

- GOIÁS, Secretaria da Agricultura. 1976. Levantamento de Reconhecimento dos Solos da Microrregião do Mato Grosso Goiano. Impresso na Emater — GO. Goiania. 417 p.
- GOIÁS, Secretaria do Planejamento e Coordenação. Projeto Rio Formoso. 1980. Volume II. Estudo de Solos. Edição Connes Publicidade Ltda. Goiania. Goiás. 112 p.
- KAMPF, N. 1981. Die Eisenoxidmineralogie einer Klimasequenz von Boden aus Eruptiva in Rio Grande do Sul, Brasilien. Dissertation, Techn. Univ. München. 271 p.
- McFARLANE, M. J. 1976. Laterite and Landscape, Academic Press, London — New York — San Francisco.
- NIEDERBUDDE, E. A. & U. SCHWERTMANN. 1980. Clay Mineralogy of Soils. Geol. Jb. D 39:99-114.
- POTTER, R. O. & N. KAMPF. 1981. Argilo-minerais e óxidos de ferro em Cambissolos sob regime climático térmico údico no Rio Grande do Sul. R. Bras. Ci. Solo, 5:153-159.
- RODRIGUES, T. E. & E. KLAMT. 1978. Mineralogia e Gênese de Uma Sequência de Solos do Distrito Federal. R. bras. Ci. Solo 2:132-139.
- SCHWERTMANN, U. 1971. Transformation of Hematite to Goethite in Soils. Nature, 232, 624-625.
- SCHWERTMANN, U. 1974. Beobachtungen an Latosolen Kameruns, Mitteilg. Deutsche Bodenkundl. Ges., 20, 87-89.

ESTIMATIVAS DAS PERDAS DE SOLO E NUTRIENTES POR EROSÃO NO ESTADO DO PARANÁ (1)

Pedro Luiz de Freitas (2)
Abeilard Fernando de Castro (2)

RESUMO

Foi desenvolvida uma metodologia para a estimativa das perdas por erosão tendo como base os Levantamentos e as Avaliações Agrícolas dos Solos, realizados pelo Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. A quantificação da perda de solo, em ton/ha/ano, foi feita com base nos graus de limitação quanto à susceptibilidade à erosão de cada unidade de solo descrita. Foram considerados: espessura e densidade aparente dos horizontes superficiais e subsuperficiais, teor de argila, estrutura do solo e teores de Ca, Mg, K, P, C e N nos primeiros 20 cm de profundidade.

A metodologia foi aplicada na estimativa de perdas por erosão dos solos do Estado do Paraná. Estes foram agrupados por critérios que consideram a susceptibilidade à erosão e, para cada agrupamento, foi estabelecida a perda anual de solo e de calcário, K₂O, P₂O₅, matéria orgânica e nitrogênio. A quantificação dos macronutrientes perdidos foi feita com base nas perdas equivalentes de adubos comerciais.

INTRODUÇÃO

Há muito tempo se fala nos prejuízos que a erosão causa à agricultura no País, em termos de perda de solo, nutrientes, produtividade, etc.. Entretanto, poucas observações práticas têm sido realizadas no campo. Entre os trabalhos realizados sobre perdas de nutrientes, temos o de GROHMANN et alii (1956) que estudaram as perdas do solo, água e nutrientes em parcelas com chuva natural, em Terra Roxa misturada (Latossolo Roxo) e concluíram que:

- (1) Trabalho apresentado no III Congresso Brasileiro de Conservação do Solo, realizado em Brasília, D. F. de 28 de outubro a 1º de novembro de 1980.
- (2) Engº Agrº, Pesquisadores do Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos — Rua Jardim Botânico, 1024 — 22460 — Rio de Janeiro.

- a. as perdas mais elevadas de elementos minerais necessários às plantas se processam através do material sólido arrastado pela erosão, e não pela enxurrada;
- b. perdas totais de K_2O e P_2O_5 são as mais críticas, em virtude do pequeno teor geralmente existente no solo;
- c. o teor de elementos minerais e os sólidos em suspensão na enxurrada são independentes do volume desta, o mesmo acontecendo em relação ao material sólido arrastado;
- d. conhecendo a composição química de apenas algumas enxurradas e material sólido arrastado, pode-se prever as perdas anuais de elementos minerais a que está sujeito o solo;
- e. a concentração dos elementos minerais na enxurrada é independente dos tratamentos empregados, e dependente exclusivamente do solo;
- f. as perdas totais de elementos minerais são diretamente proporcionais às quantidades de solo arrastado e ao volume de enxurrada.

Nesse trabalho os autores compararam a composição média do solo, na profundidade de 25cm, e a composição média do material transportado, encontrando teores maiores de nutrientes, em mg/100g de solo, no material transportado, principalmente no fósforo (103%) e no potássio (190%). Isto se deve à textura do material transportado, que encerra maiores porcentagens de silte e argila do que o solo, uma vez que estas são as partículas mais facilmente transportadas e que contêm maiores quantidades de nutrientes.

SARAIVA (1978) confirma que o material erosionado é mais rico em fósforo, cálcio, magnésio, potássio e matéria orgânica que o solo original, obtendo assim taxas de enriquecimento de até cinquenta vezes para o potássio e de dez vezes para o fósforo, cálcio, magnésio e matéria orgânica.

Uma tentativa em quantificar as perdas de nutrientes, foi feita por GIANLUPPI et alii (1979), que evidenciaram o valor econômico do depauperamento do solo e a pouca eficiência das práticas de controle à erosão atualmente adotadas, para três unidades de solo, Latossolo Vermelho-amarelo, Latossolo Roxo e Latossolo Vermelho-Escuro.

