

## **INFLUÊNCIA DO RELEVO NA PERDA DE SOLO POR EROSÃO HÍDRICA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PEQUENO/PR.**

Claudia Ione Scheeren dos Santos, UFPR - [clauisantos@uol.com.br](mailto:clauisantos@uol.com.br)  
Leonardo José Cordeiro Santos – Prof. Dr. DEGEO/UFPR – [santos@ufpr.br](mailto:santos@ufpr.br)

### **1 INTRODUÇÃO**

O solo vem sofrendo ao longo do tempo alterações nas suas características físico-químicas. Tais alterações devem-se, entre outros fatores, à ação antrópica, que busca suprir as necessidades crescentes da produção agropecuária, bem como, o incremento da área urbana, fazendo com que ocorra sua impermeabilização.

Para SILVA (1999), os problemas advindos do uso irracional do solo, tanto em áreas rurais quanto urbanas, devem-se, principalmente, ao aumento da população mundial e a crescente demanda por alimentos.

Como resultado deste processo, verifica-se a diminuição da proteção natural dos solos, favorecendo a ocorrência da erosão. No Brasil, a erosão hídrica é o processo erosivo de maior expressão, aparecendo como um dos mais importantes mecanismos de degradação dos solos (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1985).

De acordo com a Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento – SEAB *apud* DELIBERADOR *et al.* (1990), no Estado do Paraná, a erosão hídrica resulta de vários fatores, tais como: redução drástica da cobertura florestal, processo de colonização, deficiência no uso de técnicas conservacionistas, emprego de pastagens excessivas, a divisão fundiária inadequada, com propriedades estreitas e limites que desconsideram as questões hídricas; e estradas e corredores em declive carentes de proteções laterais, etc.

Este trabalho tem como objetivo calcular a perda de solo por erosão hídrica enfatizando a influência que a Geomorfologia exerce nesse processo. O recorte espacial escolhido para a presente pesquisa é a Bacia Hidrográfica do Rio Pequeno, que situa-se no município de São José dos Pinhais/Paraná. A presente bacia situa-se entre as latitudes 25° 27' e 25° 37' Sul e longitude 48° 57' e 49° 12' Oeste e possui uma área de 136,13 Km<sup>2</sup>

Este município é integrante da Região Metropolitana de Curitiba – RMC, que teve um crescimento notável a partir da década de 90, tanto na população quanto na economia. Segundo MOURA e ULTRAMARI (1994), nesta década, a RMC concentrou grande parte da produção industrial e do setor de serviços do Estado do Paraná. Foi a região metropolitana que mais cresceu no Brasil devido ao êxodo rural provocado, sobretudo, pela modernização agrícola e pela criação da Cidade Industrial de Curitiba – CIC. Sendo assim, vê-se a possibilidade de agravamento dos processos erosivos pela ação antrópica.

### **2 AVALIAÇÃO DAS PERDAS DE SOLOS POR EROSÃO HÍDRICA**

Atualmente existe uma série de modelos matemáticos utilizados na tentativa de quantificar a perda de solo por erosão hídrica (GRACIATO *et al.*, 1997). Na presente pesquisa, as perdas de solos foram determinadas utilizando-se a Equação Universal de Perdas de Solos (USLE).

A escolha desta metodologia deveu-se ao fato deste método ser utilizado no mundo inteiro e por possuir muitos parâmetros calibrados para as condições da região Sul do Brasil (SANTOS *et al.*, 1999). Outro fator considerado foi o da facilidade proporcionada pelo

Sistema de Informações Geográficas (SIG) neste tipo de estudo ambiental, permitindo a análise integrada e detalhada a partir da criação de um banco de dados espaciais e a facilidade de atualização e revisão do estudo a partir da incorporação de novas informações ou avanço metodológico.

Segundo SANTOS *et al.* (1999), a Equação Universal de Perdas de Solo (1) é expressa pela fórmula  $A=R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$ , onde A representa a perda de solo calculada por unidade de área (ton/ha.ano); R a erosividade da chuva; K a erodibilidade do Solo; LS o fator topográfico, sendo L= comprimento de rampa em metros e S = declividade do terreno em porcentagem; C o fator de uso e manejo do solo e P o fator de prática conservacionista.

Na seqüência está descrito o processo de obtenção dos fatores da equação.

- Fator Erosividade da chuva (R)

O fator R é um índice numérico que representa o potencial da chuva e enxurrada em provocar erosão numa determinada área sem proteção do solo (PUNDEK, 1994).

