

# IMPACTOS SOBRE EL MEDIO FISICO Y ECOLOGICO

## AVALIAÇÃO DA PERDA DE SOLOS EM BACIAS HIDROGRÁFICAS

Antonio Carlos Tavares  
Antonio Carlos Vitte

### 1 – Introdução

Pesquisas têm mostrado que vastas partes do territórios brasileiros estarão, dentro um breve, improdutivas, se mantido o nível atual de degradação dos solos.

Esse trabalho propõe que se avalie a heroazo em bacias hidrográficas a través da equação universal de perdas de solo, que expressa a ação dos principiapis fatores que controlam a heroazo pluvial, ou seja:

$$E = R K L S C P$$

Onde  $\underline{E}$  é a perda de solo por unidade de área (ton/ha);  $\underline{R}$ , um fator correspondente á erosividade da chuva;  $\underline{K}$ , um fator de erodibilidade dos solos;  $\underline{LS}$ , um fator que envolve o uso e o manejo dos solos, e  $\underline{P}$ , um fator referente á adoção de práticas conservacionistas.

Aplicação dessa equação ao estudo de bacias hidrográficas apresenta uma série de dificuldades, pois as determinações dos diversos parâmetros têm sido realizadas em parcelas experimentais. Trabalhos pioneiros, como esse objetivo, foram efetuados, no Brasil, por Tavares (1986) o por Stein et alii (1987).

### 2 – Obtenção dos parâmetros da equação

Os fatores que compõem e equação universal de perdas de solo são determinados, segundo a proposição, partir de trabalhos de campo e gabinete.

#### 2.1 O fator topográfico (LS)

O fator topográfico é constituído por suas variáveis que interferem na ação da chuva: o comprimento das enconstas e o declive. Nas encostas mais longas aumenta o volume de água que se escoo a través de uma seção transversal da vertente e, com isso, sua, sua capacidade de remover detrimentos. Vertentes íngremenes aumentam e aceleram o fluxo.

O fator topográfico pode ser determinado a partir de levantamento aerofotogramétrico. Deve-ser mapear a rede de drenagem e os divisores de água. As curvas de nível também deverão ser plotadas com uso de equipamento adequado ou a través da transposição realizada a partir de uma carta hipsométrica, com escala adequada á documentação fotográfica.

Para avaliação do comprimento das encostas a bacia é seccionada em micro-bacias, que devem corresponder aos cursos de primeira ordem ou aos pequenos trechos drenados diretamente para as bacias de ordens superiores. Após, confecciona-se um ábaco, com classes de distância entre os interflúvios e os talvegues, que se ajustem à bacia estúpada. Seguindo-se a inclinação do terreno, manifestada pelas isoípsas, os comprimentos das encostas de cada uma das micro-bacias são determinados. A cada micro-bacia pode corresponder uma ou mais classes de comprimento de encostas. Os segmentos assim determinados passarão a ser chamados de parcelas e constituirão as unidades básicas para as quais serão estabelecidos os outros parâmetros da equação. Os comprimentos das vertentes corresponderão ao valor intermediário das classes estabelecidas (parcelas).

Em seguida elabora-se uma carta de declividades. Para isso podem ser seguidas as sugestões apresentadas por De Biasi (1970). Constrói-se um ábaco com distâncias correspondentes às classes de declive que se deseja representar. Com a intercalação do ábaco às isoípsas, seguindo-se as linhas mais íngremes, mapeia-se a declividade de cada trecho.

Superpondo-se as duas cartas, calcula-se a declividade média de cada parcela, considerada como a média ponderada dos valores intermediários das classes de declividade que abrangem cada uma delas.

Estabelecimentos comprimento e declividade, o fator topográfico é estipulado, para cada parcela, pelo modelo proposto por Wischmeier e Smith (1965) e transcrito em Bertoni, Lombardi Neto e Benatti Jr. (1975), adaptado para unidades métricas:

$$LS = \text{Raís de } L/100 (1.36 + 0.97 S + 0.1385 S^2)$$

Onde  $L$  é o comprimento do declive em metros e  $S$  sua declividade em porcentagem.

A partir de experiências realizadas no Estado de São Paulo, por pesquisadores do Instituto Agrônomo de Campinas, seguinte equação foi também estabelecida para essa finalidade, conforme Bertoni e Lombardi Neto (1985):

$$LS = 0.00984 L^{0.63} S^{1.18}$$

## 2.2 A erodibilidade dos solos (K)

Caso a área não possua ainda um mapeamento pedológico, sua elaboração será imprescindível. Reconhecidos os diferentes solos que cobrem a bacia, a erodibilidade de cada um deles terá que ser avaliada.