Os autores fizeram determinações no

campo e coletaram amostras para comparação do solo nas lavouras e nos sedimentos coletados nas pendentes de encostas. Calcularam assim o volume médio de solo perdido por hectare e a quantidade de corretivos e fertilizantes perdidos, baseado nas recomendações do laboratório de fertilidade. Os autores encontraram, nos quase 2,6 milhões de hectares coletados, perdas acumuladas de: 530 mil ton de calcário; 20,3 mil ton de P_2O_5 ; 10,3 mil ton de K_2O e 4,5 mil ton de N. O total de perdas estimado, em 1979, foi de 668,5 milhões de cruzeiros.

No restante das pesquisas, as observações em geral são dirigidas à perda de solo em parcelas a descoberto, em várias classes de solos. Alguns resultados destes trabalhos são encontrados no quadro 1.

Considerando que a conservação dos recursos naturais e em particular, os de solos, são de responsabilidade de toda a sociedade, cabendo-lhe portanto contribuir para a preservação destes recursos, procurou-se neste trabalho alertá-la, com dados obtidos em uma unidade da federação, os enormes prejuízos causados pela degradação dos solos à economia nacional. Assim, foi realizada uma estimativa das perdas de solo e nutrientes por erosão, baseada na avaliação da aptidão agrícola dos solos. Estes são classificados por sua condição agrícola, levando em conta suas limitações, entre elas a susceptibilidade à erosão (RAMALHO FILHO, A. et alii, 1978).

Os parâmetros estabelecidos para os graus de limitação por susceptibilidade à erosão são:

- a. nula: terras não susceptíveis à erosão e que cultivadas por 10 a 20 anos podem apresentar erosão ligeira;
- b. ligeira: terras pouco susceptíveis à erosão e que cultivadas por 10 a 20 anos mostram, normalmente, uma perda de 25% ou mais do horizonte normalmente ondulado;
- c. moderada: terras com moderada susceptibilidade à erosão, relevo normalmente ondulado;
- d. forte: terras com grande susceptibilidade à erosão, relevo forte ondulado;
- e. muito forte: terras com severa susceptibilidade à erosão, com declives superiores a 45%.

Quadro 1 — Perdas de solo em parcelas com solo descoberto.

Solo	Textura	Rel. ¹	Perdas de solo		Fonte
			medida	média	
			ton/ha/ano		
Lat. Vermelho-Escuro	arg/aren	SO	23,9		DEDECEK, 1978
Lat. Verm.-Esc. álico	méd/argil	SO	35,5	92,8	BISCAIA, 1978
Lat. Verm.-Esc. álico	argilosa	O	219,0		WUNSCH e DENARDIM, 78
Lat. Roxo Distrófico	argilosa	O	42,8		CASSOL, 1977
Lat. Roxo Distrófico	argilosa	O	41,8	100,0	GUERRA et alii, 1978
Lat. Roxo Distrófico	argilosa	O	157,8		MONDARDO et elii, 78
Podz. Verm.-Amarelo	média	O	174,2	174,2	ELTZ et alii, 1978
Terra Roxa Extr. Asim. ²	argilosa	O	21,4	21,4	ELTZ et alii, 1977

(1) Relevo: SO — suave ondulado O — ondulado

(2) Classificada no Levantamento de Solos do Rio Grande do Sul como Laterítico Bruno-Avermelhado (unidade de mapeamento São Jerônimo).

No Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos são adotadas as seguintes classes de erosão (REUNIÃO, 1979).

- não aparente: o solo não apresenta sinais perceptíveis de erosão;
- ligeira: o solo apresenta menos de 25% do horizonte A ou da camada arável;
- moderada: o solo apresenta de 25 a 75
- moderada: o solo apresenta de 25 a 75% do horizonte A removido na maior parte da área;
- forte: o solo apresenta mais de 75% do horizonte A removido;
- muito forte: o solo apresenta o horizonte A completamente removido e o horizonte B bastante removido.

LOMBARDI NETO & BERTONI (1975) determinaram a tolerância à erosão de alguns solos do Estado de São Paulo. Os critérios para quantificação da tolerância de perdas por erosão baseiam-se na profundidade do solo e na relação textural entre os horizontes superficiais e subsuperficiais.

A tolerância de perdas por erosão é obtida considerando-se um período de 1.000 anos, quando a perda por erosão é igual a formação do solo (erosão geológica). O limite de tolerância em ton/ha/ano, é dado pela expressão:

$$L_t = 100 \cdot h \cdot d / 1000 \quad (1)$$

onde: h = espessura dos horizontes superficiais (h_a) e subsuperficiais (h_b), em cm;
d = densidade do solo, em g/cm³.

Alguns valores médios obtidos pelos autores foram:

Solo	Perdas em ton/ha/ano
Podzólico Vermelho-Amarelo	7,9
Podzólico Verm.-Amar.- Eutr.	5,2
Terra Roxa Estruturada	13,4
Latossolo Roxo	12,0
Latossolo Vermelho-Amarelo	11,2
Latossolo Vermelho-Escuro	13,6
Latossolo	4,2
Regossoio	14,0

METODOLOGIA

Para realização deste trabalho, tomou-se por base o Levantamento de Reconhecimento e a Avaliação da Aptidão Agrícola dos Solos do Estado do Paraná, realizados pelo Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (1).