Para o cálculo da erosividade da chuva, foi utilizado um período comum de 20 anos de dados pluviométricos (de 1981 a 2000), de seis (6) estações próximas à bacia. Estes dados foram obtidos no Banco de Dados Hidrometeorológicos – BDH/ CEHPAR(2001).

Primeiramente foi realizada importação destes dados para a planilha eletrônica Excel onde calculou-se a média mensal e anual de cada estação em todos os anos, obtendo-se assim, o índice de precipitação referente a cada estação. Posteriormente, foi aplicada a equação (2) desenvolvida por RUFINO *et al.* (1993) para o Estado do Paraná, que relaciona a precipitação média mensal e anual, como segue:

$$R = a + b \cdot (p^2/P) \quad (2)$$

onde:

R – fator de erosividade da chuva (MJ.mm/ha.h.ano);

a, b\* – coeficientes (ajustados para nove diferentes regiões do Paraná, sendo que, para a região estudada  $a= 33.26$  e  $b= 40.71$ ).

p – precipitação média mensal (mm);

P - precipitação média anual (mm).

\*Os coeficientes a e b relacionam as chuvas intensas (aquelas que provocam erosão) com as chuvas mensais e anuais.

Após obter estes resultados foi criada a variável R, inserido os valores correspondentes e feita uma interpolação no software ARCVIEW, da qual resultaram os traçados das isolinhas numa equidistância de 500 MJ.mm/ha.h.ano.

Fator Erodibilidade do solo (K)

Este fator indica a capacidade de sofrer erosão inerente ao solo e depende da complexa interação físico-química entre suas propriedades morfológicas (SANTOS *et al.*, 1999).

O conceito de K foi criado a partir do conhecimento existente de que classes de solos diferentes apresentam erodibilidades diferentes. Observações feitas por PUNDEK

(1994), nas quais em iguais condições de chuvas, topografia, cobertura vegetal e controle à erosão, alguns solos foram mais facilmente erodidos que outros.

A partir de um mapa de solos de BOIKO, SANTOS, CHUEH (2000, apud BOIKO, 2000), adaptado do mapeamento realizado pela EMBRAPA (1974), foi produzido um mapa de solos no software ARCVIEW.

Posteriormente foi realizado o levantamento sobre os valores de erodibilidade adotados em diferentes bibliografias. Optou-se pelos índices segundo PUNDEK (1994) por possuir valores referentes a todos os tipos de solo que compõem a Bacia em estudo.

Após obter estes resultados foi criada a variável K, inserido os valores correspondentes para cada classe e feita uma interpolação no software ARCVIEW.

#### Fator topográfico (LS)

O fator topográfico reflete as influências do comprimento e do desnível da encosta no processo erosivo (SANTOS et al., 1999).

A intensidade de erosão pela água é afetada tanto pelo comprimento de declive como pelo seu gradiente (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1985).

O fator LS é a relação entre as perdas de solo de uma área qualquer de topografia conhecida (comprimento e grau de declive), com as de uma área com parcela padrão com 9% de declividade e 22m de comprimento e largura (PUNDEK, 1994).

Para o cálculo, foi adotada a equação (3) recomendada por BERTONI e LOMBARDI NETO (1985)

$$LS = 0,00984 L^{0,63} S^{1,18} \quad (3)$$

onde:

LS – fator topográfico;

L - comprimento de rampa em metros;

S - declividade do terreno em porcentagem.

O comprimento de rampa (L) foi calculado conforme proposta de SANTOS *et al.*, (1999), para as áreas da bacia com vegetação natural o comprimento de rampa (L) é considerado como sendo igual ao comprimento médio das vertentes, ou extensão do percurso superficial (Eps) dado pela equação (4) citada em CHRISTOFOLETTI (1980):

$$Eps = 1 / 2Dd \quad (4)$$

onde:

Eps - extensão do percurso superficial;

Dd - densidade de drenagem da bacia (comprimento total dos canais/área de drenagem).

Os resultados obtidos foram, Eps: 325 m e Dd: 2,54/ Km/Km<sup>2</sup> e a partir deste obteve-se o comprimento de rampa médio para as áreas com vegetação natural na bacia.

Para as demais áreas, segundo orientações de BERTONI e LOMBARDI NETO (1985), o cálculo do comprimento de rampa (L) foi efetuado através da seguinte equação (5):

$$EV = 0,4518 K S^{0,58} \quad (5)$$

onde:

EV – espaçamento vertical;

K – constante por tipo de solo (adotado valor médio = 1);

S – declividade do terreno em porcentagem.

