

# A SISTEMATIZAÇÃO DOS FATORES DA EUPS EM SIG PARA QUANTIFICAÇÃO DA EROÇÃO LAMINAR NA BACIA DO RIO ANTA GORDA (PR)

Julio Caetano Tomazoni<sup>1</sup>

Luiz Eduardo Mantovani<sup>2</sup>

André Virmond Lima Bittencourt<sup>3</sup>

Ernani Francisco da Rosa Filho<sup>4</sup>

## Resumo

Este trabalho tem a finalidade de demonstrar a sistematização da EUPS – Equação Universal de Perdas de Solo, em SIG (Sistema de Informação Geográfica) para quantificar as perdas de solos por erosão laminar na microbacia do rio Anta Gorda, localizada no município de Santa Izabel do Oeste, no Sudoeste do Paraná. Portanto o trabalho contribui para implementação e o desenvolvimento de metodologias automatizadas para a caracterização, a quantificação e o controle do processo erosivo laminar.

**Palavras-chave:** Erosão laminar, Microbacia hidrográfica, Morfodinâmica, Sistema de Informação Geográfica.

## Abstract

This work has the aim of demonstrating the USLE systematization - Universal Equation of Soil Losses, in the GIS (Geographic Information System) to quantify the losses of soils for laminar erosion of the Anta Gorda River watersheds, where is located in Santa Izabel do Oeste district, Southwestern Paraná. Therefore the work contributes for the implementação and development of methodologies automated for the characterization, the quantification and the control of the process erosive to laminate.

**Key-words:** Laminar erosion, Watersheds, Morph dynamic, Geographic Information System.

## INTRODUÇÃO

As discussões atuais sobre problemas relacionados ao meio ambiente e seus reflexos na qualidade de vida de diversas comunidades e sobre o futuro do planeta têm levado em conta, cada vez mais, o papel dos recursos geológicos, pedológicos, hídricos, atmosféricos e biológicos, nos quais ocorrem as maiores agressões e impactos ao meio ambiente (WHITE et al, 1992).

As bacias hidrográficas são segmentos do meio ambiente definidas no espaço e reconhecidas em função de características e propriedades que sejam razoavelmente estáveis ou ciclicamente previsíveis, incluindo aquelas da atmosfera, do solo, do substrato geológico, da hidrologia e do resultado do sistema de ocupação do solo (RAMOS et al, 1989).

---

<sup>1</sup> Geógrafo, Doutor em Geologia Ambiental, prof. do CEFET - PR - Unidade do Sudoeste, Campus Pato Branco/ e-mail: tomazoni@pb.cefetpr.br.

<sup>2</sup> Geólogo, Doutor em Geologia, prof. do curso de Geologia da UFPR/ e-mail: lem@ufpr.br.

<sup>3</sup> Engº Químico, Doutor em Geologia, prof. do curso de Geologia da UFPR/ e-mail: andré@ufpr.br.

<sup>4</sup> Geólogo, Doutor em Geologia, prof. do curso de Geologia da UFPR/ e-mail: ernani@ufpr.br.

Uma bacia deve ser entendida como sistema geomorfológico drenado por cursos de água ou por um sistema de canais conectados que convergem, direta ou indiretamente, para um rio principal ou para um espelho de água, constituindo-se, assim, em uma unidade sistêmica ideal para o planejamento do manejo integrado dos recursos naturais (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1990).

Os detritos (sólidos) transportados pelos cursos de água têm origem, principalmente, na erosão superficial do solo. As gotas de chuvas, caindo na superfície do solo, desagregam as partículas do mesmo, removendo-as. Esse processo é tão mais intenso quanto menor a cobertura vegetal, maior a intensidade da chuva, maior o grau de declive e maior for à susceptibilidade do solo à erosão (RANIERI et al, 1998).

A intensidade da erosão está intimamente associada a erosividade das chuvas, a erodibilidade do solo, ao comprimento da rampa e grau do declive das vertentes, às características do solo e a seu uso e manejo. Os sedimentos removidos de uma bacia durante chuva intensa podem ficar depositados em um alvéolo fluvial e ali permanecerem até outra precipitação, quando serão transportados para jusante (LOPES, 1980).

Verifica-se que a erosão hídrica é resultante da ação de diversos fenômenos que modificam as condições normais de uma bacia e que a artificialização não controlada do meio ambiente é o principal fator que acelera esse processo, pois ao retirar a cobertura vegetal para introduzir lavouras, construir estradas, realizar obras de terraplanagens, obras fluviais, etc., contribui decisivamente para a maior desagregação de sólidos e, conseqüentemente, para o maior transporte.

A erosão laminar é um dos tipos de erosão mais importantes, porém dificilmente perceptível. O início desse fenômeno ocorre quando as gotas de chuva, ao se precipitarem sobre o solo, rompem seus grânulos e torrões transformando-os em pequenas partículas e diminuindo a capacidade de infiltração do terreno (RESENDE & ALMEIDA, 1985). O impacto das gotas sobre o solo abre pequenas crateras e partículas são desprendidas e lançadas a 1,0 m de altura e 1,5 m de raio de distância. BERTONI & LOMBARDI NETO (1990) comentam que pesquisadores têm constatado que uma única chuva o desprendimento de mais de 200 toneladas de partículas de solo por ha.

Na região Sudoeste do Estado do Paraná, na área agrícola, os problemas ambientais relevantes estão concentrados na degradação do solo e na erradicação da cobertura vegetal natural. Tais problemas são provocados principalmente pelo mau uso agrícola que acelera a erosão hídrica nas bacias hidrográficas e polui os rios com material particulado, adubos e pesticidas.

Com uma visão ampla, isto é, com o aproveitamento integrado dos recursos naturais solo, água, flora e fauna, dentro do sistema bacia hidrográfica, desenvolveu-se a sistematização da EUPS - Equação Universal de Perdas de Solos, no SIG SPRING - Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas, com a finalidade de quantificar a erosão laminar na microbacia hidrográfica do rio Anta Gorda (bacia de captação da SANEPAR - Companhia de Saneamento do Paraná). Pela classificação de STRALHER (1992), essa pequena bacia hidrográfica abrange, no máximo, curso de água de 5ª ordem.

Os dados constantes deste trabalho têm origem na tese de doutorado: Morfodinâmica e Transporte Fluvial no Sudoeste do Paraná pelo Método de Levantamento de Microbacias Hidrográficas Através de Geoprocessamento, defendida em 19/12/03 por Julio Caetano Tomazoni, junto ao Curso de Pós Graduação em Geologia Ambiental da UFPR.

## CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDOS

A bacia do rio Anta Gorda, com área efetiva de 1.212,40 ha, está localizada no município de Santa Izabel Do Oeste, no Sudoeste do Estado do Paraná, conforme consta na FIGURA 1.

A geologia da bacia do rio Anta Gorda, de acordo com MAPA HIDROGEOLÓGICO DA AMÉRICA DO SUL elaborado por UNESCO & CPRM (1996) e PICCIRILO & MELFI (1988), assim se caracteriza: JKβsg – Rochas basálticas do Grupo São Bento, Formação Serra Geral. As rochas são do tipo basalto toleíticos, com intercalações de arenito, ou são vulcânicas ácidas, ambas intercaladas por diques e sills de diabásio ou dolerito.

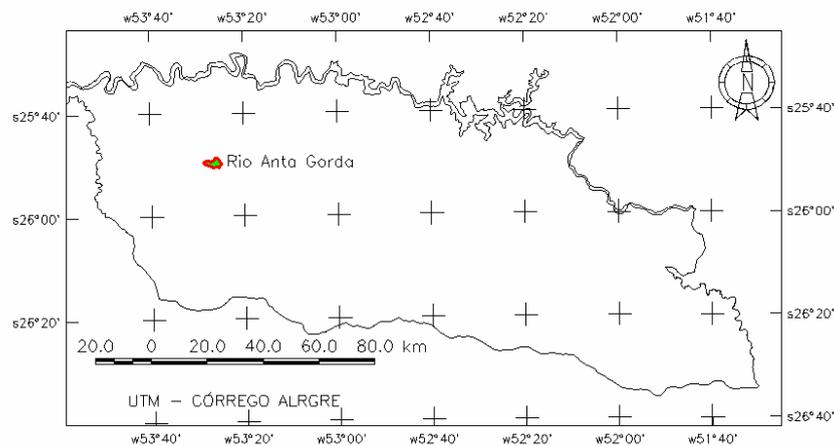


FIGURA 1 - LOCALIZAÇÃO DA MICROBACIA, NO SUDOESTE DO PARANÁ

Na bacia ocorrem as seguintes classes de solos: LVd - LATOSSOLO VERMELHO Distrófico, LVe - LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico, NVd - NITOSSOLO VERMELHO Distrófico, NVe - NITOSSOLO VERMELHO Eutrófico, MXf - CHERNOSSOLO HÁPLICO Férrico e RLe - NEOSSOLO LÍTÓLICO Eutrófico

O clima predominante na bacia é o Cfa - Clima mesotérmico superúmido, com média do mês mais quente superior a 22°C e do mês mais frio inferior a 18°C, sem estação seca, com verão quente e geadas menos frequentes. Distribui-se pelas terras mais baixas do Sudoeste, em altitude geralmente inferior a 850 e 900m (IAPAR, 1994).