A quantificação das perdas de solo por erosão, em ton/ha/ano foi feita com base no grau de limitação quanto a susceptibilidade à erosão dos solos, no nível de manejo A (baixo nível tecnológico).

Dos perfis completos, representativos das várias classes de solo estudadas, considerou-se a espessura dos horizontes, o teor de argila, a densidade aparente do solo, a estrutura do solo e os teores trocáveis de cálcio, magnésio e potássio, os teores de fósforo assimilável e de carbono e nitrogênio totais.

O peso do solo (P) foi calculado pela expressão :

$$P = 100 \cdot H \cdot d \quad (1)$$

onde: P = peso do solo, em ton/ha;

H = espessura dos horizontes superficial (H_b), em cm;

d = densidade aparente do solo, em g/cm^3 , tendo sido considerada a média das densidades determinadas para cada grupamento de solos.

Como horizonte superficial foram considerados os horizontes A (A_p , A_1 , A_2 e A_3 , quando ocorrerem) e, como subsuperficial os horizontes B (B_1 e B_2 , quando ocorrerem). A espessura total dos horizontes foi limitada a 100 cm, espessura média onde ocorre o desenvolvimento de raízes.

A espessura considerada dos horizontes foi ainda função das características de textura e de estrutura do solo. A primeira foi expressa pela relação textural (R_t), calculadas neste trabalho como a relação entre a média aritmética do teor de argila dos horizontes subsuperficiais antes indicados. Temos que:

a. quando $R_t < 1,5$, considerou-se a espessura dos horizontes;

b. quando ($1,5 < R_t < 2,5$), considerou-se apenas 75% da espessura dos

horizontes superficiais e do primeiro horizonte subsuperficial;

c. quando $R_t > 2,5$, considerou-se apenas 50% da espessura dos horizontes superficiais e do primeiro horizonte subsuperficial.

No caso de solos com B textural, cuja relação textural é inferior a 1,5, considerou-se apenas 75% da espessura dos horizontes superficiais e subsuperficiais, devido à estrutura que apresentam (ex.: Terra Roxa Estruturada).

Baseado nos parâmetros estabelecidos por RAMALHO FILHO et alii (1978) e pelo Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (REUNIÃO, 1979), foram definidos para este trabalho os seguintes limites de susceptibilidade à erosão:

a. nula: perdas por erosão de 0 ton/ha/ano até o limite de tolerância (L_m) definido por LOMBARDI NETO e BERTONI (1975). Assim:

$$L_t = (P_A + P_B)/1000 \quad (2)$$

sendo: $P_A = 100 \cdot H_A \cdot d_A$

onde: P_A = peso do solo no horizonte superficial em ton/ha;

H_A = espessura do horizonte superficial em cm; e

d_A = densidade aparente do solo no horizonte superficial em g/cm^3 .

e,

$$P_B = 100 \cdot H_B \cdot d_B$$

para o horizonte subsuperficial (B).

b. ligeira: do limite de tolerância (L_t) à quantidade de perdas anuais para atingir um desgaste de 25% do horizonte superficial em 20 anos (L_1).

Assim:

$$L_1 = 0,25 \cdot P_A/20 \quad (3)$$

c. moderada: do limite anterior (L_1) à quantidade de perdas anuais para atingir um desgaste de 75% do horizonte superficial em 20 anos (L_m).

Assim:

$$L_m = 0,75 \cdot P_A/20 \quad (4)$$

d. forte: do limite anterior (L_m) à quantidade de perdas anuais para atingir um desgaste de 100% do horizonte superficial em 20 anos (L_f).

(1) Entregue para publicação em 1979.

Assim:

$$L_f = 1,00 \cdot P_A/20 \quad (5)$$

e. muito forte: do limite anterior (L_f) à quantidade de perdas anuais para atingir um desgaste de 100% do horizonte superficial (L_f) mais 25% do horizonte subsuperficial considerado, em 20 anos (L_{mf}).

Assim:

$$L_{mf} = L_f + 0,25 \cdot P_B/20 \quad (6)$$

Os solos estudados foram agrupados considerando suas características ou o conjunto de características importantes quanto a susceptibilidade à erosão e a presença de nutrientes nos horizontes superficiais. Considerou-se:

- saturação de bases;
- o tipo do horizonte A;
- a textura;
- o caráter abrupto;
- a atividade da argila.

Assim, estudaram-se os perfis completos representativos de cada grupo de solos e se calcularam:

- densidade aparente do solo nos horizontes superficiais (d_B) e subsuperficiais (d_B);
- a relação textural em cada perfil (R)

- a relação textural em cada perfil (R_t);
- a profundidade dos horizontes superficiais (H_A) e subsuperficiais (H_B), corrigidos de acordo com a relação textural e a estrutura do solo.

Da média dos perfis considerados calcularam-se:

- o peso dos horizontes superficiais (P_A) e subsuperficiais (P_B);
- o limite de tolerância (L_t) pela equação 2;
- os limites de erosão ligeira (L_l), moderada (L_m), forte (L_f) e muito fortes (L_{mf}), pelas equações 3 a 6.

Dos perfis completos de cada grupo de solos calcularam-se a concentração de cálcio + magnésio e potássio trocáveis, fósforo assimilável, carbono e nitrogênio totais. Considerou-se uma profundidade máxima de 20 cm, onde ocorrem as maiores perdas por erosão e calculou-se a média ponderada nesta profundidade.

Os teores de Ca + Mg (em meq/100g), K (em meq/100g), P (em ppm) e C e N

(em %) considerados, são as médias dos perfis representativos de cada grupo. Para teores de fósforo menores que 1, considerou-se 0,5 ppm.