Para o cálculo do comprimento de rampa (L) foi adotada também a equação (6):

$$EH = EV \times 100 / S \quad (6)$$

onde:

EH – espaçamento horizontal;

EV – espaçamento vertical;

S – declividade do terreno em porcentagem.

Para calcular o comprimento de rampa (L) foram utilizadas as equações 4 para as áreas com vegetação natural e a equação 5 e 6 para as áreas agrícolas.

O mapa de declividade do terreno (S) foi confeccionado a partir de cartas topográficas 1:10.000 digitalizadas. Após, foi feito a Modelagem Digital do Terreno e gerado o mapa de declividade, utilizando o software ARCVIEW.

Finalmente, com os mapas intermediários comprimento de rampa (L) - para as áreas agrícolas e não agrícolas - e o mapa de declividade (S) já confeccionados, foi utilizada a equação 3 para obter o mapa final (inserindo os valores correspondentes e realizando uma interpolação no software ARCVIEW).

- Uso e manejo do solo (C)

O fator C representa um fator de redução de erosão cujo valor dependerá da combinação e seqüência de culturas, das práticas de manejo e da fase de crescimento e de desenvolvimento das plantas relacionadas ao período de chuva (PUNDEK, 1994).

As perdas de solo que ocorrem em uma área mantida continuamente descoberta podem ser estimadas pelo produto dos quatro fatores: R, K, L e S. Entretanto, se a área estiver cultivada, tais perdas serão reduzidas devido à proteção que a cultura oferece ao solo (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1985).

O mapeamento de uso e ocupação do solo foi efetuado através da classificação supervisionada da cena 220-078 de 26 de setembro de 1999, do satélite LANDSAT 7. Esta classificação foi efetuada no software SPRING através do algoritmo MAXVER com as bandas 5, 4 e 3. Para a bacia do rio Pequeno as classes de uso do solo foram definidas como: água, urbanização, agricultura/solo exposto, mata, campo e banhado.

Em síntese, o mapa de uso e manejo do solo foi feito a partir das classes de uso do solo existentes na bacia e dos valores de C adotados para cada uma destas classes.

### Prática conservacionista (P)

Para PUNDEK (1994), o fator P da equação de perdas de solo é um condicionante de redução da erosão. Seus valores variam de acordo com a situação em que o solo encontra-se quanto a sua proteção, sendo atribuído valores maiores para as áreas não cultivadas e menores para as áreas com agricultura.

Os dados referentes às práticas realizadas na área foram obtidos através de observação no campo e entrevista com o técnico da EMATER no município.

A atribuição dos valores para a variável P seguiu as recomendações de BERTONI e LOMBARDI NETO (1985) *apud* SANTOS *et al.* (1999), nas quais: para as áreas não cultivadas adotou-se o valor 1; para as áreas com água e área urbana adotou-se o valor 0 e para as áreas com agricultura adotou-se o valor 0,5.

## 3 RESULTADOS

### Perdas de Solo (A)

A perda de solo da bacia foi obtida através do cruzamento dos mapas de erosividade da chuva, erodibilidade do solo, fator LS (comprimento de rampa e declividade), uso e manejo do solo e práticas conservacionistas.

Os valores das perdas de solo foram hierarquizados em 5 classes de potencial de erosão, baseado nos parâmetros adotados e sugeridos por BERTONI e LOMBARDI NETO (1985) *apud* SANTOS *et al.* (1999). A tabela abaixo mostra estas classes de perdas de solo juntamente com a área ocupada por cada uma delas.

BACIA DO RIO PEQUENO – PERDAS DE SOLOS

Classes do Potencial de Perdas de Solos	Perdas de Solos (ton/ha/ano)	Área (Km <sup>2</sup> )	Área (%)
Muito Baixa	0-5	89,54	67,05
Baixa	5-10	17,26	12,92
Média	10-20	6,91	5,17
Alta	20-50	7,80	5,88
Muito Alta	> 50	11,99	8,98
Total		136,13	100

Fonte: BERTONI e LOMBARDI NETO (1985) *apud* SANTOS *et al.* (1999).

De maneira geral, a bacia do rio Pequeno apresenta um predomínio do potencial de perdas de solo muito baixo e baixo, ocupando 67,05% e 12,92% respectivamente da área total da bacia, enquanto que o potencial médio atinge 5,17%, o alto 5,88% e o muito alto 8,98%.

Cabe ressaltar que todos os fatores envolvidos na metodologia contribuíram para a perda de solos na bacia, mas alguns destes foram mais decisivos no resultados.