Pode-se dizer, que a bacia do rio Anta Gorda apresenta uma característica de relevo de suave ondulado a ondulado. A forma de vertente predominante na bacia é a côncavo-convexa, se apresentando de forma medianamente alongadas.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Neste trabalho, quantificou-se apenas a erosão laminar, usando a Equação Universal de Perdas de Solo - EUPS, através da sistematização completa de cálculos no software Spring. Cada fator da EUPS teve um tratamento específico e o desenvolvimento de programa legal (linguagem de programação espacial para geoprocessamento algébrico), que possibilitasse a sua quantificação.

Em meados do século XX, pesquisadores americanos conseguiram aprimorar equações para cálculo de perdas de solos que são usadas atualmente. O método mais usado, a EUPS, foi

proposta por WISCHMEIER & SMITH (1965)<sup>5</sup>, apud BERTONI & LOMBARDI NETO (1990).

A equação é assim expressa:  $A = R.K.LS.C.P$  (1)

Onde: **A**= perda média anual de solo em tonelada por ha; **R**= erosividade das chuvas; **K**= erodibilidade do solo; **LS**= fator declividade e comprimento de rampa; **C**= forma de uso e manejo; **P**= práticas conservacionistas usadas.

Os fatores **RKLS** dependem das características naturais, enquanto que o **C** e o **P** estão relacionados com as formas de ocupação e uso da terra. Portanto, as mudanças na forma de atuação dos primeiros dependem de alterações ambientais como mudanças climáticas ou erosões importantes que possam alterar a topografia, por exemplo; porém o CP pode ser alterado por ações de uso dos solos e de conservação (SÃO PAULO, 1989).

**Metodologia Usada para Determinar o Fator R - Erosividade da chuva** - Para quantificar esse fator, inicialmente as isolinhas de precipitação média anual foram extraídas do Atlas de Recursos Hídricos do Estado do Paraná, E:1:2.000.000, elaborado pela SUDERHSA (1998). Paralelamente as isoietas de todo o Sudoeste do Paraná foram vetorizadas em ambiente AutoCAD, devidamente cotadas e salvas como DXF AutoCAD12. No ambiente SPRING, em banco de dados do Sudoeste do PR, foi criada uma categoria MNT e importaram-se os dados vetoriais (isoietas) como amostras. A partir desses dados, foi gerada uma grade triangular (TIN). Essa grade triangular consiste em uma estrutura poliédrica cujos elementos básicos são triângulos. Os vértices dos triângulos pertencem ao conjunto de amostras do modelo (INPE, 2000 a).

A partir da grade triangular, construiu-se a grade retangular com uma resolução de X(10m) e Y(10m). Esse procedimento criou um PI (grade), com a precipitação média anual em mm, numa resolução de X(10m) e Y(10m), para todo o Sudoeste do Paraná. A grade retangular da precipitação média anual do Sudoeste do PR foi incorporada ao banco de dados da bacia, na respectiva categoria MNT e PI. Obtida a precipitação média da bacia, para intervalos de X(10m) e Y(10m), foi desenvolvido exclusivamente para esse trabalho o PROGRAMA 1 (FIGURA 2) em linguagem LEGAL (Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico), que calculasse o fator R da EUPS.

Essa grade regular retangular é uma estrutura matricial, que contém pontos 3D regularmente espaçados no plano X e Y. Os atributos importantes dessa grade regular são: número de linhas e colunas; resolução horizontal e vertical e retângulo envolvente (INPE 2000 b).

---

<sup>5</sup> WISCHMEIER, W. H. & MANNERING, J. V. **Relation of soil properties to its erodibility**. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., Madison, Wisc., 33:131-137

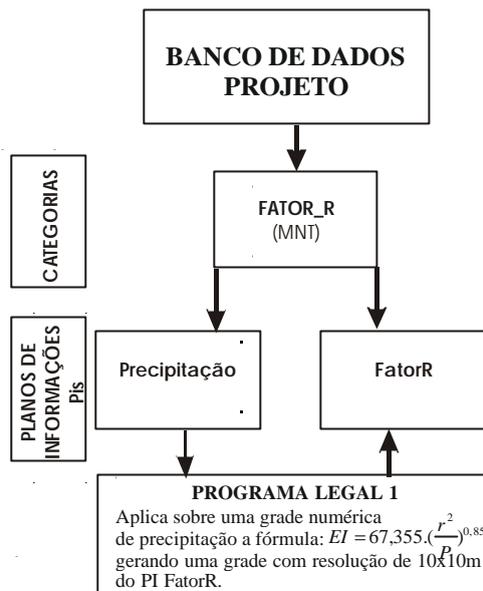


FIGURA 2 - FLUXOGRAMA COM A ESTRUTURA DO PROGRAMA LEGAL 1, QUE CALCULA O FATOR R

A rotina de cálculos sistematizada no programa foi fundamentada nas EQUAÇÕES 2 e 3, extraídas de BERTONI & LOMBARDI NETO (1990).

$$EI = 67,355 \cdot \left(\frac{r^2}{P}\right)^{0,85} \quad (2)$$

Onde - EI é a média mensal do índice de erosão, MJ/ha mm; r é a precipitação média mensal em milímetro; P é a precipitação média anual mm/ano.

Os cálculos resultam em um EI - em MJ/ha - mm/mês.

$$R = EI \cdot 12 \text{ meses}; \quad (3)$$

R = Erosividade da chuva em MJ/ha - mm/ano.

**Metodologia Usada para Determinar o Fator K - erodibilidade do solo** – Primeiro foi efetuada a caracterização do solo, com base nos trabalhos de LEMOS & SANTOS (1984), VIEIRA & VIEIRA (1983) e EMBRAPA (1999). Inicialmente efetuou-se um reconhecimento prévio de campo e, com auxílio do mapa de Levantamento e Reconhecimento dos Solos do Estado do Paraná, E:1:600.000 de autoria de LARACH et al (1984 b), identificou-se, pela classificação antiga da EMBRAPA, as grandes associações de solos reinantes na bacia. Na seqüência, escanizou-se o mapa já citado e incorporou-se o arquivo raster no banco de dados do SPRING convertendo, primeiramente, o arquivo para \*.GRIB no software Impima e, em seguida, registrando definitivamente nos respectivos bancos de dados. Feito isso em categoria temática, criou-se um PI específico e digitalizou-se as associações de solos na forma de polígonos. Nas categorias temáticas, criou-se classes que representavam os solos e associou-se os polígonos à respectiva classe a que pertenciam.

Para atualizar a classificação pedológica anterior para o novo sistema da EMBRAPA (1999), em tipos específicos de solos, foi desenvolvido o PROGRAMA 2 (FIGURA 3), no ambiente SPRING em Linguagem Legal, que fosse capaz de associar ao sistema anterior de classificação de solos, com a declividade e converter essas informações na nova classificação da EMBRAPA (1999).

Antes da elaboração do programa, foram efetuadas várias incursões nas bacias, coletando amostras de solos para análises físico-químicas e observando o comportamento das topos-seqüências, procedimento fundamental para definir os critérios de classificação do programa. As amostras de solos foram coletadas em pontos representativos para cada tipo de solo e restringiram-se à parte do horizonte A até 30cm de profundidade. A análise físico-

química foi realizada pelo Laboratório de Solos do CEFET/IAPAR, Unidade de Pato Branco do CEFET-PR.