As quantidades de nutrientes por tonelada de solo foram calculadas pelas seguintes expressões:

- a. cálcio + magnésio:
 $\text{meq}/100\text{g} \times 500 = \text{gramas de calcário com PRNT de 100\%};$
- b. potássio:
 $\text{meq}/100 \times 470 = \text{gramas de } K_2O;$
- c. fósforo:
 $\text{ppm} \times 2,29 = \text{g de } P_2O_5$
- d. carbono:
 $\% \text{ de C} \times 17,2 = \text{kg de matéria orgânica};$
- e. nitrogênio:
 $\% \text{ de N} \times 10 = \text{kg de nitrogênio}.$

Para estimar-se as perdas de nutrientes em cruzeiros, usou-se o equivalente em adubos químicos, necessários à reposição dos mesmos. Os adubos químicos usados foram os seguintes:

- a. N: sulfato de amônio com 20% de N;
- b. P: superfosfato simples com 20% de P_2O_5 ;
- c. K: cloreto de potássio com 60% de K_2O ;
- d. Ca + Mg: calcário dolomítico com 100% de $CaCO_3$ equivalente.

RESULTADOS

As unidades de solos descritas no Levantamento de Solos do Estado do Paraná foram estudados com base nos perfis representativos dos vários grupos considerados: Para cada um destes grupos foram calculadas as perdas de solo nas classes de susceptibilidade à erosão (nula, ligeira, moderada, forte e muito forte) em que ocorrem quando utilizados com baixo nível tecnológico. Os grupos e as perdas de solo encontradas estão relacionadas no quadro 2.

As perdas nas várias unidades de solo variam intensamente devido as características de cada grupo, principalmente, quanto ao relevo, ao tipo de horizonte A e ao caráter abrupto de alguns solos. Assim, temos, por exemplo, o solo Podzólico Vermelho-Amarelo distrófico Tb, no qual o caráter abrupto causa um acréscimo na perda de solo unitária média de 49,18 para 193,89 ton/ha/ano, ou seja,

Quadro 2 - Descrição dos grupamentos de solos e perdas de solos calculadas.