Erodibilidade dos solos é a expressão usada para representar sua susceptibilidade à erosão. No estudo de bacias hidrográficas, com áreas de dezenas de quilômetros quadrados, a determinação da erodibilidade diretamente no campo é quase impraticável, pois exigiria a montagem de diversos experimentos e anos de observação. Por essa razão vários processos

índices para determinação da erodibilidade têm sido elaborados com base em propriedades físicas e químicas dos solos. Dentre eles o mais difundido é o idealizado por Wischmeir, Johnson e Cross (1971), que permite a obtenção da erodibilidade, através de um nomograma, conhecendo-se as seguintes propriedades dos solos:

- a – porcentagem de matéria orgânica;
- b – porcentagem de silte mais areia muito fina, compreendendo clásticos entre 0.002 e 0.10mm;
- c – porcentagem de areia, compreendida entre 0.10 e 2.0 mm;
- d – classe de permeabilidade;
- e – tipo de estrutura

A matéria orgânica é imprescindível para a resistência do solo à erosão. A medida que seu teor diminui com os anos de cultivo, a coesão dos agregados torna-se frágil e eles são facilmente desmantelados.

A textura do solo propriedade intimamente relacionada à erosão. Solos argilosos são os mais resistentes à ação exercida pela chuva e ao escoamento superficial, como decorrência das forças coesivas existentes entre os solos com baixo teor de argila e solos arenosos, são mais susceptíveis à erosão aqueles dotados de clásticos mais finos. Tais sedimentos, uma vez deslocados pelo salpicar das gotas de chuva, são facilmente transportados pelo escoamento difuso, ainda que esse processo aja com velocidades extremamente reduzidas.

Em um solo as partículas tendem a se agrupar formando os agregados, num processo em que é importante a presença de matéria orgânica e de microrganismos. O termo estrutura é utilizado com referência a esses agrupamentos, com a finalidade de descrevê-los. Eles podem assumir a forma laminar, colunar, de grânulos ou de blocos angulares ou subangulares. As estruturas granulares têm porosidade maior que as demais e aumentam a permeabilidade do solo, enquanto estruturas laminares ou colunares tendem a reduzi-la.

Textura, estrutura e o teor de matéria orgânica interferem na permeabilidade do solo.

Estabelecidos esses parâmetros para as camadas de solo sujeitas à erosão, os valores de  $K$  serão extraídos do nomograma. Para ajustamento ao sistema eles devem ser multiplicados pelo fator 1.292.

### 2.3 Uso e manejo dos solos (C)

A obtenção dos valores do fator  $C$  requerer o conhecimento do uso do solo, razão pela qual o mapeamento dessa variável deve estar disponível.

O uso e o manejo dos solos correspondem à relação entre a erosão existente em um área ocupada com determinado tipo de vegetação ou um terreno cultivado sob condições específicas e as perdas de solo ocorridas em outro terreno com as mesmas condições, mas mantido continuamente descoberto.

Uso e manejo não podem ser avaliados separadamente, pois os restos de uma cultura podem ser queimados, deixados na superfície ou enterrados com o preparo do solo. Uma cultura pode ser plantada continuamente ou em rotação com outras. O plantio pode ser direto, ou o preparo do solo, intenso.

O ideal é que o fator  $C$  seja determinado através de experimentos de campo, mas nem isso é possível. Stein et alii (1987) estabeleceram valores para o fator  $C$ , agrupando as diversas acupações do solo por porte e pela porcentagem de cobertura do terreno e valendo-se dos conhecimentos prévios sobre as etapas de preparo do solo, plantio, colheita e manejo dos restos culturais na área estudada. A tabela 1, por eles elaborada, poder servir de guia para a determinação de  $C$ , desde que se tome os devidos cuidados na transposição dos valores obtidos em uma região para outra de características físicas e culturais distintas. Tabela similar é apresentada por Roose (1977), ao relatar as conclusões de vinte anos de pesquisas realizadas por cientistas franceses em ambientes de florestas e savanas do Alto Volta, da Costa do Marfim e da Nigéria, na África Equatorial. Tavares (1986) estabeleceu o fator  $C$  a partir da comparação de pesquisas que relatavam perdas de terra em diferentes culturas e manejos. Isso permitiu a hierarquização dos diversos usos em relação às proteções que eles ofereciam dos solos. Conhecendo-se o valor de  $C$  para um ou alguns deles, a partir de pesquisas já realizadas, os outros também poderão ser estimados.