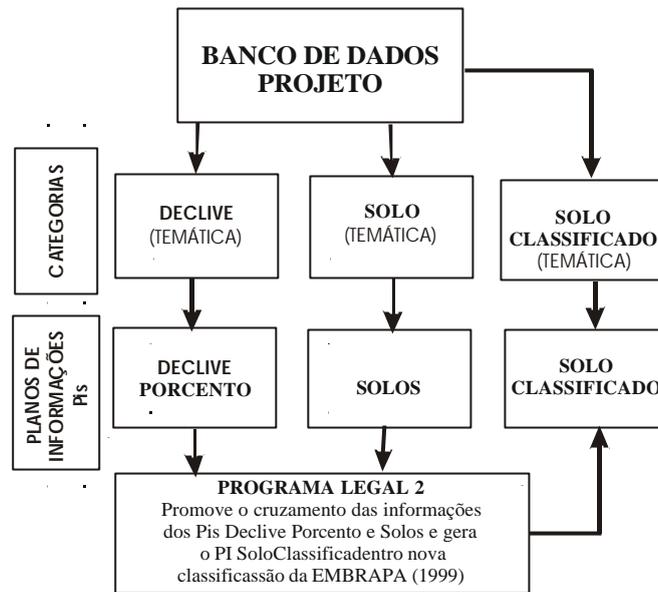
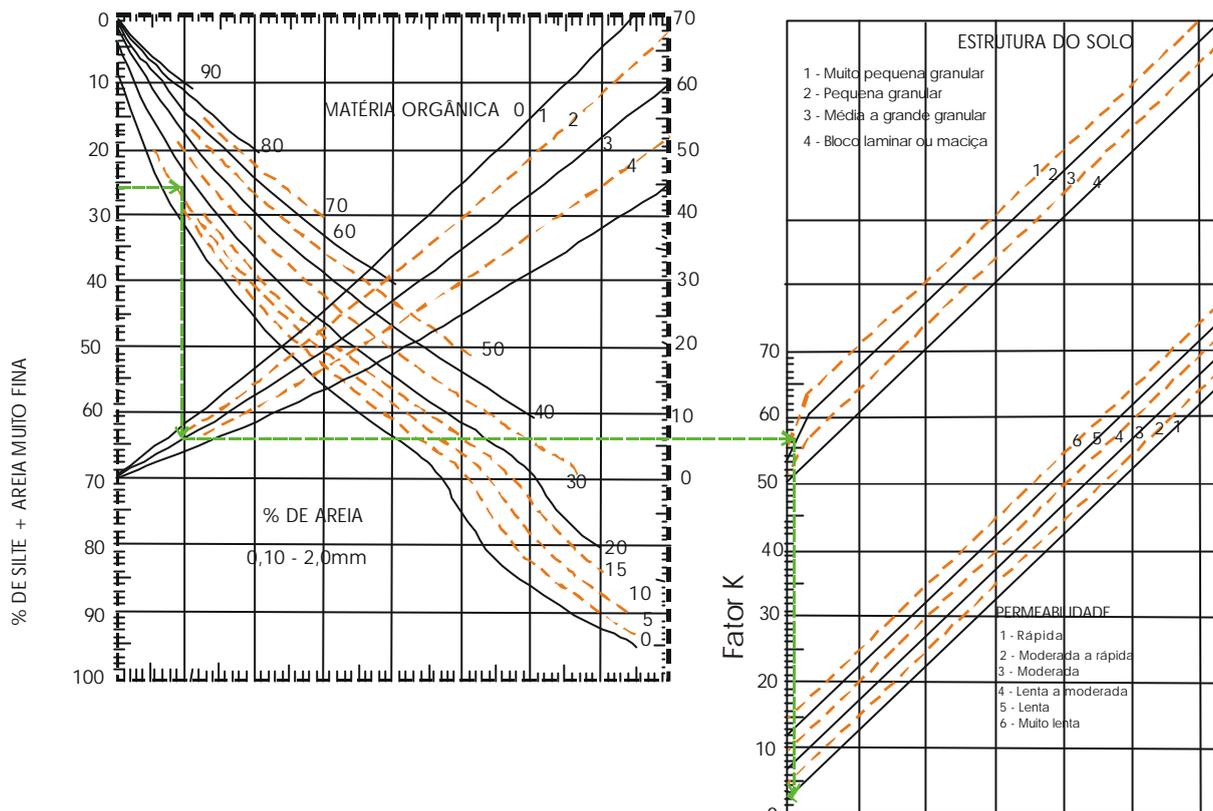


FIGURA 3 - FLUXOGRAMA COM A ESTRUTURA DO PROGRAMA LEGAL 2, QUE EFETUA A CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS

De posse do resultado das análises físicas dos solos de cada bacia e com os dados relativos à classificação de solos pela nova sistemática adotada pela EMBRAPA (1999), já devidamente incorporada ao banco de dados da bacia, em categoria temática, previamente se identificou o Fator K de cada solo, pelo nomograma de WISCHMEIER e SMITH (1965)<sup>6</sup> apud RESENDE e ALMEIDA (1985). Esse método usa teores de silte mais areia fina (0,002 a 0,1 mm), percentagem de areia (0,1 a 2,0 mm), matéria orgânica, estrutura e permeabilidade. Introduzidos os dados físicos dos solos da TABELA 1, no ábaco (FIGURA 4), foi possível identificar o fator K dos solos da bacia, conforme consta nas TABELAs 1 e 2.

<sup>6</sup> WISCHMEIER, W. H. & SMITH, D.D. **Predicting rainfall erosion losses**. Washington, 1965. (Agriculture handbook, 537).



A linha verde é um exemplo de leitura do K do solo LVd da bacia do rio Anta Gorda. Procedimento: entra-se no ábaco com os 26 % de silte + areia fina, traça-se um segmento de reta até 14 % de areia, novo seguimento de reta até 2,14 % de MO, interpola-se com o segundo gráfico, até a estrutura do horizonte A, que para o caso é muito pequena granular, vai até a permeabilidade, que para o caso é rápida, e liga na coluna do gráfico obtendo o fator K de 0,03. Fonte: adaptado de RESENDE & ALMEIDA (1985)

FIGURA 4 - NOMOGRAMA PARA ESTIMAR A ERODIBILIDADE - K

Conhecido o fator K de cada tipo de solo, desenvolveu-se um PROGRAMA em LEGAL 3 (FIGURA 5) para atribuir os respectivos valores em todos os pontos da bacia, gerando um PI na forma de grade com resolução X(10m) e Y(10m).

Para confirmação dos dados do fator K, foi efetuada também a determinação através de cálculos. A fórmula utilizada é a citada por LARIOS (2003), assim constituída:

$$K = (0,0061 * P) + (0,0083 * MO) - (0,0012 * OAL) - (0,0004 * AR) \quad (4)$$

Onde: K é expresso em t ha h/ha MJ mm; P é a permeabilidade do solo em cm/h; MO é o teor de matéria orgânica em %; OAL é o teor de óxido de alumínio em %, extraído por ácido sulfúrico; AR é o teor de partículas em %, entre 2 e 0,5mm. Os dados de K calculados estão na TABELA 2.

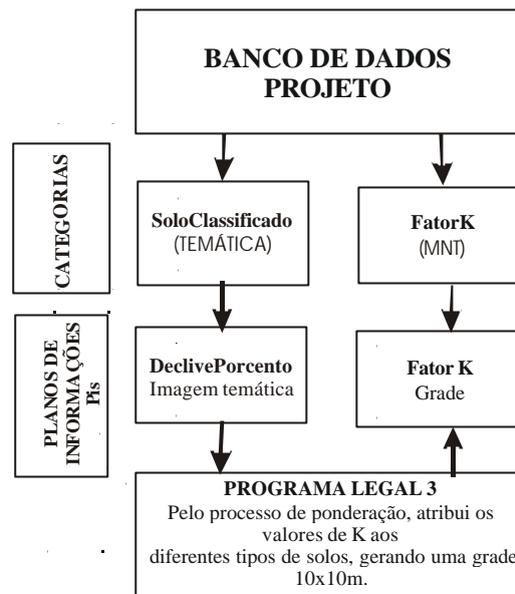


FIGURA 5 - FLUXOGRAMA COM A ESTRUTURA DO PROGRAMA LEGAL 3, QUE ATRIBUI OS VALORES DE K AOS SOLOS

**Metodologia Usada para Determinar do Fator Declividade e Comprimento de Rampa – LS** – Para cálculos do LS utilizaram-se a equação citada por BERTONI & LOMBARDI NETO (1990).

$$LS = 0,00984.L^{0,63}.S^{1,18} \quad (5)$$

L - Comprimento de rampa em m; S - declive em %.

Para determinação do LS, primeiro procedeu-se à identificação individual do L (comprimento de rampa) e do S (declividade %). Para determinação do L, criou-se uma categoria MNT, que recebesse as informações. Criou-se um PI dentro dessa categoria e pela ferramenta Editar, comando Vetorial do SPRING, no qual foram traçados manualmente todos os divisores de água principais e secundários do retângulo do projeto (bacia e em torno).

O valor de Z = 0m, previamente cotado, deu aos divisores principais e secundários o comprimento de rampa 0m, pois o caminho percorrido pelas águas inicia-se no divisor de água e vai até o rio. Pelo comando mosaico, copiaram-se os rios para dentro do plano de informação e foi atribuída a esses vetores a função de linhas de quebras.

Utilizando a ferramenta MNT, comando mapa de distância, criou-se o PI na forma de grade retangular, com resolução em X(10m) e Y(10m). Essa grade de distância teve como ponto de partida os divisores de água (0m) até as linhas de quebras caracterizadas pelas linhas da hidrografia.

Para geração do fator D, a partir das amostras da altimetria, em categoria MNT, através da ferramenta MNT, comando Geração de grade triangular, criou-se à grade triangular (TIN) usando os rios com linha de quebra. A partir dessa grade, e com a mesma ferramenta, usando o comando Geração de grade retangular, gerou-se uma grade altimétrica com resolução X(10m) e Y(10m). A partir dessa grade, ainda usando a ferramenta MNT, comando Declividade, com as opções de entrada grade, saída declividade, unidade porcentagem, gerou-se uma grade de declividade em %, com resolução X(10m) e Y(10m).

As grades retangulares do comprimento de rampa e declividade foram introduzida no PROGRAMA 4 ( FIGURA 6). Esse programa gerou em categoria MNT, na forma de grade retangular, com resolução de X(10m) e Y(10m), um PI para o fator L e outro PI para o fator S e, em seguida, o PI final do fator LS.

Ressalta-se que, na determinação do L, levou-se em conta a encosta natural, sem considerar a quebra da circulação da água por barreiras, como mata ou práticas

conservacionistas mecânicas.