nº	classe de solo	tipo de A	textura	relevo ¹	área mil ha	Perda média de solo nas classes de susceptibilidade à erosão					Perda de solo total média mil t./ano	Perda de solo média unitária ton/ha/ano
						nula	ligeira milhões toneladas/ano	moderada	forte	muito forte		
01	Latossolo Vermelho Amarelo-álico	proeminente	argilosa	SO-O	224,00	—	7,89	7,55	1,82	—	17,26	77,04
02	Latossolo Verm. Amarelo - podzólico	moderado	argilosa	O-FO	127,60	—	0,89	4,86	4,89	1,86	12,50	97,97
03	Latossolo Verm. Amar. - pouco profundo	proem/moder.	argilosa	SO-FO	142,25	—	1,27	4,78	8,83	—	14,87	104,56
04	Latossolo Vermelho Escuro eutrófico	moderado	méd/argil.	PP-SO	284,40	—	3,23	1,76	—	—	4,99	17,53
05	Latossolo Vermelho Escuro distrófico	moder/proem.	méd/argil.	PP-SO	1.263,70	3,61	29,23	—	—	—	32,84	25,99
06	Latossolo Vermelho Escuro álico	proem/humico	méd/argil.	SO	539,10	—	12,00	6,17	1,58	—	19,75	36,53
07	Latossolo Vermelho Escuro álico	moderado	méd/argil.	SO	329,00	—	8,22	6,15	—	—	14,37	43,69
08	Latossolo Roxo eutrófico	moderado	argilosa	PP-SO	889,60	—	27,53	—	—	—	27,53	30,95
09	Latossolo Roxo distrófico	moderado	argilosa	SO-O	874,80	—	22,15	6,15	—	—	28,50	32,58
10	Latossolo Roxo distrófico	proeminente	argilosa	SO-O	450,00	—	6,94	10,50	—	—	17,44	38,76
11	Latossolo Roxo álico	moderado	argilosa	PP-O	352,80	—	7,79	1,54	—	—	9,33	26,45
12	Latossolo Roxo álico	proeminente	argilosa	SO-O	331,30	—	6,56	8,58	0,92	1,16	17,22	51,99
13	Latossolo Bruno álico	proeminente	argilosa	SO	405,90	—	15,85	1,32	—	—	17,17	42,29
14	Terra Roxa Estruturada eutrófica	moderado	argilosa	SO-FO	2.533,70	—	16,66	65,74	0,48	—	82,88	32,71
15	Terra Roxa Estruturada eutrófica	chernozêmico	argilosa	O	483,30	—	2,87	8,75	17,99	10,98	40,59	83,97
16	Terra Roxa Estrut. eutróf. latossolica	chernozêmico	argilosa	SO	84,40	—	1,49	—	—	—	1,49	17,65
17	Terra Roxa Estruturada distrófica	proem/moder.	argilosa	SO-M	297,20	—	1,24	3,37	2,37	1,39	8,37	28,17
18	Terra Roxa Estruturada álica	proeminente	argilosa	SO-O	98,30	—	0,10	0,80	0,83	9,01	10,84	110,25
19	Terra Roxa Estruturada	proem/chern.	argilosa	SO-FO	199,80	—	1,29	5,29	2,62	—	9,20	46,07
20	Terra Roxa Estruturada Similar álica	proeminente	argilosa	SO-FO	73,00	—	1,77	6,55	3,60	—	11,92	163,23
21	Podz. Verm. Amar. eutr. Tb abruptico	chern/moder.	aren/argil.	O	494,90	—	—	33,54	58,70	—	92,24	186,38
22	Podz. Verm. Amarelo eutrófico Tb	moder/chern.	aren/argil.	PP-H	167,20	—	0,80	14,27	2,94	—	18,01	107,71
23	Podz. Verm. Amar. distr. Tb abruptico	moder/proem.	aren/média	SO-O	79,70	—	—	5,62	9,83	—	15,45	193,88
24	Podz. Verm. Amarelo distrófico Tb	moder/proem.	aren/argil.	SO-H	948,10	—	0,22	42,75	3,66	—	46,63	49,18
25	Podzólico Vermelho Amarelo álico	moder/proem.	aren/argil.	SO-FO	416,90	—	3,59	38,44	7,70	—	49,73	119,28
26	Podz. Verm. Amarelo álico abruptico	moder/proem.	aren/argil.	SO-FO	348,40	—	2,59	16,34	14,17	—	33,10	94,99
27	Podz. Verm. Amar. álico latos./cambic.	moder/proem.	méd/argil.	SO-FO	446,80	—	5,74	25,27	7,44	1,08	39,93	89,35
28	Cambissolo eutrófico Ta	moderado	argilosa	PP-FO	165,90	0,01	—	—	8,76	12,80	21,57	130,01
29	Cambissolo distrófico Tb	moderado	argilosa	PP-FO	123,10	0,09	0,42	2,29	0,55	4,83	8,18	66,48
30	Cambissolo álico humico/latossólico	proem/moder.	méd/argil.	SO-H	1.969,60	0,55	6,19	44,44	44,41	54,95	150,54	76,43
31	Brunizem Avermelhado		argilosa	FO	451,00	—	19,73	30,31	—	—	50,04	110,95
32	Solos Litólicos eutróficos	chern/moder.	méd/argil.	SO-H	1.722,70	—	0,63	2,26	3,24	247,25	253,38	147,08
33	Solos Litólicos distróficos	moder/proem.	méd/argil.	O-H	394,40	—	—	3,34	25,03	22,85	51,22	129,87
34	Solos Litólicos álicos	proeminente	méd/argil.	P-H	812,25	0,14	3,13	8,56	45,60	64,57	122,00	150,20
35	Solos Litólicos álicos	moderado	méd/argil.	O-H	218,50	0,11	0,14	5,63	—	25,06	31,94	146,17
36	Rubrazem		argilosa	SO	19,50	—	0,06	0,90	—	—	0,96	49,07
37	Arelas Quarzosas	proeminente		SO-O	10,30	0,02	—	—	—	—	0,02	2,30
38	Podzol.	hist/moder.	arenosa	P	85,50	—	—	—	—	—	—	—
39	Hidromórf. Indisc. mangue Inds.		méd/argil.	P	248,20	0,20	1,57	4,22	2,18	—	8,17	32,89
40	Solos Orgânicos Indiscriminados		argilosa	P	179,40	0,27	—	—	—	—	0,27	1,50
41	Solos Aluviais eutrófico/distrófico	moderado	argilosa	P	75,90	—	—	—	—	—	—	—
Totais					19.362,40	5,00	219,78	428,64	280,24	458,79	1.392,44	71,91

¹ relevo:P - plano
PP - praticamente plano50 - suave ondulado
O - onduladoFO - forte ondulado
M - montar hoso

de quatro vezes.

Nos quadros 3 e 4 encontram-se as perdas de solo e de nutrientes por classes de solo. Nos 19,36 milhões de ha considerados (quase 100 mil km²), foi estimada uma perda média de quase 1,4 bilhões

de toneladas de solo por ano. Considerando-se uma densidade aparente de 1,0 g/cm³ e uma profundidade de 20 cm, temos uma perda equivalente a 700 mil hectares de terras por ano, ou seja, 3,6% da área considerada.

Quadro 3 — Perda de solo nas principais classes de solo do Estado do Paraná

Classe de solo	Área mil ha	área	Perda de solo (milhões de ton)			Perda de solo unitária média ton/ha/ano
			min	max	média	
Latossolo Vermelho Amarelo (LV)	493,85	2,5	25,71	63,54	44,63	3,2
Latossolo Vermelho Escuro (LE)	2.416,20	12,5	25,92	117,98	71,95	5,2
Latossolo Roxo (LR)	2.898,50	15,0	39,65	160,41	100,02	7,2
Latossolo Bruno (LB)	405,90	2,1	3,71	30,62	17,17	1,2
Terra Roxa Estruturada (TR)	3.946,90	18,1	86,49	201,82	144,17	10,4
Terra Bruna Estrut. Similar (TBS)	272,80	1,4	12,23	30,01	21,12	1,5
Podzólico Vermelho Amarelo (PV)	2.902,00	15,0	183,37	406,77	295,09	21,2
Cambissolo (C)	2.258,60	11,6	131,66	228,92	180,29	12,9
Brunizem Avermelhado (BV)	451,00	2,3	39,46	60,61	50,04	3,6
Solos Litólicos (R)	3.147,85	16,3	411,19	505,88	458,54	32,9
Outros solos (OS)	618,80	3,2	4,91	13,92	9,42	0,7
TOTAIS	19.362,40	100,00	964,30	1.820,49	1.392,44	100,00

O maior volume de perdas (32,9% foi estimado para os Solos Litólicos, que ocupam 16,3% da área considerada. Os Latossolos e as Terras Estruturadas, que ocupam 51,6% da área, são responsáveis por

apenas 28,7% da perda total estimada para o estado. O Podzólico Vermelho-Amarelo tem também, uma elevada contribuição para as perdas de solo (21,2%), ocupando 15% da área.

