

ERODIBILIDADE DOS SOLOS DA BACIA DA REPRESA DO BROA

O. Freire (1)
J. Vasques (1)

INTRODUÇÃO

Há um consenso geral da necessidade de um controle racional da erosão, uma vez que as perdas de solo e a poluição que acarreta, causam problemas em quase todas as áreas da atividade humana.

As perdas de solo significam depleção de um recurso natural de importância fundamental para a manutenção da vida sobre a Terra e os sedimentos constituem, em termos de volume, o principal poluente da água.

Elementos químicos contidos nos fertilizantes e agrotóxicos, muitas vezes, ficam fortemente adsorvidos às partículas coloidais do solo, sendo também transportadas para os cursos d'água e represas, causando eutroficação e uma forma de poluição, cuja eliminação é muito difícil.

A previsão da quantidade de perdas de solo, que ocorrem sob condições locais e de manejo específicas, é essencial para o desenvolvimento de qualquer planejamento que envolva o solo.

Para esse fim, vem sendo desenvolvida uma equação empírica que apresenta alta confiabilidade e pode ser utilizada universalmente, dependendo da disponibilidade de dados locais. Essa equação pode ser apresentada da seguinte forma: $A = R \times K \times SL \times C \times P$, onde:

- A = perda de solo;
- R = fator chuva;
- K = fator erodibilidade do solo;
- SL = fator topográfico;
- C = fator uso e manejo;
- P = fator práticas conservacionistas.

O objetivo deste trabalho é determinar o índice de erodibilidade dos solos que ocorrem na bacia da represa do Broa, como uma contribuição para as previsões de perdas de solo, estimativas da produção de sedimentos e assoreamento da represa.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O índice de erodibilidade dos solos pode ser determinado diretamente ou ser avaliado indiretamente, através da combinação dos valores das propriedades que determinam a maior ou menor vulnerabilidade do solo ao processo erosivo (HUDSON, 1971).

O método direto consiste da determinação das perdas de solo, sob condições padronizadas (BERTONI *et alii*, 1975). Nesse caso, a equação universal de perdas de solo (WISCHMEIER & SMITH, 1961 e 1965) reduz-se à seguinte expressão: $A = R \times K$, sendo $K = A / R$.

O índice de erodibilidade é, portanto, a perda de solo por unidade da erosividade do agente erosivo, em condições padronizadas de topografia, uso, manejo e práticas de controle da erosão.

O método direto é moroso e requer equipamento de campo de instalação dispendiosa. A utilização de simuladores-de-chuva é uma alternativa para se obterem dados mais rapidamente; mas, que vem onerar ainda mais a determinação do índice de erodibilidade dos solos.

Por essas razões, muitas pesquisas foram realizadas para identificar as propriedades que exercem influência sobre a erodibilidade dos solos, com a finalidade de se obter um método indireto para a avaliação da erodibilidade do solo. WISCHMEIER & MANNERING (1969) estudaram a correlação de 15 propriedades com a erodibilidade em 55 diferentes solos, tendo concluído que a erodibilidade resulta de 2 tipos de propriedades:

- a) propriedades que influem sobre a infiltração e determinam a quantidade e intensidade do deflúvio;
- b) propriedades que influem sobre a resistência do solo à desagregação e ao transporte.

Baseados nesses estudos, que foram confirmados pela

análise de um grande número de outras pesquisas, WISCHMEIER *et alii* (1971) desenvolveram um método gráfico para a avaliação do índice de erodibilidade do solo, no qual são utilizados 5 parâmetros:

- a) porcentagem de silte mais porcentagem de areia muito fina;
- b) porcentagem de areia de diâmetro médio maior do que 0,1 mm;
- c) porcentagem de matéria orgânica;
- d) estrutura;
- e) permeabilidade.

Devido à alta correlação com o método direto e pela sua simplicidade, este método vem sendo utilizado para a avaliação da erodibilidade de solos de campos de cultura e também, para solos e sub-solos sob qualquer outra utilização.

