,3 \text{ cm}^3$ , assim, a mesma foi enterrada, ficando apenas com a abertura na superfície do leito para receber os materiais em seu interior. As coletas do material das armadilhas ocorreram em três ocasiões: novembro de 2008, fevereiro de 2009 e abril de 2009.



**Figura 3** – Armadilha instalada no leito do canal. **Foto:** Dias, W. A. *et al.* 2010.

Os seixos coletados nos pontos citados, foram submetidos a comparação com seixos coletados nas estradas, os quais serviram de parâmetros para auxílio na comparação da coloração entre os seixos predominantemente alaranjados das estradas e os de coloração preta do interior do rio, passando por graus de alteração da coloração que varia de 1 a 5, como apresentados no Quadro 2. Tais comparações levaram em consideração o grau de alteração obtido nos seixos capturados pelas armadilhas para possível constatação de sua proveniência, tendo em vista que a presença de materiais de coloração alaranjada no interior do rio indica que tal material é originário da estrada, de modo que o mesmo vai perdendo a coloração alaranjada e tornando-se escurecido ao longo de sua presença no interior do rio.

A escala em questão, foi elaborada tendo em vista a carência de trabalhos nesta direção e a dificuldade de utilização de escalas de classificação de solo, como a de Mansell citada por Lemos (2002), somado com a necessidade de um parâmetro qualitativo para se avaliar o material coletado.

**Quadro 2** – Escala qualitativa para determinação do grau de alteração do material

Escala	Grau de alteração	Característica do material
--------	-------------------	----------------------------





1	Nenhuma alteração	Coloração ferruginosa (cores vivas) (semelhantes aos seixos ferruginosos testemunha).
2	Pouca alteração	Coloração ferruginosa com início de mosqueamento.
3	Baixa alteração	Coloração ferruginosa, porém o material apresenta-se totalmente mosqueado com partes escurecidas.
4	Média Alteração	Coloração escura e material com poucas manchas ferruginosas.
5	Alta alteração	Material escurecido semelhante aos seixos escuros, presentes no leito do rio (testemunha).

### 3-RESULTADOS E DISCUSSÕES

**Determinação da forma do material** - anteriormente a análise morfométrica, o material das armadilhas foi submetido a uma análise granulométrica a seco (Quadro 3), com o objetivo de separar a categoria seixos, para que assim fossem submetidos a determinação da forma juntamente com os materiais coletados aleatoriamente no leito dos rios e das estradas.

**Quadro 3** – Análise granulométrica a seco do material das armadilhas (cruzamento estrada-rio)

Partícula	Setor 1 (%)	Setor 2 (%)	Setor 3 (%)	Setor 4 (%)	Setor 5 (%)	Média e desvio padrão (%) (n <sup>2</sup> 5)
<b>Seixos</b>	N R <sup>1</sup>	67,88	51,15	57,64	58,48	58,79 ± 6,89
<b>Granulo</b>	N R	8,8	20,31	7,98	17,2	13,57 ± 6,13
<b>Areia muito grossa</b>	N R	6,32	10,55	12,6	9,05	9,63 ± 2,64
<b>Areia grossa</b>	N R	6,31	8,08	12	6,05	8,11 ± 2,75



<b>Areia média</b>	N R	5,74	5,96	7,19	4,38	5,82 ± 1,15
<b>Areia fina</b>	N R	3,12	2,19	1,85	2,54	2,43 ± 0,54
<b>Igual ou menor que areia muito fina</b>	N R	1,82	1,75	0,75	2,31	1,66 ± 0,65
<b>Total</b>	N R	100	100	100	100	100

**Nota:** <sup>1</sup> N R(a armadilha do ponto 1 não obteve material). <sup>2</sup> Número de parâmetros utilizados para se estabelecer a média.

Dentro da categoria seixos, a qual abrange materiais de 4 a 64 mm, descartou-se os materiais de 4 a 8 mm, devido a dificuldade em mensurá-los, de modo que os materiais acima de 8 mm coletados nos cruzamentos, foram submetidos a determinação da forma, bem como os materiais da estrada, rio (montante) e rio (jusante). Na análise granulométrica, observou-se significativa predominância da categoria seixos (Quadro 3).

Com a média da distribuição das partículas entre os setores de coleta de amostra e suas respectivas classes texturais, pode-se perceber que a maioria do material enquadrou-se na categoria seixos, representando (58,79%), posteriormente apareceu a categoria granulo (13,57%), seguida pela categoria areia muito grossa (9,63%), areia grossa (8,11%), areia média (5,82%), areia fina (2,43%) e, por fim a categoria igual e menor que areia muito fina, representando (1,66%). A granulometria do material apresentou-se na mesma seqüência em todos os setores avaliados, com exceção do setor quatro, onde a categoria granulo e a categoria areia muito grossa se dispõem de forma inversa. Deste modo, após a análise granulométrica, os seixos foram então submetidos a análise morfométrica, a fim de se estabelecer a forma do material.