Quadro 4 — Perda de nutrientes nas principais classes de solos do Estado do Paraná

Classe de solo	— Calcário		P ₂ O ₅		K ₂ O		N		Mat. Orgânica	
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
	Toneladas		Toneladas		Toneladas		mil toneladas		Toneladas	
LV	13.867,2	28.478,3	135,87	285,42	1.278,44	3.128,63	72,62	180,13	1.323,76	3.574,32
LE	33.222,5	164.533,0	417,42	2.333,06	2.167,78	9.466,41	34,44	171,43	763,01	3.248,34
LR	89.884,0	380.091,5	205,87	864,60	5.167,92	21.805,64	89,59	352,71	1.511,09	5.872,99
LB	4.266,5	35.213,0	10,38	85,73	331,30	2.734,36	11,87	97,98	261,55	2.158,71
TR	446.736,2	1.081.999,1	310,27	772,43	25.876,67	58.678,88	193,18	441,21	2.715,34	6.266,52
TBS	19.685,7	47.126,5	39,56	95,09	1.242,96	3.063,60	46,48	114,04	746,32	1.828,50
PV	311.794,0	603.176,0	1.675,00	3.386,70	12.055,10	24.620,00	196,30	420,40	3.132,40	6.773,30
C	235.871,5	366.330,0	1.081,20	1.795,30	14.610,20	25.001,80	380,10	652,10	7.239,70	12.752,50
BV	550.467,0	845.509,0	4.906,80	7.536,80	12.055,00	18.516,40	102,60	157,60	1.520,40	2.335,30
R	3.898.833,0	4.329.225,0	18.402,60	20.500,90	99.443,80	113.878,90	995,00	1.223,10	15.060,90	18.874,00
OS	6.542,8	18.415,6	31,60	90,90	289,30	872,10	13,60	43,29	217,90	744,10
TOT.	5.611.170,4	7.900.097,0	27.216,47	37.746,93	174.518,47	281.766.722.135,78	3.854,69	34.492,37	64.428,58	

Em termos de perda média de solo por unidade de área, os Solos Litólicos atingem o maior índice (145,67 ton/ha/ano), seguido do Brunizem Avermelhado e do Podzólico Vermelho-Amarelo. Vem a seguir o Latossolo Vermelho-Amarelo (90,35 ton/ha/ano) que são solos argilosos, ocupando 2,5% da área, geralmente em relevo movimentado. Enquanto isto, os outros solos com B latossólico (Latos-

solo Vermelho-Escuro, Latossolo Roxo e Latossolo Bruno) que apresentam as menores perdas unitárias de solo, são os solos mais utilizados no estado e onde ocorre o manejo mais desenvolvido. As perdas estimadas para os Solos Litólicos são agravadas pelo manejo sem tecnologia a que são submetidos. Estes solos são usados, prioritariamente, por pequenos produtores, com agricultura de subsis-

tência, geralmente ocasionando a degradação do solo.

Quanto à perda de nutrientes, estima-se a partir da fertilidade natural dos solos,

apresentada no quadro 4 com seus valores mínimos e máximos e, no quadro 5, com os valores médios e as perdas por unidade de área.

Quadro 5 — Perda médias e unitária de nutriente nas principais classes de solo

Classe de solo	Área mil ha	Calcário ¹		P ₂ O ₅		K ₂ O		N		Mat. Orgânica	
		méd. 2	un. 3	méd.	un.	méd.	un.	méd.	un.	méd.	un.
Latossolo Verm. Am.	493,8	21,2	42,9	0,211	0,43	2,20	4,5	126,4	256,0	2,450	4,960
Latossolo Verm. Esc.	2.416,2	98,9	40,9	1,375	0,60	5,82	2,4	103,0	42,6	2,010	830
Latossolo Roxo	2.896,5	235,0	81,1	0,535	0,20	13,49	4,7	221,2	76,3	3,690	1,270
Latossolo Bruno	405,9	19,7	48,5	0,048	0,12	1,53	3,8	85,0	135,5	1,210	2,980
Terra Roxa Estrut.	3.496,9	764,4	218,6	0,541	0,15	42,28	12,1	317,2	90,7	4,490	1,290
Terra Roxa Estrut. Sim.	272,2	33,4	122,4	0,087	0,24	2,15	7,9	80,3	294,4	1,290	4,730
Podzólico Verm. Am.	2.902,0	457,5	157,6	2,531	0,87	18,34	6,3	308,4	106,3	4,950	1,710
Camبسоло	2.258,6	301,1	133,3	1,438	0,64	19,81	8,8	516,5	228,7	10,000	4,430
Brunizem Avermelhado	451,0	696,0	1.547,7	6,222	13,80	15,29	33,9	130,1	288,5	1,930	4,280
Solos Litólicos	3.147,9	4.114,0	1.306,9	19,451	6,18	106,66	33,9	1.109,1	362,3	16,970	5,390
Outros solos	618,8	12,5	20,2	0,061	0,10	0,58	0,9	28,5	46,1	480	780
TOTAIS	19.382,4	6.755,7	348,9	32,480	1,88	228,15	11,8	2.995,7	154,7	49,470	2,550

1. Calcário dolomítico com 100% de PRNT
2. Perdas médias de nutrientes, em mil toneladas
3. Perdas unitárias de nutrientes, em kg/ha/ano.