MATERIAL E MÉTODO

O material deste trabalho é constituído pelos solos da bacia da represa do Broa, identificados e mapeados por FREIRE *et alii* (1978).

A bacia da represa do Broa tem uma área total de 21.149,375 ha, incluindo a área urbana de Itirapina e da represa do Broa que perfazem 577,500 ha. Os 20.571,875 ha restantes são cobertos por 16 unidades de mapeamento, das quais 14 correspondem a unidades taxonômicas simples e 2 correspondem a complexos de solos, constituídos por 2 unidades taxonômicas. A distribuição das unidades de mapeamento da área em estudo está apresentada no quadro I.

A bacia da represa do Broa localiza-se na região centro-leste do Estado de São Paulo, incluindo partes dos Municípios de São Carlos, Brotas e Itirapina. Suas coordenadas geográficas extremas, de acordo com a folha de São Carlos SF 23-M.100 (1968), editada pelo Instituto Geográfico e Geológico do Estado de São Paulo, são as seguintes:

22 10' a 22 20' de latitude Sul;
47 45' a 47 55' de longitude Oeste.

QUADRO I - Distribuição das unidades cartográficas na área da Bacia da Represa do Broa.

Símbolo	Nomenclatura	Área	
		ha	%
TEd	Terra Roxa Estruturada Latosólica Distrófica, A moderado, textura média.	171,250	0,810
TEe	Terra Roxa Estruturada Latosólica Eutrófica, A moderado, textura argilosa.	557,500	2,636
PVd ₁	Podzólico Vermelho-Amarelo Distrófico, A moderado textura média.	345,625	1,634
PVd ₂	Podzólico Vermelho-Amarelo Distrófico, álico, A moderado, textura média.	1.118,750	5,290
LVd ₁	Latosol Vermelho-Amarelo Distrófico, álico, A fraco, textura arenosa.	3.468,125	16,398
LVd ₂	Latosol Vermelho-Amarelo Distrófico, álico, A fraco, textura média.	183,125	0,866
LEd ₁	Latosol Vermelho Escuro Distrófico, álico, A fraco, textura arenosa.	275,000	1,300
LEd ₂	Latosol Vermelho Escuro Distrófico, álico, A moderado, textura média.	3.035,000	14,350
Lib	Litosol Substrato Basáltico.	55,000	0,260
AQV ₁	Areia Quartzosa Vermelho-Amarelo Distrófica, álica, A fraco.	2.624,375	12,409
AQV ₂	Areia Quartzosa Vermelho-Amarela Câmbica Distrófica, álica, A fraco.	5.123,125	24,223
AQh	Areia Quartzosa Hidromórfica Distrófica álica.	335,000	1,584
Hi	Solos Hidromórficos.	58,750	0,278
T	Solos Turfosos Distróficos, álicos, indiscriminados.	2.215,000	10,473
AQV ₁ + Hi	Complexo constituído por Areia Quartzosa Vermelho-Amarela Distrófica, álica, A fraco e Solos Hidromórficos.	402,500	1,903
TEe + Lib	Complexo constituído por Terra Roxa Latosólica Eutrófica e Litosol Substrato Basáltico	603,750	2,855
		20.571,875	97,269
Itirapina (área urbana)		117,500	0,556
Represa do Broa		460,000	2,175
		577,500	2,731
Total:		21.149,375	100,000

O fator erodibilidade do solo foi determinado pela utilização do nomógrafo de WISCHMEIER et alii (1971).

A avaliação dos parâmetros envolvidos na determinação do índice de erodibilidade foi feita com os dados analíticos e morfológicos apresentados por FREIRE (1978), excepto permeabilidade, que foi determinada pela equação de Darcy, conforme as recomendações de FOSYTHE (1975).

A figura 1 mostra o nomógrafo de WISCHMEIER et alii (1971).