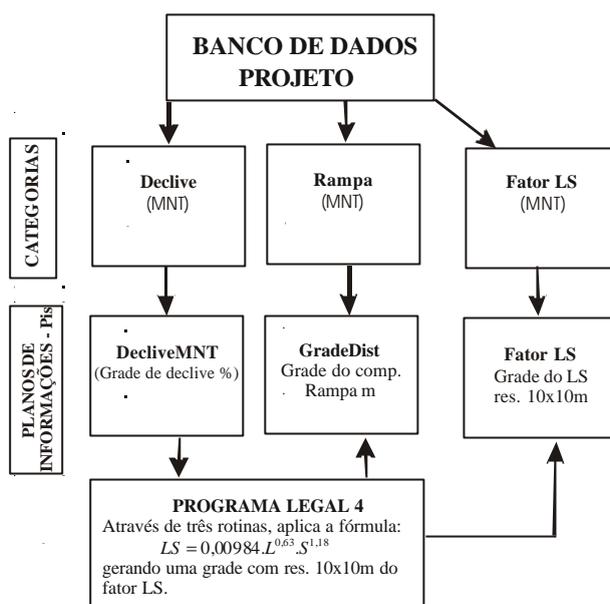


FIGURA 6 - FLUXOGRAMA COM A ESTRUTURA DO PROGRAMA LEGAL 4, DESENVOLVIDO PARA CALCULAR O FATOR LS

**Metodologia Usada para Determinar a Forma de Uso e Manejo e as Práticas Conservacionistas - CP** - O primeiro passo foi incorporar as imagens do Landsat 5 ao banco de dados de cada bacia. Inicialmente, através do software IPIMA, converteu-se as imagens que estavam em formato TIF, sem geo-referenciamento, para o formato do SPRING (GRIB).

As imagens em formato GRIB foram geo-referenciadas utilizando a ferramenta Arquivo do SPRING, comando Registro. Dessa forma transferiram-se para as imagens, via teclado, as coordenadas de pontos conhecidos do banco de dados vetorial.

Em seguida criou-se, no banco de dados das respectivas bacias, uma categoria de imagem que recebesse os arquivos raster devidamente geo-referenciados. Utilizando a ferramenta Arquivo comando Importar arquivos GRIB, importou-se as imagens das bandas 3, 4 e 5 do Landsat 5, sensor TM. No processo de importação, usou-se o interpolador bilinear.

Concluída a importação, ocorreu o completo remapeamento dos pixels, passando de um sistema de linhas e colunas para o novo sistema de coordenadas cartográficas e as imagens encaixaram-se adequadamente nos seus respectivos locais.

Com a ferramenta Imagem, e a combinação das três bandas sendo exibidas na tela, efetuou-se o ajuste de contrastes em cada canal. Através da mesma ferramenta, usando o comando Classificação, criou-se um arquivo de contexto que recebesse as informações para classificação das três bandas. Depois, com a opção Treinamento, adquiriu-se no mínimo 4 amostras representativas para cada forma de uso da bacia.

As formas de uso que foram selecionadas para identificação e delimitação cartográfica foram: vegetação primária (VP), vegetação secundária em estágio avançado (VSEA), vegetação secundária em estágio médio (VSEM), vegetação secundária em estágio inicial (VSEI), lavoura, solo descoberto e pastagem. Criou-se uma imagem classificada e, utilizando o classificador Maxver, nível de aceitação 100%, efetuou-se uma análise das amostras. Foram aceitas aquelas cujo desempenho médio foi igual ou superior a 70%.

Dentro dessa média, efetuou-se a classificação inicial e, em seguida, após essa classificação, usando peso 3 (o peso varia de 1 a 7) e limiar de aceitação 5 (o limiar varia de 1 a 7), realizou-se a classificação definitiva da imagem.

Com a opção Mapeamento, associou-se o tema da imagem classificada com as classes de uma categoria temática e as informações das formas de uso passaram a integrar, também,

um novo PI na forma de polígonos classificados e imagem temática.

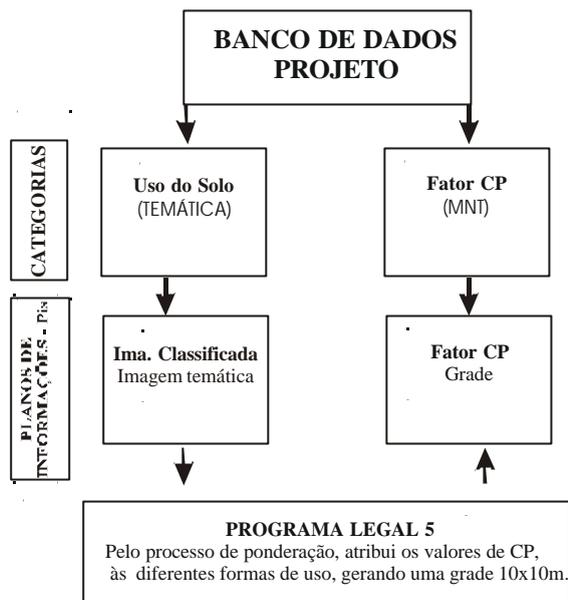


FIGURA 7 - FLUXOGRAMA COM A ESTRUTURA DO PROGRAMA LEGAL 5, DESENVOLVIDO PARA ATRIBUIR O VALOR DE CP ÀS DIFERENTES FORMAS DE USO

Na forma temática, foi possível quantificar a área e o perímetro ocupado por cada forma de uso e atribuir às mesmas, através de PROGRAMA 5, cuja estrutura consta na FIGURA 7, os pesos obtidos em bibliografias do fator CP, conforme TABELA 5.

Inicialmente o programa recuperou as informações temáticas das formas de uso, ponderou pesos e criou uma grade com resolução de X(10m) e Y(10m), individualizada para C e para P. Em seguida, multiplicando as grades, gerou o PI final do CP em uma grade de resolução X(10m) e Y(10m), que foi usado para cálculo da erosão laminar.

**Metodologia Usada para Determinar a Perda Média Anual de Solo em Tonelada por ha - Fator A** - Criados os Pis na forma de grade para cada fator, finalmente foi possível, pela EUPS ( $A=R.K.LS.CP$ ), através do PROGRAMA 6 (FIGURA 8), quantificar as perdas de solo por erosão laminar, em toneladas por ha/ano. Finalizando, criou-se, em categoria numérica, um PI, na forma de grade, que contém as perdas de solo para a situação atual em ton/ha/a, em uma resolução de X(10m) e Y(10m).

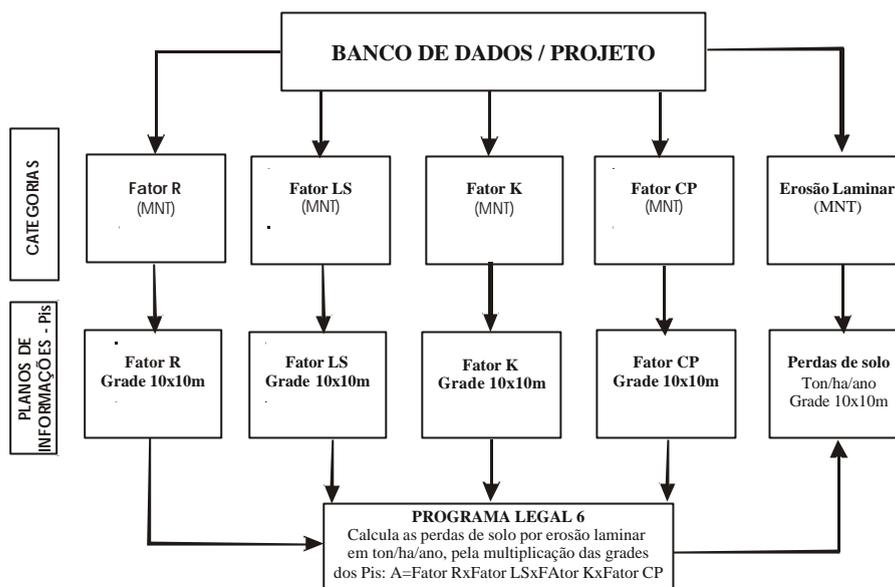


FIGURA 8 - FLUXOGRAMA COM A ESTRUTURA DO PROGRAMA LEGAL 6, DESENVOLVIDO PARA CALCULAR AS PERDAS DE SOLO POR EROSIÃO LAMINAR

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### Fator erosividade das chuvas – R

Segundo BERTONI & LOMBARDI NETO (1990), quando outros fatores, exceto a chuva, são mantidos constantes, as perdas de solos ocasionadas pelas chuvas em solos cultivados são proporcionais ao valor do produto de sua energia cinética e intensidade máxima em 30 minutos. Esse efeito representa a interação que mede como a erosão por impacto, o salpico e a turbulência se combinam com a enxurrada para transportar as partículas de solo desprendidas (RESENDE & ALMEIDA, 1985).

Para cálculo do Fator R da bacia, utilizou-se os dados de precipitação anual do Atlas da SUDERHSA (1998). Os dados relativos à bacia do Anta Gorda são: precipitação média anual 1900,00 (mm/a); precipitação média mensal 158,33 (mm/mês); e a erosividade média 7242,4 MJ/ha - mm/ano.

BIGARELLA & MAZUCHEWSKI (1985) elaboram mapa de erosividade da chuva para o Estado do Paraná e os valores determinados para o Sudoeste do Paraná ficaram entre 7770 e 8880 MJ/ha - mm/ano, superiores ao que foi encontrado. Os valores não são iguais porque os períodos em que foram consideradas as precipitações são diferentes.