Os materiais coletado aleatoriamente ao longo dos pontos citados (montante, estrada, jusante), além do material do cruzamento, apresentado anteriormente, quando submetidos a análise morfométrica, apresentaram-se predominantemente na classe esferoidal (61,84%), seguido pela classe discoidal (21,81%), posteriormente aparece o material de forma acicular (12,83%) e, por fim a classe lamelar (3,72%). Tal seqüência apresentada pela classificação dos seixos manteve-se constante em todos os pontos de coleta variando apenas em proporção (Quadro 4).



**Quadro 4** - Média e desvio padrão das formas do material entre os pontos avaliados e seus locais de coleta

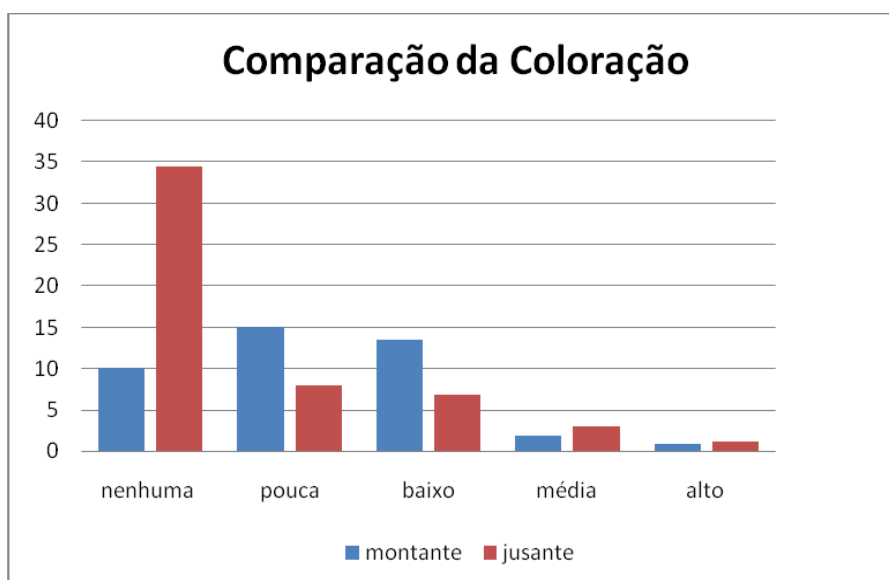
Ponto	Acicular (%)	Discoidal (%)	Esferoidal (%)	Lamelar (%)
Montante (leito de rio)	13,48 ± 2,11 (n=351)	23,75 ± 9,48	55,46 ± 12,53	7,86 ± 4,88
Estrada (leito)	10,71 ± 1,75 (n=301)	18,43 ± 7,32	70,44 ± 6,92	0,41 ± 0,92
Cruzamento (estrada-rio)	10,84 ± 4,49 (n=167)	20,19 ± 7,72	65,50 ± 9,27	3,84 ± 2,61
Jusante (leito de rio)	16,30 ± 2,20 (n=366)	24,90 ± 1,54	55,96 ± 3,43	2,80 ± 3,37
Média e desv. padrão	12,83 ± 2,65 (n=4)	21,81 ± 2,98	61,84 ± 6,84	3,72 ± 2,47

**Avaliação da coloração** - Com os resultados obtidos pela classificação da coloração dos seixos separados através de análise granulométrica, pode-se observar que os canais submetidos a instalação de armadilhas se comportaram de diferentes maneiras entre si, apresentando significativa variabilidade na granulometria do material avaliado. Na avaliação da coloração, pode-se perceber significativa diferença entre as amostras coletadas entre montante e jusante (Fig. 4), na montante, os materiais com nenhuma alteração representaram 10,13%, enquanto que na jusante, ocuparam 34,47% do total da amostra, já os materiais com pouca alteração na coloração representaram 15,01% na montante, e 7,98% na jusante, os materiais com baixa alteração na coloração, representaram na montante 13,41% e na jusante 6,77%, em relação aos materiais com media alteração, estes representaram na montante 1,89% enquanto que na jusante registraram 3,01%, por fim, os materiais com alto grau de alteração na montante 0,89% e na jusante 1,01%. Observou-se também que na montante das estradas a ordem de predomínio do grau de alteração apresentou os materiais de colorações



intermediárias (2, 3, 1, 4 e 5), enquanto que na jusante a seqüência apresentada foi: 1, 2, 3, 4 e 5, ou seja, evidenciou-se predominância na presença de seixos similares aos encontrados nas estradas no leito dos canais, a jusante das estradas, o que por sua vez indica a contribuição das estradas na deposição de materiais grosseiros nos canais fluviais.