Para a sua utilização, aplicou-se no eixo da esquerda a percentagem de silte mais a percentagem de areia muito fina e a seguir, os valores dos demais parâmetros, na seguinte ordem: percentagem de areia de diâmetro maior do que 0,1 mm, percentagem de matéria orgânica, estrutura e permeabilidade.

As linhas pontilhadas ilustram o processo para a avaliação do índice de erodibilidade do solo.

De acordo com os valores obtidos para a erodibilidade dos horizontes superficiais, os solos foram classificados segundo o critério proposto por FREIRE & PESSOTTI (1974).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados obtidos pelo método nomográfico de WISCHMEIER et alii (1971) estão apresentados no apêndice.

A comparação destes dados permite observar que a erodibilidade dos solos da bacia da represa do Broa varia de perfil para perfil e de horizonte para horizonte num mesmo perfil. Os valores mais elevados referem-se aos horizontes argílicos da Terra Roxa Estruturada e dos Podzólicos Vermelho-Amarelos, devido à sua permeabilidade mais baixa.

No caso da Terra Roxa Estruturada Latosólica Distrófica (P-1), os valores da erodibilidade variam de 0,18 no horizonte Ap a 0,25 nos horizontes B₃ e C.

No perfil 20, que corresponde à Terra Roxa Estruturada Latosólica Eutrófica, os valores da erodibilidade variam de 0,26 a 0,36. O valor mais baixo refere-se ao horizonte superficial e o mais elevado, ao horizonte A₃. Nos demais horizontes, os valores da erodibilidade permanecem praticamente constantes.