### Fator erodibilidade do solo – K

A erodibilidade varia para cada tipo de solo, pois mesmo que os fatores declividade, precipitação, cobertura vegetal e práticas conservacionistas fossem iguais em solos argilosos e arenosos, os últimos, devido às suas características físicas e químicas, são mais susceptíveis à erosão.

As propriedades do solo que influenciam na erodibilidade são as que afetam a velocidade de infiltração, a permeabilidade, a capacidade de armazenamento de água e oferecem resistência às formas de dispersão, salpico, abrasão, transporte e escoamento pelas chuvas (LARIOS, 2003).

Os solos da bacia, (TABELA 1) por terem textura argilosa, apresentam em geral baixa erodibilidade. Os menos erodíveis são os Latossolos, que são solos maduros e profundos, isto é, mais intemperizados e profundos. À medida que o grau de maturidade e profundidade vai

diminuindo, o grau de erodibilidade vai aumentando. Dessa forma, na seqüência aparecem os Nitossolos, seguidos pelos Chernossolos e, por último, com maior grau de erodibilidade, estão os Neossolos.

Observando a TABELA 2, verifica-se que os dados calculados de K, na grande maioria, apresentam valores próximos aos obtidos através do ábaco (nomograma). Portanto, confirmam a metodologia de utilização do cartograma para determinação do K. Os valores de K utilizados foram os obtidos via ábaco, uma vez que as análises de solos foram realizadas com essa finalidade sendo, portanto, mais confiáveis os resultados obtidos por esse método.

SILVA et al. (1999), propõem modelo para estimativa do Fator K para Latossolos brasileiros. Em seus estudos encontraram os valores de K mínimo de 0,002, médio de 0,011 e máximo de 0,034. Portanto, os dados apresentados neste trabalho (TABELAS 1 e 2) se enquadram na realidade dos solos brasileiros.

TABELA 1 - PARÂMETROS FÍSICOS E FATOR K DOS SOLOS

Solo	MO %	Argila %	Silte mais areia fina (0,002 a 0,1 mm) %	Areia (0,1 a 2,0 mm) %	Estrutura	Permeabilidade	Fator K
LVd	2,14	60	26	14	Muito Peq. Granular	Moderada/Rápida	0,03
NVe	2,3	59	24,5	16,5	Muito Peq. Granular	Rápida/Moderada	0,04
RLe	1,91	32	47	21	Muito Peq. Granular	Rápida	0,11
MXf	2,3	37	41	22	Muito Peq. Granular	Rápida/Moderada	0,06
NVd	2,3	46	33,5	20,5	Muito Peq. Granular	Rápida/Moderada	0,05
LVe	2,14	64	20,5	15,5	Muito Peq. Granular	Moderada/Rápida	0,03

TABELA 2 - COMPARAÇÃO ENTRE O FATOR K OBTIDO POR CÁCULOS E PELO ÁBACO

Solo	Permeabilidade e cm/h	MO %	OAL (%)	Areia (0,5 a 2,0 mm) % (A R)	Fator K (Calculado)	Fator K (ábaco)
LVd	6,4	2,14	2,04	14	0,049	0,03
NVe	9,5	2,3	16,75	16,5	0,050	0,04
RLe	15	1,91	-----	21	-----	0,11
MXf	9,5	2,3	-----	22	-----	0,06
NVd	9,5	2,3	2,59	20,5	0,066	0,05
LVe	6,4	2,14	1,45	15,5	0,049	0,03

Os dados de permeabilidade dos solos que constam na TABELA 2 foram determinados com base em GOMES (1999), sendo a textura dos solos o parâmetro fundamental para a atribuição dos valores.

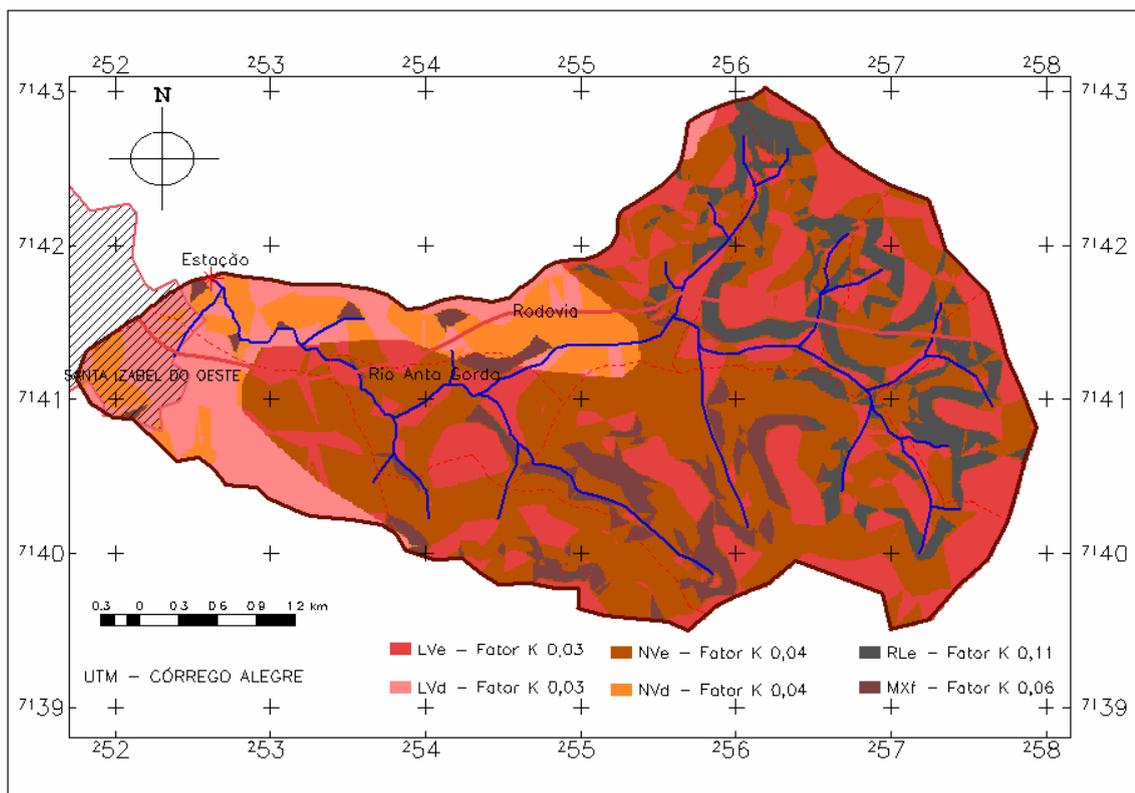


FIGURA 9 - TIPO DE SOLOS E CARACTERIZAÇÃO DA ERODIBILIDADE (FATOR K) DA BACIA DO RIO ANTA GORDA

TABELA 3 - ERODIBILIDADE DOS SOLOS (FATOR K) DA BACIA DO RIO ANTA GORDA

Fator K	Área ha	% da área
0,03	435,58	35,93
0,04	593,80	48,98
0,05	0,00	0,00
0,06	75,22	6,20
0,07		
0,11	107,80	8,89
Total	1212,40	100,00

Vide, na FIGURA 9, a distribuição do fator K na bacia.

### Fator comprimento de rampa e grau de declive – LS

O grau de declive, ou melhor, a inclinação do terreno e o comprimento da encosta é que determinarão a velocidade de escoamento superficial, caracterizando o potencial de carregamento em termos de tamanho e quantidade de material pela erosão.

TABELA 4 - COMPRIMENTO DE RAMPA E GRAU DO DECLIVE (FATOR LS) DA BACIA DO RIO ANTA GORDA

Classes de LS	Área ha	% da área
0 - 1,2	337,29	27,82
1,2 - 1,7	89,68	7,40
1,7 - 3,3	285,04	23,51
3,3 - 5,5	276,26	22,79
5,5 - 7,5	130,23	10,74
7,5 - 20	91,56	7,55
> - 20	2,34	0,19
Total	1212,40	100,00