Das perdas de nutrientes estimadas, os Solos Litólicos contribuem com mais de 50%, à exceção do nitrogênio e da matéria orgânica, onde a contribuição chega aos 35%. A Terra Roxa Estruturada destaca-se na perda de calcário e de K₂O, enquanto o Brunizem Avermelhado na perda de calcário e P₂O₅.

As perdas de nitrogênio e de matéria orgânica ocorrem em grandes quantidades na maioria das classes dos solos, em virtude de seus elevados teores, principalmente se considerar-se que os perfis estudados são descritos e coletados preferencialmente em locais onde ocorre vegetação nativa.

No que se refere às perdas unitárias de nutrientes, destacam-se o Brunizem Avermelhado e os Solos Litólicos, que têm altas quantidades de Ca + Mg, P₂O₅ e K₂O e médias quantidades de nitrogê-

nio e matéria orgânica. Destaca-se também o Latossolo Vermelho-Amarelo, com perdas de 256,0 e 4.969 kg/ha/ano de nitrogênio e matéria orgânica, respectivamente.

Quantificadas as perdas de nitrogênio, fósforo, potássio e calcário, foram obtidos valores da ordem de 179 bilhões de cruzeiros no mínimo e, 310 bilhões de cruzeiros no máximo para reposição de nutrientes (quadro 6). Estes valores se referem à perda de fertilidade natural do solo, não estando incluídas as perdas com fertilizantes e corretivos aplicados, os quais, com exceção da pequena parte absorvida pelas culturas, são também perdidos. A estes gastos devem ser acrescidas, também, as perdas de sementes e os gastos de aplicação de adubos, preparação e semeio das culturas e tratos culturais, além da perda da produção das culturas.

Quadro 6 — Equivalente em fertilizantes e corretivos, dos nutrientes perdidos anualmente

nutrientes perdidos equiv.	quant. (mil ton.)		nome	fertilizantes e corretivos quant. (mil ton.)		valor equivalente do nutriente perdido					
	min	max		min	max	em milh. de cruzeiros		em milh. de ORTNs		em milh. de US\$	
						min	max	min	max	min	max
N	2.135,78	3.854,69	sulfato de amônio	10.678,90	19.273,45	143.737,99	259.420,64	223,12	402,88	2.542,24	4.588,27
P ₂ O ₅	27,22	37,75	superfosfato simples	136,10	188,75	1.835,92	2.268,78	2,54	3,52	28,93	40,13
K ₂ O	174,52	281,77	cloreto de potássio	290,87	469,62	5.395,35	8.710,98	8,37	13,52	95,43	154,07
CaCO ₃	5.611,17	7.900,10	calcário dolomítico	5.611,17	7.900,10	28.055,85	39.500,50	43,55	61,31	496,21	698,63
			totais	16.717,04	27.831,92	178.825,11	309.900,90	277,58	481,03	3.162,81	5.481,10

adubos químicos utilizados valor por ton. em setembro/80				
nome	concentr.	Cr\$	ORTNs	US\$
sulfato de amônio	20% de N	13.460,00	20,89	238,06
superfosfato simples	20% de P ₂ O ₅	12.020,00	18,66	212,59
cloreto de potássio	60% de K ₂ O	18.549,00	28,03	328,07
calcário dolomítico	100% de PRNT	5.000,00	7,76	88,43

cotação:
ORTN - Cr\$ 864,23
US\$ - Cr\$ 56,54

A ocupação indevida de solos altamente susceptíveis à erosão causa prejuízos de grande monta ao recurso-solo, que é perdido muito rapidamente. Porém, os prejuízos ora estimados podem ser minimizados ou mesmo anulados com uma ocupação planejada, que tem por base a avaliação de aptidão agrícola dos solos.

Também, devem ser acrescidos os imensuráveis prejuízos sociais pela perda anual de até 1.820,5 milhões de toneladas de solo e os prejuízos econômicos que este solo causa diminuindo em até 50% a vida útil de obras hidráulicas pelo assoreamento causado por 1,8 bilhões de m³ de solo, ricos em nutrientes e que eutrofiza violentamente rios, lagos e mares, suficientes para assorear um reservatório como o de Itaipu (29 bilhões de m³)¹ em apenas dezesseis anos.

DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

Os 1,8 bilhões de toneladas de solo e os 310 bilhões de cruzeiros (cerca de 5,5 bilhões de dólares) que estima-se serem perdidos anualmente no Estado do Paraná, mostram o perigo que representa a erosão do solo e, a responsabilidade que a sociedade tem na minimização deste perigo.

Os valores aqui obtidos constituem uma visão ampla e rápida do que pode estar acontecendo no Estado do Paraná e em toda a Região Centro-Sul do País. Tais valores precisam ser reavaliados pela pesquisa e pelas observações dos técnicos extensionistas, ambos responsáveis diretos pela execução de uma agricultura racional e produtiva.

Os dados aqui apresentados, embora estimativos, devem ser utilizados para alertar as pessoas envolvidas no uso da terra de um problema sério que contribui decisivamente para o empobrecimento econômico e social da nação, privando-a, ano a ano, de um recurso já escasso, que é o solo.