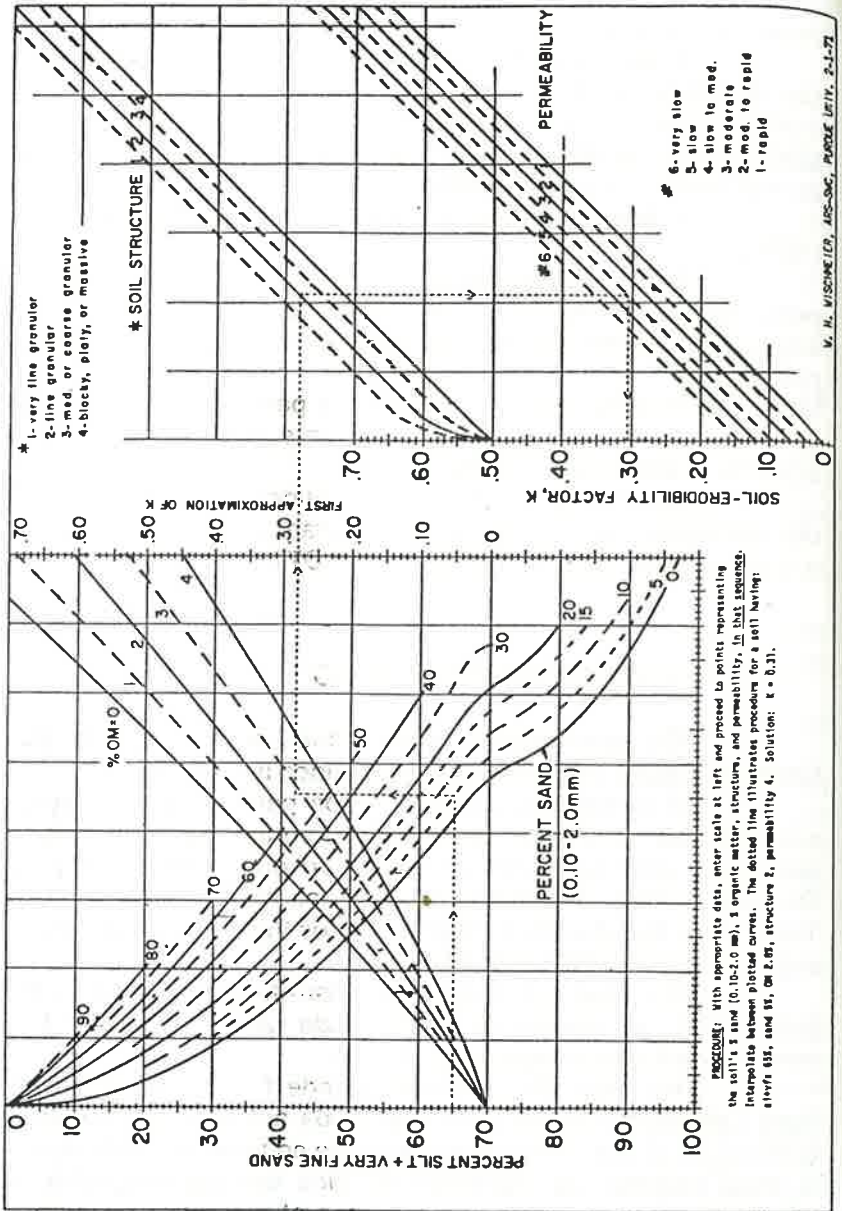


FIGURA 1. Nomógrafo de Wischmeier et alii.

No perfil 17, correspondente à unidade Podzólico Vermelho-Amarelo Distrófico, observa-se que a erodibilidade é baixa no horizonte Ap ($K = 0,12$), aumentando sensivelmente no B_{21} ($K = 0,22$) e tendendo a decrescer nos horizontes mais profundos.

No perfil 19, que corresponde a um Podzólico Vermelho-Amarelo Distrófico, álico bissequeum, a erodibilidade aumenta com a profundidade no primeiro sequeum, sendo que o valor de K no horizonte Ap é de 0,10, chegando a um valor de 0,30 no B_{21} . Nos horizontes mais profundos, pertencentes ao segundo sequeum, os valores da erodibilidade apresentam uma distribuição inversa: diminuem do Ap para o III (B).

O Latosol Vermelho-Escuro Distrófico, álico (P-8) apresenta erodibilidade baixa em todos os horizontes; entretanto, observa-se uma tendência desses valores aumentarem com a profundidade. No caso do perfil 10, observa-se que a erodibilidade é mais ou menos constante em todos os horizontes salvo no B, em consequência de apresentar-se um pouco mais adensado.

O Latosol Vermelho-Amarelo Distrófico, álico, representado pelos perfis 6, 13 e 15, apresentam erodibilidade variável de muito baixa a baixa em todos os horizontes. No Latosol Vermelho-Amarelo Distrófico, álico, textura moderada, representado pelos perfis 9 e 18, a erodibilidade é muito baixa em todos os horizontes, salvo nos horizontes superficiais, em que os valores podem ser classificados como baixos.

Todos os perfis de Areias Quartzosas apresentam valores muito baixos, em todos os horizontes. Nas Areias Quartzosas Câmbicas, observa-se um aumento da erodibilidade nos horizontes câmbicos que, algumas vezes, incluem o A_3 .

O perfil 22, correspondente ao Litosol Substrato Basáltico, apresenta erodibilidade baixa no horizonte superficial e média no (B); enquanto que no C/R, o valor volta a ser baixo.

Os Solos Hidromórficos ocorrem em situação topográfica de baixada, o que não permite que sofram perdas. Além disso, os índices de erodibilidade são baixos em todos os seus horizontes.

O quadro II apresenta a classificação dos solos da bacia da represa do Broa de acordo com o critério proposto por FREIRE & PESSOTTI (1974).

Desde que a erosão se processe, quase sempre, nas camadas superficiais, a consideração dos valores do índice de erodibilidade dos horizontes mais profundos só tem importância quando estes horizontes estiverem expostos. Por essa razão, a classificação apresentada leva em consideração, apenas, a erodibilidade dos horizontes superficiais.

CONCLUSÕES

A aplicação do método de WISCHMEIER *et alii* (1971), com a finalidade de avaliar a erodibilidade dos solos da bacia da represa do Broa, conduziu às seguintes conclusões:

1. os solos da área em estudo apresentam erodibilidade que varia de muito baixa à média;
2. os valores do índice de erodibilidade dos horizontes dos solos que ocorrem na área variam de 0,02 a 0,30;
3. a erodibilidade relativamente baixa dos solos estudados é devida à alta permeabilidade dos perfis.