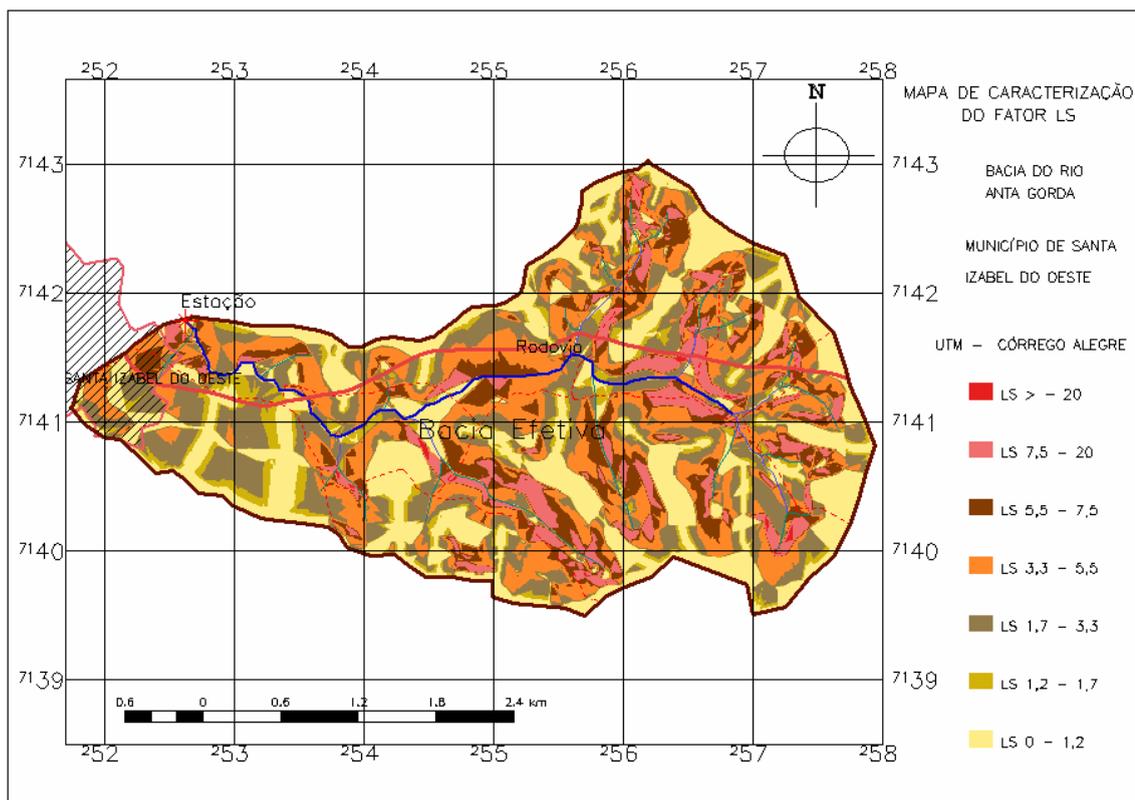


FIGURA 10 - DISTRIBUIÇÃO DO FATOR LS NA BACIA DO RIO ANTA GORDA

A TABELA 4 e a FIGURA 10 evidenciam que, na bacia do rio Anta Gorda, os valores de LS de 0 a 1,2 abrangem maior quantidade de área e em seguida estão as classes de 1,7 a 3,3 e 3,3 a 5,5. Portanto, a bacia não tem um relevo acentuado e o fator LS exerce influência importante no processo erosivo, mas não é o principal agente causador da erosão na bacia.

#### **Fator uso – manejo - C e Fator práticas conservacionistas – P**

A cobertura vegetal é um escudo natural que protege o solo. As perdas de solo são reguladas de acordo com a capacidade de proteção que cada cultura oferece.

Identificadas as características de cada forma de uso que ocorria na área em cada período observado, que para as lavouras foi o sistema de cultivo e as culturas utilizadas, a partir de adaptação, com auxílio de bibliografias, determinaram-se os valores de C, conforme especificado na TABELA 5.

As práticas conservacionistas são técnicas adotadas, que visam ao controle da erosão. Os índices adaptados para a área foram: lavouras mecanizadas e lavouras de tração animal e manuais com técnicas de pousio, 0,5; para as demais formas de uso (pastagens, matas, capoeirões e vegetação secundária em estágio inicial), 1,0.

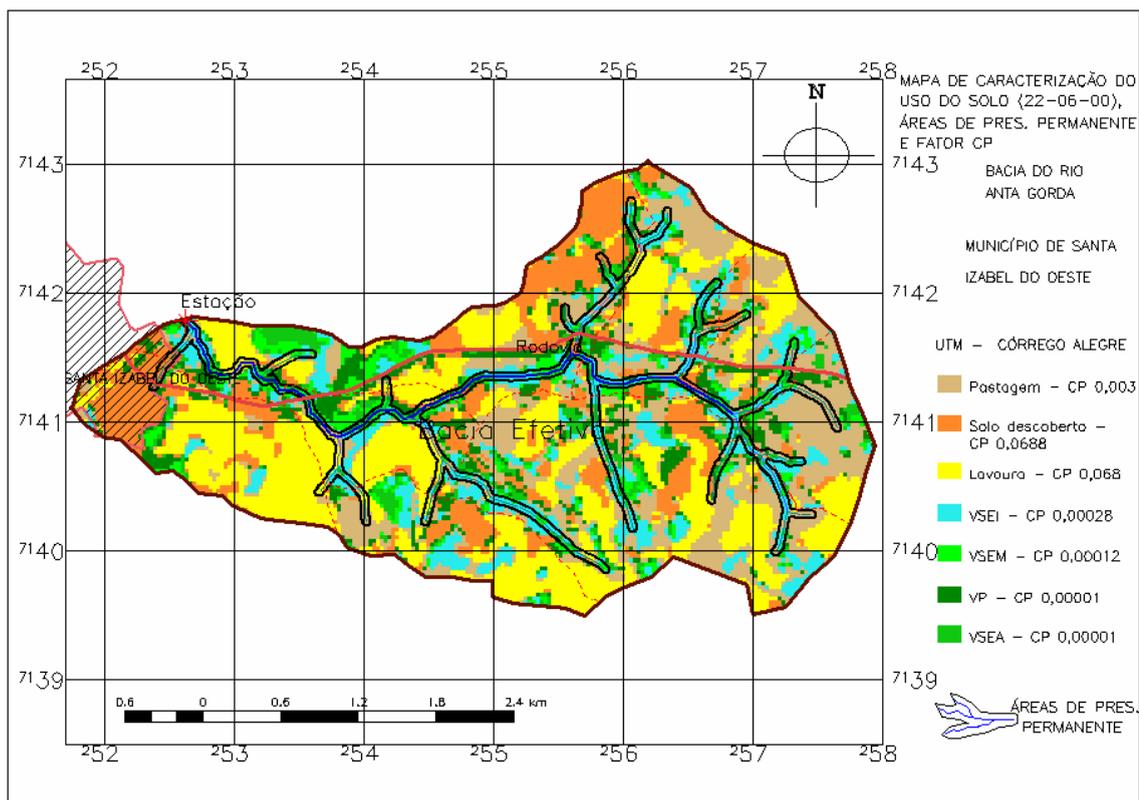


FIGURA 11 – USO DO SOLO E FATOR CP NA BACIA DO RIO ANTA GORDA

Observando a FIGURA 11 e a TABELA 6, pode-se concluir que o fator CP tem o seguinte comportamento - As formas de uso com cobertura arbórea (mata primária e vegetação secundária em estágio avançado e médio), cujos CPs estão entre 0,00001 e 0,00012, oferecendo ótima proteção ao solo, abrangem 20,08% da bacia. As áreas com vegetação secundária em estágio inicial e pastagens que têm um CP intermediário de 0,00028 e 0,003, oferecendo proteção mediana aos solos, abrangem 35,24% da bacia. As áreas ocupadas com lavouras e solo descoberto (lavouras em pousio de inverno), cujo CP é 0,0688 e que, portanto, protegem pouco o solo, abrangem 44,50% da bacia.

TABELA 5 - CAPACIDADE DE USO E PRÁTICAS CONSERVACIONISTAS

Fator C - Uso		Fator P - Práticas conservacionistas							
Uso	C	(h)	(g)	(f)	(e)	(d)	(c)	(b)	(a)
		1	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,04	0,01
VP	0,001	---	---	---	---	---	---	---	10 <sup>-5</sup>
VSEA	0,001	---	---	---	---	---	---	---	10 <sup>-5</sup>
VSEM	0,003	---	---	---	---	---	---	10 <sup>-3,92</sup>	---
RF	0,003	---	---	---	---	---	---	10 <sup>-3,92</sup>	---
VSEI	0,003	---	---	---	---	---	---	10 <sup>-3,69</sup>	---
EM	0,01	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-2,3</sup>	10 <sup>-2,39</sup>	10 <sup>-2,52</sup>	10 <sup>-2,69</sup>	10 <sup>-3</sup>	---	---
P	0,01	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-2,3</sup>	---	10 <sup>-2,52</sup>	10 <sup>-2,69</sup>	10 <sup>-3</sup>	---	---
L	0,1376	10 <sup>-0,861</sup>	10 <sup>-1,162</sup>	10 <sup>-1,259</sup>	10 <sup>-1,385</sup>	10 <sup>-1,56</sup>	10 <sup>-1,861</sup>	---	---
F	0,01	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-2,3</sup>	10 <sup>-2,39</sup>	10 <sup>-2,52</sup>	10 <sup>-2,69</sup>	10 <sup>-3</sup>	---	---
CP=CxP		CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP

Legenda do Fator – C: Vegetação primária - VP; Vegetação secundária em estágio avançado - VSEA; Vegetação secundária em estágio médio - VSEM; Reflorestamento - RF; Vegetação secundária em estágio inicial - VSEI; Erva-mate - EM; Pastagem - P; Lavouras - L; Fruticultura - F

Legenda do Fator – P: (a) - Cobertura florestal de médio a grande porte com sub-bosque e serapilheira, (b) - cobertura vegetal natural de porte médio a baixo e reflorestamento, ambos com serapilheira; (c) - Muros de pedra desnivelados 80 cm, aradura e cultivo a enxada em contorno, adubação equilibrada; (d) - Faixas antierosão (2-

4m largura); (e) - Cordões de vegetação permanente; (f) - Alternância de capina + plantio em contorno; (g) - plantio em contorno, protegido por terraceamento; (h) - Plantio morro a baixo.  
Adaptado de BERTONI & LOMBARDI NETO (1990) e RESENDE e ALMEIDA (1985).