ABSTRACT

PREDICTION OF SOIL AND NUTRIENTS LOSSES BY EROSION IN THE STATE OF PARANÁ — BRAZIL. A methodology for prediction of soil and

nutrients losses by erosion was developed, based on the soil surveys and on the agricultural suitability of lands carried out by SNLCS/EMBRAPA. The quantification of soil loss, in ton/ha/year, was based on the limiting degrees due to susceptibility to erosion of the soil units described. It was considered: thickness, bulk density of the superficial and underlying horizons, clay content, soil structure, Ca, Mg, K, P, C and N contents to a depth of 20 cm.

The methodology was applied in the prediction of erosion losses in the soils of the State of Paraná. These soils were grouped according to criteria considering the susceptibility to erosion and, for each group, it was established the annual loss of soil and limestone, K₂O, P₂O₅, organic matter and nitrogen. The quantification of macronutrients lost was based on the equivalent losses of commercial fertilizers.

BIBLIOGRAFIA

- BISCAIA, R.C.M. Perdas de solo em diferentes tipos de preparo para a sucção soja-trigo, sob chuva natural. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2., Passo Fundo, 1978. Anais. Passo Fundo, EMBRAPA-CNPT, 1978. p. 237-246.
- CASSOL, E.A. Perdas de solo por erosão sob chuva natural na cultura da soja, em manejo de solo convencional e em plantio direto, em solo Santo Angelo (Latosolo Roxo distrófico). In: REUNIÃO SOBRE PLANTIO DIRETO, Londrina, 1977. Síntese. Londrina. EMBRAPA-CNPSo, 1977. p. 22-24.
- DEDECEK, R.A. Perdas de solo, água e nutrientes sob chuva natural num Latossolo Vermelho-Escuro de Brasília -DF. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2., Passo Fundo, 1978. Anais. Passo Fundo, EMBRAPA-CNPT, 1978. p. 297-310.
- ELTZ, F. L. F.; COGO, N. P. & MIELNICZUK, J. Perdas por erosão em diferentes manejos de solo e coberturas

(1) Itaipu binacional, Relatório Resumido do Projeto Itaipu.

- vegetais em solo Laterítico Bruno-Avermelhado distrófico (São Jerônimo). I. Primeira fase experimental. R. Bras. Ci. Solo, 1: 123-127, 1977.
- ELTZ, F. L. F.; ABRAÃO, P. U. R.; CASSOL, E. A. & GUERRA, M. Perdas de solo por erosão sob chuva natural na cultura do milho, em solo Podzólico Vermelho-Amarelo (unidade de mapeamento São Pedro). In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2., Passo Fundo, 1978. Anais. Passo Fundo. EMBRAPA-CNPT, 1978. p. 285-288.
- GIANLUPPI, D.; SCOPEL, I. & MIELNICZUK, J. Alguns prejuízos da erosão do solo no Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1979. 11 p. (Trabalho apresentado no 17º Congresso Brasileiro de Ciências do Solo, Manaus, 1979).
- GROHMANN, F.; VERDADE, F. da C. & MARQUES, J. Q. de A. Perdas de elementos nutritivos pela erosão. II. Elementos minerais e carbono. Bragantia, 15: 361-371, 1956.
- GUERRA, M.; CASSOL, E. A. & ELTZ, F. L. F. Perdas de solo e água por erosão sob diferentes tipos de manejo de solos e coberturas vegetais em Latossolo Roxo distrófico (unidade de mapeamento Santo Ângelo). In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, Passo Fundo, 1978. Anais. Passo Fundo, EMBRAPA-CNPT, 1978. p. 257-265.
- LOMBARDI NETO, F. & BERTONI, J. Tolerância de perdas de terra para solos do Estado de São Paulo. Campinas, Instituto Agrônomo, 1975. 12, p. (IAC, Boletim Técnico, 28).
- MONDARDO, A. et alii. Perdas por erosão em cafeeiro sob chuva natural e chuvas simuladas, em Latossolo Roxo distrófico, com 6% de declive. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2., Passo Fundo, 1978. Anais. Passo Fundo, EMBRAPA-CNPT, 1978. p. 281-284. (Resumo).
- RAMALHO FILHO, A.; PEREIRA, E. G. & BEEK, J. K. Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras. Brasília, Ministério da Agricultura. SUPLAN/EMBRAPA - SNLCS, 1978. 70 p.
- REUNIÃO TÉCNICA DE LEVANTAMENTO DE SOLOS, 10., Rio de Janeiro, 1979. Súmula. Rio de Janeiro, EMBRAPA-SNLCS, 1979. 83 p.
- SARAIVA, O. F. Perdas por erosão sob precipitação natural em diferentes manejos de solos e coberturas vegetais. I. Solo da unidade de mapeamento São Jerônimo - 2a. etapa experimental. Porto Alegre, UFRGS, 1978. 126 p. (Tese Mestrado).
- WUNSCH, W. A. & DERNARDIN, J. E. Perdas de solo e escoamento de água sob chuva natural em Latossolo Vermelho-Escuro nas culturas de trigo e soja. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2., Passo Fundo, 1978. Anais. Passo Fundo, EMBRAPA-CNPT, 1978. p. 289-296.

OPINIÃO

Esta coluna será aberta para que os associados da SBSC tenham um espaço onde possam analisar, criticar, sugerir, opinar sobre as mais diversas áreas científicas, sociais, econômicas, políticas, culturais dentro do campo da Ciência do Solo. Deixamos bem claro que o associado deverá assumir total responsabilidade sobre os conceitos emitidos, uma vez que a SBSC só poderia responsabilizar-se ou encampar aqueles conceitos aprovados em assembléia. O espaço está aberto, e você associado, é que deverá preenchê-lo.