RESUMO

Foi calculado, pelo método nomográfico de WISCHMEIER *et alii* (1971), o valor do índice de erodibilidade dos solos da bacia da represa do Broa, os quais foram identificados e mapeados por FREIRE *et alii* (1978).

Os resultados obtidos mostram que devido à alta permeabilidade dos perfis, o índice de erodibilidade varia de médio a muito baixo.

A Terra Roxa Estruturada apresenta valores que variam de médios a baixos ($K = 0,26$ a $0,18$).

O Latosol Vermelho-Escuro, Litosol Substrato Basáltico e Solos Hidromórficos apresentam valores baixos; enquanto que o Podzólico Vermelho-Amarelo e as Areias Quartzosas apresentam valores muito baixos.

O Latosol Vermelho-Amarelo, fase arenosa apresenta índice de erodibilidade, cujos valores variam de baixos a muito baixos ($K = 0,06$ a $0,12$).

SUMMARY

ERODIBILITY OF THE BROA WATERSHED SOILS

Erodibility values for the soils of the Broa watershed are reported in this paper. Wischmeier's nomograph method was used to determine the K values.

The erodibility values are higher for the Terra Roxa Estruturada (Paleudult) and lower for Red Yellow Podzolic Soils (Tropudult) and Sands (Quartzipsamment).

The Dark Red Latosolic Soils and Red Yellow Latosolic Soils (Hplortox) present low erodibility values.

The K values for all the horizons of the studied profiles ranged from 0.02 to 0.30.

LITERATURA CITADA

- BERTONI, J., F. LOMBARDI NETO & R. BENTTI Jr., 1975. Cálculo de sistemas coletores, Campinas, Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo, Instituto Agronômico, Circular n.º 45.
- FREIRE, O. & J.E.S. PESSOTTI, 1974. Erodibilidade dos solos o Estado de São Paulo. *An. Esc. Sup. Agric. "Luiz de Queiroz"* 31:333-350.
- FREIRE, O., J. GIMENES R., J.E.S. PESSOTTI & E. CARRARO, 1978. Solos da Baía do Broa, São Carlos, U.F.S. Car.
- WISCHMEIER, W.H. & D.D. SMITH, 1961. An universal soil-loss equation to guide conservation farm planning. 7th Congr. Intern. Soil Sci. Soc. Trans. 1 (2).
- WISCHMEIER, W.H. & D.D. SMITH, 1965. Predicting rainfall-erosion losses from cropland east of Rocky Mountains. *Agric. Handbook n.º 282, U.S.D.A. ARS*, 47 p.
- WISCHMEIER, W.H. & J.V. MANNERING, 1969. Relation of soil properties to its erodibility. *Soil Sci. Am. Proc.* 33(1):131-137.
- WISCHMEIER, W.H.; C.B. JOHNSON & B.V. CROSS, 1971. A soil erodibility nomograph for farmland and construction sites. *J. Soil Wat. conserv.* 26(5): 189-193.

APÊNDICE

Valores da erodibilidade dos solos da Bacia da Represa do Broa, calculados pelo método de WISCHMEIER *et alii* (1971).

Horizontes	Profundidade (cm)	Valores de K
	TEd - P1	
Ap	0-10	0,18
B ₁	10-40	0,15
B ₂	40-75	0,25
B ₃	75-150	0,23
C	150-185	0,25
	TEe - P 20	
Ap	0-5	0,26
A ₃	5-25	0,36
B _{21t}	25-55	0,34
B _{22t}	55-90	0,34
B ₂₃	90-135	0,33
B ₃	135-180	0,33
	PVd ₁ - P 17	
Ap	0-15	0,12
B ₁	15-25	0,16
B ₂₁	25-45	0,22
B ₂₂	45-95	0,18
B ₂₃	95-150	0,16
B ₃	150-180	0,12