**Figura 4** – Gráfico referente a média geral entre as coletas realizadas nos meses de 11-2008, 02 e 04 de 2009 entre os 5 pontos de coleta.



#### 4-CONCLUSÕES

Com o presente trabalho, pode-se concluir, que a análise morfométrica apresenta-se como um eficiente método de quantificação e determinação de forma das partículas. Porém, na comparação realizada entre leito dos rios e estrada, não se constatou diferenças, de modo que materiais com as mesmas formas expressavam-se predominantemente na mesma proporção dentro dos parâmetros avaliados em todos os setores da bacia (Quadro 3). Assim, a partir das atividades realizadas ao longo da pesquisa, foi possível identificar novas lacunas a serem respondidas em futuros trabalhos, entre elas a necessidade de outras comparações, bem como identificar a forma do material que se encontra a montante das estradas (barrancos), pois a forma predominante de material disponível nas estradas pode estar associado a forma em que o material chega dos barrancos para as estradas.



Destaca-se que na granulometria realizada com os materiais oriundos das armadilhas (cruzamento), foi possível perceber a predominância de seixos entre os materiais grosseiros que adentram o canal, tanto na montante, quanto na jusante das estradas.

No que diz respeito a análise de coloração, também constatou-se eficiência na técnica, sendo possível estabelecer diferenças qualitativas entre a coloração dos materiais encontrados nos canais fluviais e nas estradas rurais. Deste modo, pode-se também observar que a jusante das estradas, no leito do canal, concentra uma quantidade maior de seixos com coloração não alterada do que se comparado a montante, o que possibilita concluir que as estradas contribuem significativamente na entrada de materiais grosseiros para o interior dos canais fluviais.

## 5-AGRADECIMENTOS

Ao CNPQ, pelo apoio financeiro para o desenvolvimento da pesquisa e a Joel Araujo Silvério, proprietário da área onde foram realizadas as atividades

## 6-REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTONANGELO, Alessandro; FENNER, Paulo Torres. Identificação dos riscos de erosão em estradas de uso florestal através do critério do fator Topográfico LS. **Energia Agrícola**. Botucatu. v.20, n.03, 2005. p. 1-20. Disponível em <[http://www.fca.unesp.br/CD\\_REVISTA\\_ENERGIA\\_vol3/vol20n32005/Artigos/Alessandro%20Antonangelo.pdf](http://www.fca.unesp.br/CD_REVISTA_ENERGIA_vol3/vol20n32005/Artigos/Alessandro%20Antonangelo.pdf)> Acessado em: 20/02/2010.

CUNHA, S. B. Geomorfologia Fluvial. In: GUERRA, A. T. G. & CUNHA, S. B. (org.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 2. Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995. Cap. 5, p 211-252.

CUNHA, S. B. Geomorfologia Fluvial. In: CUNHA, S. B. & GUERRA, A. T. G. (org.). **Geomorfologia: Exercícios, Técnicas e Aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. Cap. 5, p 157-189





FERRAZ, S.F. B., MARSON, J. C., FONTANA, C. R., LIMA, W. P. Uso de indicadores hidrológicos para classificação de trechos de estradas florestais quanto ao escoamento superficial. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 75. p. 39-49, set. 2007.

LEMOS, R. C. de. Manual de descrição e coleta de solo no campo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo. 4ª Ed. 2002.83p.

THOMAZ, E. L. Caracterização hidroclimática da bacia do rio das Pedras. Convênio Fundo Azul II – Sanepar/Unicentro. Guarapuava, 2003, 37 p. (**Relatório Técnico-Científico**).

THOMAZ, 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.

THOMAZ, E. L. Desenvolvimento e aplicação de simulador de chuva em estudo de processos erosivos em área degradada. **Projeto de Pesquisa**. Chamada de Projetos 19/2006 Programa de Infra-Estrutura para Jovens Pesquisadores, Programa Primeiros Projetos – PPP/2006. Guarapuava: UNICENTRO, 2006. 16p.

THOMAZ, E. L., VESTENA, L. R., ANTONELI, V. Avaliação do aporte de sedimento proveniente de estradas rurais e de seus impactos na descarga sólida fluvial em suspensão, na bacia do Rio Guabiroba, Guarapuava-PR. **Projeto de Pesquisa** (Edital Universal 15/2007). Guarapuava: UNICENTRO. 2007. 10p.

WENTWORTH, C. K. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. **Journal of Geology**. 30: p. 377-392

ZINGG, T. Beiträge Zur Schotteranalyse. **Mineralogische und Petrologische Mitteilungen Schweizerische**, v. 15, p. 38-140, 1935.