TABELA 6 - FATOR USO E MANEJO E PRÁTICAS CONSERVACIONISTAS (FATOR CP) DA BACIA DO RIO ANTA GORDA

FATOR CP	Área ha	% da área
0 - 0,00012	243,45	20,08
0,00012 - 0,00028	150,35	12,40
0,00028 - 0,003	279,01	23,01
0,003 - 0,06865	539,59	44,51
Total	1212,40	100,00

### Perdas de solo – A

Identificados e calculados todos os fatores da área, é possível quantificar o Fator A - perdas de solo por erosão laminar em toneladas por hectare por ano, aplicando a EUPS  $A=(R.K.LS.CP)$ . Na TABELA 7 estão delineadas as áreas abrangidas em cada classe de perdas de solos e na FIGURA 12, está a espacialização dessas perdas.

Confrontando os dados da TABELA 7, com aqueles obtidos por BISCAIA & OSAKI (1994)<sup>7</sup> apud JICA (1995), verifica-se que esses autores, ao estudarem as perdas de solos no Estado do Paraná, encontram valores superiores a 80 t/ha/ano em solo descoberto e para culturas anuais os valores ficaram entre 5 e 70 t/ha/ano. Esses dados demonstram que as perdas de solos que foram encontradas na bacias do rio Anta Gorda, sob diferentes formas de cultivo e tipos de solos, estão dentro da realidade de outros estudos já desenvolvidos nessa unidade da federação.

TABELA 7 - DISTRIBUIÇÃO DAS PERDAS DE SOLO POR EROSIÃO LAMINAR NA BACIA DO RIO ANTA GORDA

Perdas de solo ton/ha/a	Área ha	% da área
0 - 2,5	599,62	49,46
2,5 – 5	110,04	9,08
5 – 10	51,46	4,24
10 – 15	33,72	2,78
15 – 20	32,38	2,67
20 – 50	147,46	12,16
50 – 100	141,49	11,67
> - 100	96,23	7,94
Total	1212,40	100,00

<sup>7</sup> BISCAIA, R. C. M. & OSAKI, F. Estimation of culture management factor for agriculture of Paraná state based on data from research reports of IAPAR. Curitiba, 1994.

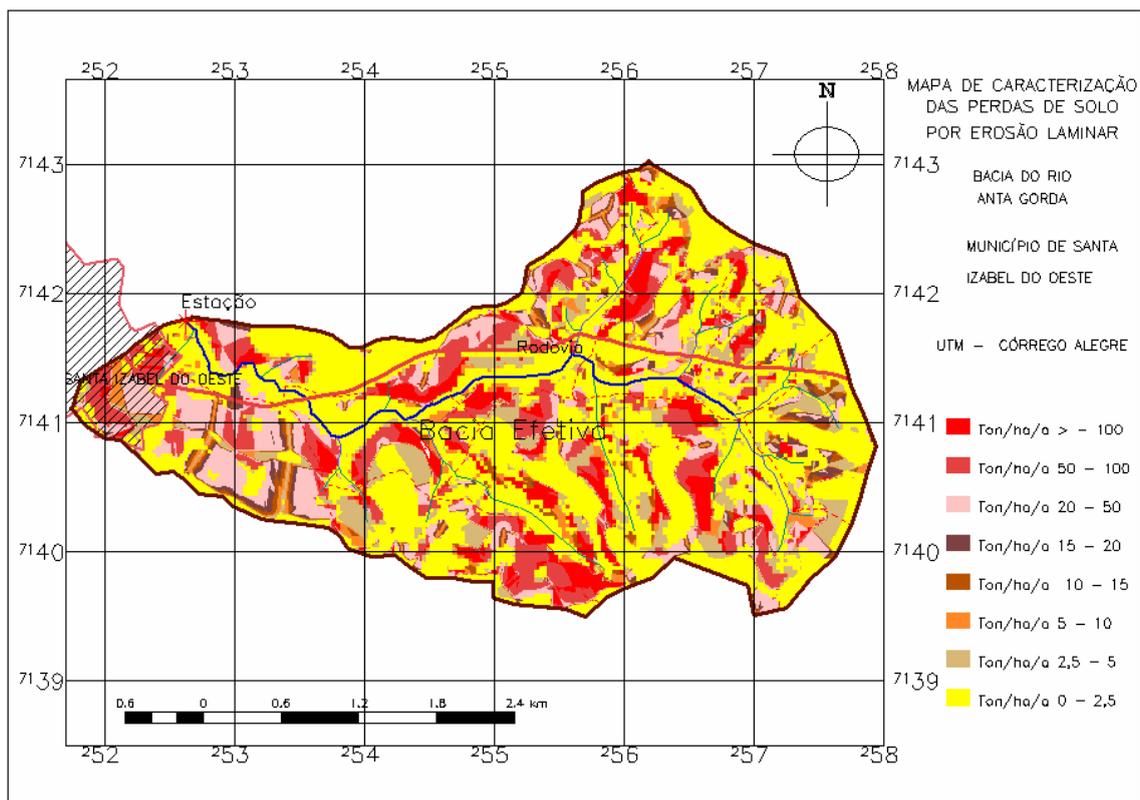


FIGURA 12 - MAPA DE DISTRIBUIÇÃO DAS PERDAS DE SOLO POR EROSIÃO LAMINAR NA BACIA DO RIO ANTA GORDA

### Considerações gerais

Em relação a erosividade das chuvas (Fator R), os resultados demonstram que na bacia do rio Anta Gorda esse fator atinge o valor de 7.242,40MJ/mm/ha/ano. Esse resultado, se comparado com as médias do Estado do Paraná, é um índice de erosividade elevado. Vide TABELA 8.

Os dados de erodibilidade (Fator K) demonstram que os solos da bacia, por serem argilosos, são pouco erodíveis. Os valores de K ficaram em torno de 0,03 a 0,11. Os solos menos erodíveis, com valor de K entre 0,03 e 0,05, aparecem em maior proporção, abrangendo 95,55% da área. Os valores de K mais elevados, entre 0,06 e 0,11, abrangem menor parte da bacia. No âmbito geral, os solos da bacia são pouco erodíveis e com certeza não é esse o fator determinante do processo erosivo. Vide TABELAS 1 a 3 e 8 e FIGURA 9.

O fator LS, que indica a contribuição do relevo (declividade e comprimento de rampa) nas perdas de solo por erosão laminar, tem participação significativa no processo erosivo da bacia. O comprimento de rampa e declive médio da bacia são respectivamente 147,65m e 9,12%, e o LS médio é 3,26. A bacia do rio Anta Gorda possui 41,27% da área com fator LS acima de 3,3. Vide os dados do LS nas TABELAS 4 e 8 e na FIGURA 10.

Na bacia predominam formas de uso que protegem pouco o solo, como lavouras e pastagens, cujos valores do Fator CP (uso – manejo e as práticas conservacionistas) são respectivamente 0,068 e 0,003. Essa classe de CP, que expõem mais o solo à erosão, abrange 43,04% da área da bacia. Vide TABELAS 5, 6 e 8 e FIGURA 12.

Portanto, a combinação dos fatores R, LS e CP é que determina o ritmo do processo erosivo, sendo que os fatores R e CP são os mais expressivos e o fator LS exerce a menor influência entre essas três determinantes da erosão laminar.

Em relação especificamente às perdas de solo por erosão laminar, cuja média é de 32,53 t/ha/ano, deve-se observar que, na quantificação do processo erosivo, considerou-se o LS natural; portanto, o comprimento de rampa (linha em desnível do divisor de água até o rio)

foi considerado na sua totalidade, mas sabe-se que é fragmentado pela presença de florestas ou por práticas conservacionistas que alteram a dinâmica da água. Esse fato superestima o LS e, conseqüentemente, as perdas de solos.