Horizontes	Profundidade (cm)	Valores de K
	TEd – P 1	
	0–10	0,18
Ap	10–40	0,15
B1	40–75	0,25
B2	75–150	0,23
B3	150–185	0,25
C		
	TEe – P 20	
	0–5	0,26
Ap	5–25	0,36
A3	25–55	0,34
B21t	55–90	0,34
B22t	90–135	0,33
B23	135–180	0,33
B3		
	PVd1 – P 17	
	0–15	0,12
Ap	15–25	0,16
B1	25–45	0,22
B21	45–95	0,18
B22	95–150	0,16
B23	150–180	0,12
B3		

Horizontes	Profundidade (cm)	Valores de K
	PVd ₂ - P 19	
Ap	0-10	0,10
A ₃	10-25	0,14
B ₂₁	25-50	0,30
II B ₂₂	50-70	0,26
Ab	70-110	0,26
III (B)	110-180	0,14
	LEd ₁ - P 10	
Ap	0-15	0,14
B ₁	15-25	0,12
B ₂₁	25-60	0,24
B ₂₂	60-120	0,18
B ₂₃	120-180	0,14
	LEd ₂ - P 8	
A ₁	0-17	0,10
B ₂₁	17-80	0,14
B ₂₂	80-131	0,16
B ₂₃	131-170	0,19
	LVd ₁ - P 6	
A ₁	0-20	0,10
B ₁	20-55	0,15
B ₂₁	55-80	0,16
B ₂₂	80-100	0,12
B ₃	100-300	0,13

Horizontes	Profundidade (cm)	Valores de K
	LVd ₁ - P 13	
Ap	0-20	0,12
A3	20-50	0,16
B1	50-95	0,16
B21	95-140	0,16
B22	140-180	0,14
	LVd ₁ P - 15	
A1	0-25	0,08
A3	25-60	0,14
B21	60-90	0,16
B22	90-160	0,14
	LVd ₂ P - 9	
Ap	0-15	0,13
A3	15-45	0,08
B21	45-60	0,08
B22	60-90	0,08
B3	90-115	0,08
C	115- +	0,06
	LVd ₂ P - 18	
Ap	0-10	0,11
A12	10-30	0,08
B21	30-75	0,04
B22	75-140	0,05

Horizontes	Profundidade (cm)	Valores de K
	Lib P - 22	
A ₁	0-35	0,16
(B)	35-40	0,24
C/R	40-150	0,16
	AQV ₁ P - 2	
A ₁	0-12	0,02
A ₃	12-73	0,04
C	73-180	0,03
	AQV ₁ P - 4	
A ₁	0-19	0,04
A ₃	19-65	0,04
B	65-135	0,04
C	135-190	0,05
	AQV ₁ P - 5	
A ₁	0-23	0,04
A ₃	23-75	0,05
C	75-170	0,08
	AQV ₁ P - 11	
Ap	0-15	0,06
A ₃	15-45	0,06
C	45-160	0,06
	AQV ₂ P - 3	
Ap	0-15	0,04
A ₃	15-45	0,04
B/C	45-150	0,04
C	150-350	0,04

Horizontes	Profundidade (cm)	Valores de K
Ap	0-20	0,07
A ₃	20-55	0,10
(B)	55-140	0,12
C	140-180	0,09
	AQV ₂ P - 14	
A ₁	0-35	0,05
A ₃	35-80	0,10
(B)	80-125	0,12
B ₃ /C	125-160	0,10
	AQV ₂ P - 16	
A ₁	0-30	0,06
A ₃	30-45	0,12
(B) 1	45-65	0,10
(B) 2	65-95	0,10
B/C	95-125	0,10
C	125-180	0,10
	AQh P - 7	
Ap	0-20	0,16
A ₃	20-45	0,17
C	45 +	0,20
	Hi P - 23	
A ₁	0-30	0,19
G	30-50	0,20