**Tabela 1 – Valores do fator estabelecidos por Stein et alii (1987)**

1- Vegetação de porte alto a médio com cobertura total	
Do terreno	0.00004
1a – floresta	0.00004
1b – vegetação secundária	0.00004
1c – cerrado	0.00004
1d – Reflorestamento	0.0001
2 – Vegetação de porte médio a baixo com cobertura total	
Do terreno	0.01035
2a – cobertura residual	0.0007
2b – cerrado	0.0007
2c – cultura permanente	0.02
2d – cana de açúcar	0.05
3 – Vegetação de porte médio a baixo com cobertura parcial	
Do terreno	0.25
3a – cobertura residual	0.25
3b – cultura perene	0.25
4 – Vegetação de porte baixo a rasteiro com cobertura total	
Do terreno	0.01
4a – cobertura residual	0.01
4b - pastagem	0.01
4c - cultura temporária	0.20
4d - campo cerrado	0.01
4e – campo natural	0.01

5 - Vegetação de porte baixo a resteiro com cobertura parcial	
Do terreno	0.10
5a - cobertura residual	0.10
5b – pastagem	0.10
5c – cultura temporária	0.20
6 – Ocupações naturais diversas	0.00
6a – Várzea	0.00
6b – Espelho da água	0.00

#### 2.4 Prática conservacionista (P)

O fator  $\underline{P}$  corresponde à erosão ocorrida sob a execução de determinada prática conservacionista em relação àquela verificada nos cultivos morro baixo.

A tabela 2 mostra os valores de  $\underline{P}$  para algumas práticas conservacionistas, segundo pesquisas do Instituto Agrônomo de Campinas.

Tabela 2 – Valores de  $\underline{P}$  para algumas práticas conservacionistas, segundo Bartoni, Lombardi Neto e Benatti Jr. (1975)

Plantio morro baixo	1.0
Plantio em contorno	0.5
Alternância de campinas e plantio em contorno	0.4
Cordões de vegetação permanente	0.2
Teraço	0.1

Roose (1977) também apresenta uma série de valores obtidos em pesquisas realizadas nos Estados Unidos e na África Equatorial de Oeste.

#### 2.5 – Erosividade da Chuva (R)

De acordo com Bertoni, Lombardi Neto e Benatti Jr. (1975) e Bertoni e Lombardi Neto (1985), fundamentados em Wischmeier e Smith (1958) e em Wischmeier (1959), a erosão dos solos, quando decorrente de precipitações, é diretamente proporcional à máxima intensidade que elas apresentam em um período de trinta minutos e à energia cinética total das chuvas. O produto desses dois parâmetros é considerado por esses autores como melhor indicador para medir a potencialidade erosiva de uma chuva.

Segundo conceitos expostos por Cogo (1978), uma chuva erosiva é aquela que apresente, no mínimo, 10 mm de precipitação total ou aquela inferior a 10 mm, mas com 6 mm ou mais de água tomada em um período de 15 minutos. Uma chuva individual é aquela separada da outra (anterior ou subsequente) por um período livre de chuva, considerado como 6 horas consecutivas com precipitações inferiores a 1.0 mm.

O índice de erosividade é calculado tomando-se as chuvas erosivas e dividindo-as em intervalos de 10 minutos, de acordo com procedimento

adotado por Pereira, Silva e Gomes (1978). Para cada intervalo é determinada a altura de água caída, que, multiplicada por seis. Traduz a intensidade da chuva é obtida, em cada intervalo, pela aquação apresentada por Bertoni, Lombardi Neto e Benatti Jr. (1975).

$$E_C = 12142 \cdot 8 \cdot 887 \log I$$

Onde  $E_C$  é energia cinética em tonelâmetro/hectare, milímetro de chuva (t.m/ha.mm) e  $I$ , a intensidade da chva em milímetro por hora (mm/h). A energia cinética de cada intervalo, em t.m/ha, corresponde ao valor de  $E_C$  multiplicado pelo total da chuva erosiva é soma dos valores parciais encontrados em cada período de 10 minutos.

O índice de erosão ( $EI_{30}$ ) de cada chuva é dado, como mostram Bertoni e Lombardi Neto (1985), pelo produto:

$$EI_{30} = E_C \cdot I_{30} \cdot 10^{-3}$$

Onde  $E_C$  é a energia cinética total da precipitação e  $I_{30}$  a intensidade máxima em 30 minutos, expressa em mm/h.

Relações entre precipitações médias mensais e anuais e erosividade têm sido encontradas. Lombardi Neto, Silva e Castro (1980) estabeleceram, para o Estado de São Paulo, a seguinte equação:

$$EI_m = 6.866 (p^2/P)^{0.85}$$

Onde  $EI_m$  é índice de erosão médio mensal;  $p$ , a precipitação média mensal, e  $P$ , a precipitação média anual, ambas em mm. Somando-se os valores médios mensais da erosividade da chuva, obtém-se o valor médio anual, que equivale ao fator  $R$  da equação universal de perdas de solo, isto é, á capacidade da chuva de causar erosão em uma área desprotegida.