O fator topográfico (LS), influenciou em todas as porções da bacia onde constatou-se a ocorrência mais expressiva de perda do solo, isto deve-se ao fato da declividade e do comprimento de rampa apresentarem valores mais elevados nestas áreas.

As perdas de solos foram influenciadas também pelo fator K, ou seja, à presença de solos do tipo Cambissolo, Podzólico e Afloramento de Rochas/Litólico, os quais são mais suscetíveis à erosão.

O fator R apresenta-se como contribuinte nos resultados, visto que, nas áreas onde ocorreram as maiores perdas de solos constataram-se os mais altos índices de pluviosidade.

No baixo curso, os maiores índices de perdas devem-se aos fatores K e C, pois neste setor ocorrem solos do tipo Podzólico associados à agricultura.

A presença do fator P nas áreas onde ocorrem a prática da agricultura, consegue reduzir um pouco da perda de solo, mas cabe ressaltar que este não é um fator determinante nos processos erosivos.

#### **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Espacialmente, percebeu-se que os maiores índices de perdas de solos foram influenciados, principalmente, pela Geomorfologia - fator topográfico (LS), no alto e médio, e pela erodibilidade dos solos (K) e uso e manejo (C) no baixo curso.

Verificou-se que a Geomorfologia, representada pelo fator LS, é um atributo importante no estudo da erosão hídrica, pois a inclinação e o comprimento das rampas aliados a outras variáveis, são os principais responsáveis pela maior velocidade da água, e conseqüentemente, pelo desenvolvimento dos processos erosivos verificados na bacia hidrográfica do rio Pequeno.

O relevo é a base de sustentação para as populações humanas e suas atividades, portanto estudá-lo torna-se de fundamental importância, tendo em vista que suas estabilidades não decorrem somente de suas tendências evolutivas, mas, também, das interferências dos demais componentes ambientais e da ação antrópica.

Cabe ressaltar que, em função das limitações metodológicas originadas pela aplicação da USLE os resultados devem ser tomados somente como indicativos das perdas de solo na bacia.

Destacam-se as facilidades proporcionadas pelo Sistema de Informações Geográficas neste tipo de estudo ambiental, ao permitir a possibilidade de cruzamento de vários dados referentes a área de estudo e a permanente atualização dos mesmos.

#### **REFERÊNCIAS**

- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. Piracicaba: Livroceres, 1985.
- BOIKO, J. D. Mapeamento da fragilidade ambiental na bacia hidrográfica do rio Pequeno, RMC. Monografia - Grau de Bacharel – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2000.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2ª edição. São Paulo: Edgar Blucher, 1980.

- CEHPAR – **Centro de Hidráulica e Hidrologia Professor Parigot de Souza** – Banco de Dados Hidrometeorológicos- BDH/ CEHPAR(2001)
- DELIBERADOR, A. M. R. **et al. Horta**. Curitiba. Banco do Estado do Paraná. 1990.
- GRACIATO, S. *et al.* Perdas de solo (USLE) em ambiente SIG. **In VII SIMPÓSIO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, I FÓRUM LATINO-AMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA**. Anais em Cd, V.2, Curitiba, 1997.
- LEVIS M. *et al.* **Estudos Pedológicos da Bacia Hidrográfica do Rio Piquiri**. CEHPAR, 1998.
- MOURA, R.; ULTRAMARI, C. **Territorialidades em movimento**. Metrópole, Grande Curitiba: Teoria e prática. Curitiba: IPARDES, 1994.
- PUNDEK, M. **Utilização prática da equação de perdas de solo para as condições de Santa Catarina** In. SANTA CATARINA - Secretaria de Estado da Agricultura e Abastecimento. Manual de uso, manejo e conservação do solo e da água: projeto de recuperação, conservação e manejo dos recursos naturais em microbacias hidrográficas. 2. ed. Florianópolis : EPAGRI, 1994.
- RUFINO, R. L. *et al.* **Determinação do potencial erosivo da chuva do Estado do Paraná: terceira aproximação**. R. bras. Ci. Solo, Campinas, v. 17, p. 439-444, 1993.
- SANTOS, I. *et al.* Avaliação de perdas de solo por erosão hídrica na bacia hidrográfica do rio Ivaí. **XII SIMPÓSIO NACIONAL DE RECURSOS HIDRÍCOS**. Belo Horizonte, 1999.
- SILVA, A. S. Análise morfológica dos solos e erosão. In GUERRA A. J. T. & SILVA, A. S. & BOTELHO, R. G. M. **Erosão e Conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil, 1999.