TABELA 8 – SÍNTESE DOS FATORES DA EUPS E DO MPT HIDROTRANSPORTADO

Comprimento de Rampa (m)		Declive %	
Mínimo	0,00	Mínimo	0,00
Máximo	593,04	Máximo	62,05
Média	147,65	Média	9,12
Desvio Padrão	102,39	Desvio Padrão	6,56
Coefficiente de Variação	69,34	Coefficiente de Variação	71,91
Mediana	134,92	Mediana	8,87
Fator LS		Fator K	
Mínimo	0,00	Mínimo	0,03
Máximo	40,14	Máximo	0,11
Média	3,26	Média	0,04
Desvio Padrão	3,00	Desvio Padrão	0,02
Coefficiente de Variação	92,07	Coefficiente de Variação	50,01
Mediana	2,66	Mediana	0,04
Fator - R		Fator - CP	
Mínimo	7242,42	Mínimo	0,00001
Máximo	7242,42	Máximo	0,06865
Média	7242,42	Média	0,03129
Desvio Padrão	0,00	Desvio Padrão	0,03348
Coefficiente de Variação	0,00	Coefficiente de Variação	106,99260
Mediana	7242,42	Mediana	0,00300
Perdas de solo em ton/ha/a			
Mínimo	0,00	Desvio Padrão	76,17
Máximo	1510,79	Coefficiente de Variação	234,11
Média	32,53	Mediana	3,09

TABELA 9 – TABULAÇÃO CRUZADA DE IMAGENS TEMÁTICA DE TIPOS DE SOLOS E PERDAS NATURAIS NA BACIA DO RIO ANTA GORDA

Tipo de solo	Intervalos de perdas em ton/ha/ano								Total em ha
	0 - 2,5	2,5 - 5	5 - 10	10 - 15	15 - 20	20 - 50	50 - 100	> - 100	
	Área em ha com essa média de perdas								
LVd	61,60	6,17	8,35	4,32	5,59	36,24	10,52	0,07	132,86
NVd	37,11	7,04	2,85	0,07	0,07	8,15	22,65	7,41	85,35
NVe	205,44	62,76	21,05	9,01	9,23	65,25	98,40	36,35	507,49
MXf	28,64	1,51	5,85	5,66	0,06	2,39	4,49	25,99	74,59
RLe	37,60	6,19	5,23	8,47	9,74	13,12	1,99	25,24	107,59
LVe	231,54	26,40	8,28	5,73	6,65	22,24	3,63	0,05	304,53
Total	601,93	110,07	51,61	33,26	31,34	147,40	141,68	95,11	1.212,40

Analisando as TABELA 9, que traz um cruzamento entre os tipos de solos e as perdas por erosão laminar em ton/ha/a, vê-se que as perdas de solos são inversamente proporcionais às perdas toleradas para cada tipo de solo. Os solos mais profundos e que suportam maiores remoções por erosão laminar como o LVd, o LVe o NVd, e o NVe, (perdas toleráveis de 17,5 a 14,5 t/ha/ano), as perdas de solos superiores a 20ton/ha/a, que extrapolam o máximo

suportado por esses solos, abrangem respectivamente 35,25%, 44,77%, 39,41% e 8,51% das áreas ocupadas pelos mesmos. Os solos mais erodíveis, como o MXf e o RLe (perdas toleráveis de 8,7 a 6,1 t/ha/ano), que suportam menores remoções, as áreas enquadradas em perdas acima de 10 ton/ha/a, que já extrapolam o tolerado por esses solos, são respectivamente 51,74% e 54,43% das áreas que ocupam.

Todos os dados da tabulação cruzada da TABELA 9 e os dados estatísticos da TABELA 8 comprovam distorções no uso e na conservação dos solos. Fica evidenciado, portanto, que o controle dos processos morfogenéticos aqui expressos a partir da componente erosiva, na bacia, só será possível se for efetuada uma readequação das formas de uso, dentro das potencialidades naturais de cada tipo de solo.

## CONCLUSÕES

O uso do sistema de informações geográficas SPRING na avaliação e no monitoramento ambiental em bacias hidrográficas, mostrou-se uma ferramenta de grande eficiência no que concerne à caracterização das áreas em seus aspectos físicos e na quantificação da erosão laminar. Pela sistemática da Equação Universal de Perdas de Solos – EUPS, no ambiente SPRING, foi possível primeiramente quantificar isoladamente seus fatores e seqüencialmente, calcular as perdas de solo por erosão laminar.

Feitas incursões de campo e analisando os mapas de classificação e erodibilidade do solo (FIGURA 9), mapa do fator LS (FIGURA 10), mapa do fator CP (FIGURA 11) e mapa das perdas de solo (FIGURA 12), com a realidade local, verificou-se que os dados obtidos correspondem, aos aspectos físicos das diferentes partes da bacia e que para a área de estudos a combinação dos fatores R, LS e CP é que determinam o ritmo do processo erosivo.

Os dados expostos evidenciam, que para o controle do processo erosivo laminar é necessário a readequação do uso da terra, através de uma sistematização dentro de suas potencialidades naturais. Esse procedimento pode ser realizado de duas formas básicas: a primeira delas é pela readequação do uso, adotando-se coberturas que sejam capazes de proteger adequadamente o solo; e a outra é a adoção de práticas conservacionistas mecânicas, que fragmentem o comprimento de rampa e diminuam, assim, o espaço de circulação superficial da água.

Assim, esse trabalho traz uma contribuição na determinação das perdas de solo por erosão laminar, através de uma metodologia sistematizada em SIG, que pode ser utilizada em todo o Sudoeste do Paraná e, com algumas adaptações, para o restante do Estado do Paraná e outras regiões do Brasil.

## REFERÊNCIAS

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. São Paulo -SP: Icone, 1990.

BIGARELLA, J. J.; MAZUCHEWSKI, J. Z. **Visão Integrada da problemática da Erosão**. Maringá-PR: Associação de Defesa e Educação Ambiental-ADEA e Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1985.

CARVALHO, N. de O. **Hidrossedimentologia Prática**. Rio de Janeiro: CPRM-Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, 1994.

EMBRAPA. CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOLOS. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 1999.

GOMES, H. P. **Engenharia de Irrigação**. 3 ed. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba, 1999.

IAPAR - INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Cartas Climáticas Básicas do Estado do Paraná**. Londrina – PR, 1994.

INPE. **Apostila: Análise Espacial de Dados Geográficos**. São José dos Campos – SP: 2000 a.

INPE. **Apostila: Banco de Dados Geográficos**. São José dos Campos – SP: 2000 b.

ITCF - INSTITUTO DE TERRAS, CARTOGRAFIA E FLORESTAS. **ATLAS DO ESTADO DO PARANÁ**. Curitiba: ITCF/DIOE, 1987.

JICA - JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY. **The master plan study on the utilization of water resources in Paraná state the Federative Republic of Brazil**. Tokio: JICA. V. J.: Soil and erosion Forest. 1995. Relatório Técnico.

LARACH; J. O. I. et al, **Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado do Paraná, Tomos I e II**. Londrina: EMBRAPA : IAPAR, 1984 a.

LARACH; J. O. I. et al, **Mapa de Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado do Paraná**. Londrina: EMBRAPA : IAPAR, 1984 b. E:1:600.000.

LARIOS, M. B. **Resumo Histórico de Modelagem da Erosão**. Disponível em <http://www.drenagem.uf.br/06erosão-08-modelagemRest.htm>. Acesso em 04/09/2003.

LEMOS, R. C.; SANTOS, R. D. Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo. Campinas SP, **SBCS-Sociedade Brasileira de Ciência do Solo e SNLCS-Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos**, 1984.

LOPES, V. L. **Um Estudo da Erosão e Produção de Sedimentos Pelas Chuvas**. Mossoró, Escola Superior de Agricultura de Mossoró, 1980.

**MAPA HIDROGEOLÓGICO DA AMÉRICA DO SUL: Escala : 1:5.000.000** : texto explicativo / UNESCO, Departamento Nacional de Produção Mineral. [e] Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Brasília: CPRM, 1996.

PICCIRILO, E. M.; MELFI, A. J. **Mesozoic Flood Volcanism of the Paraná Basin**. São Paulo: Universidade de São Paulo, Instituto Astronômico e Geofísico, 1988. 600p.

RAMOS, F. et al. **Engenharia Hidrológica**. Rio de Janeiro-RJ: ABRH - Associação Brasileira de Recursos Hídricos; Editora da UFRJ, 1989.

RANIERI S. B. L. et al. Aplicação de Índice Comparativo na Avaliação do Risco de degradação das Terras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo, Volume 22, n. 4**, Viçosa - MG, outubro a dezembro de 1998.

RESENDE, M.; ALMEIDA, J. R. Modelos de Predição de Perdas de Solo: Uma ferramenta para Manejo e Conservação do Solo. **Inf. Agropecuário** 11(128), Belo Horizonte, (p38 – 53), agosto/1985.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Energia e Saneamento. Departamento de Águas e Energia Elétrica. **Controle de Erosão: bases conceituais e técnicas; diretrizes para o planejamento urbano e regional; orientação para o controle de boçorocas urbanas.** São Paulo, DAEE/IPT, 1989.

SILVA et al. Proposição de Modelos para Estimativas da Erodibilidade de Latossolos Brasileiros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** V. 34, n. 12, Brasília, (p. 2287 a 2298) dezembro de 1999.

STRAHLER, A. N. **Geologia Física.** Barcelona: EDICIONES OMEGA, S.A. 1992.

SUDERHSA - SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO AMBIENTAL. **Atlas de Recursos Hídricos do Estado do Paraná.** Curitiba, 1998.

TOMAZONI, J. C. **Morfodinâmica e Transporte Fluvial no Sudoeste do Estado do Paraná por Método de Levantamento de Microbacias Hidrográficas Através de Geoprocessamento.** Curitiba, 2003. 279 f. Tese (Doutorado em Geologia Ambiental) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná.

VIEIRA, L. S.; VIEIRA, M. de N. F. **Manual de Morfologia e Classificação de Solos.** 2 ed. São Paulo: Editora Agronômica Ceres Ltda., 1983.

WHITE, I. D.; MATERSHEAD D. N.; HARRISON S. J. **Environmental Systems.** Second edition Londres: Chapman & Hall, 1992.

Recebido em agosto de 2004.

Aceito em janeiro de 2005