Roose (1977) relaciona equações que descrevem relações diárias e anuais entre totais pluviométricos e erosividade na África Equatorial.

## 2.6 – Atribuição de valores às parcelas

Estabelecimentos os fatores  $K$ ,  $C$  e  $P$ , verifica-se com que porcentagem cada tipo de solo, cada uso e cada prática conservacionista existem nas parcelas antes delimitadas, O valor de cada um desses fatores, em cada parcela corresponderá á média aritmética poderada entre os valores que, eventualmente, tenham sido atrnuídos para aquele trecho da bacia.

Para aplicação do fator  $R$  utilizam-se os polígonos irregulares de Thiessen. Esta técnica consiste em traçar retas, unindo os postos pluviométricos envolvidos no levantamento aos que lhe são adjacentes. Em seguida traçam-se as mediatrizes dessas retas, que, ligadas geram os polígonos, cujos lados constituem os limites da área de influência de cada posto. As parcelas situadas

nessa área será atribuído o valor de  $R$  da estação correspondente. Se a parcela estiver sob a influência de mais de um ponto, o procedimento será similar ao adotado para os parâmetros  $K$ ,  $C$  e  $P$ .

### 3 – Conclusões

A adoção da equação universal de perdas de solo permite estimarm, em curto prazo, os valores erosivos em bacias hidrográficas, que, se não forem compatíveis com os necessários á preservação, demonstram a necessidade de práticas conservacionistas mais eficientes.

Ela permite comparar, objetivamente, o problema em diferentes bacias hidrográficas e mostra as áreas mais susceptíveis à erosão, que devem ser preservadas.

Esses são aspectos que interessam ao planejamento ambiental.

### 4 – Bibliografia

Bertoni, J. e Lombardi Neto, F. (1985) – Conservação do Solo. Piracicaba: Livroceres.

Bertoni, J. ; Lombardi Neto, F. e Benatti Jr., R. (1975) “Equação de perdas de solo”. Boletim Técnico do Instituto Agrônômico, Campinas, (21): 1-25.

Cogo, N. P. (1978) – “Uma contribuição á metodologia de estudo das perdas por erosão em condições de chuva natural”. “In: Encontro Nacional de Pesquisa Sobre Conservação do solo”, 2., Passo Fundo, Anais. Passo Fundo: SBCS, 99-107.

De Biasi, M (1970) – “Cartas de declividade: confecção e utilização”. Geomorfologia, São Paulo, (21): 8-13

Lombardi Neto, F. ; Silva, I. R. e Castro, O. M. (1980) “Potencial de erosão das chuvas no Estado de São Paulo”. In: Encontro Nacional de Pesquisa Sobre Conservação do Solo, 3, Recife. Inédito.

Pereira, W. Silva, T. C. A. da e Gomes, F. R. (1978) “Avaliação da erosividade das chuvas em diferentes locais do Estado de Minas Gerais”. In: Encontro Nacional de Pesquisa Sobre Conservação do Solo, 2., Passo Fundo. Anais. Passo Fundo: SBCS, 141-143.

Roose, e. j. (1977) “Erosion et ruissellement en Afrique de l’ouest: vingt annés de mesures en petites parcelles experimentales”. Travaux et documents de l’ORSTOM, Paris, (78): 1-108.

Stein, D, P. et alii (1987) “Potencial de erosão laminar, natural e antrópica na bacia do Peixe - paranapema”. In: Simpósio Nacional de Controle de Erosão 4., Marília. Anais. São Paulo: ABGE e DAEE, 105-135.

Tavares, A. C. (1986) A erosão dos solos no contexto da análise ambiental: o exemplo do alto curso do Rio São José dos Dourados. São Paulo. São Paulo: FFCLCH – USP. Tese de Doutorado.

Wischmeier, W. H. (1959) “A rainfall erosion index for a universal soil loss equation” Soil Science Society of America, Proceeding, Madison, 23 (2): 246-249.

Wischmeier, W. H. e Smith, D. D. (1958) “Rainfall energy and its relationship to soil loss”. American Geophysical Union, Transactions, Washinton, 39 (29: 285-291.

Wischmeier, W. H. e Smith, D. D. (1965) “Predicting rainfall – erosion losses from cropland east of the Rocky Mountains”. Agriculture Handbook, Washinton (282): 1-47.

Wischmeier, W. H. e Johnson, C. B. e Cross, B. V. (1971) “A soil erodibility monograph for farmland and constructions sites”. Journal of soil and water conservation, Ankeny, 26 (59: 189 -193.