

# BRAGANTIA

*Boletim Técnico do Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo*

Vol. 15

Campinas, novembro de 1956

N.º 27

## PERDAS DE ELEMENTOS NUTRITIVOS PELA EROSÃO. II—ELEMENTOS MINERAIS E CARBONO (\*)

F. GROHMANN E F. C. VERDADE, *engenheiros-agrônomos, Seção de Agrogeologia e*  
J. QUINTILIANO A. MARQUES, *engenheiro-agrônomo, Seção de Conservação do Solo,*  
*Instituto Agrônomo*

### RESUMO

No presente trabalho procurou-se conhecer as perdas por erosão, dos elementos minerais e carbono na terra-roxa-misturada, quando submetida a práticas agrícolas diversas. Com essa finalidade foram usados coletores de enxurrada, do tipo Geib. No material sólido arrastado pela erosão, como também na enxurrada, foram feitas análises químicas dos principais elementos minerais e carbono. Procurou-se, também, estudar as relações entre a quantidade de material arrastado e volume de enxurrada com a composição química desses mesmos materiais. Procurou-se verificar a influência das diversas práticas agrícolas na composição da enxurrada, bem como a influência do material sólido em suspensão, na composição química da enxurrada.

### 1 — INTRODUÇÃO

Os elementos nutritivos minerais e matéria orgânica do solo diferem do elemento nitrogênio, quanto aos fenômenos erosivos, porque os primeiros têm o solo como única fonte responsável para aquelas perdas, ao passo que são a chuva e o solo que contribuem com parcela apreciável no caso das perdas de nitrogênio.

As quantidades dos elementos minerais perdidos por erosão são proporcionais às quantidades de solo e água arrastadas e ao teor em que esses elementos se encontram no solo.

Sob o ponto de vista da manutenção da fertilidade do solo, o problema das perdas de elementos minerais por erosão é de grande importância, e a avaliação dessas perdas vem esclarecer e melhor orientar o planejamento de práticas agrícolas a serem empregadas na agricultura.

O presente trabalho estuda as perdas dos principais elementos nutritivos e suas relações com o volume de enxurrada e quantidade de material arrastado por erosão, dos quais o elemento nitrogênio já foi estudado e apresentado em trabalho anterior (8).

(\*) Recebido para publicação em 3 de fevereiro de 1956.

## 2 — MATERIAL E MÉTODOS

A descrição do solo e suas características químicas, como também a dos talhões experimentais, já foram dadas anteriormente (8).

As amostras de enxurradas e material sólido arrastado foram coletadas segundo técnica já apresentada e a análise compreendia o seguinte:

pH — uma amostra de enxurrada de 100 ml é dosada potenciométricamente; no material sólido arrastado o processo é o descrito por Paiva e outros (6);

C — a dosagem do carbono na enxurrada foi feita por via úmida, secando-se u'a amostra de 150 ml e, a seguir, utilizando o método descrito por Paiva (6); no material sólido arrastado o método empregado foi o da via seca.

As dosagens do Ca e Mn trocáveis e  $P_2O_5$  solúvel foram feitas também pelos métodos indicados por Paiva e outros (6). O K foi dosado por fotometria de chama (2), e o Mg pelo método da 8-hidroxiquinolina (4).

Para a análise na enxurrada, dos elementos citados anteriormente, adicionavam-se 5 ml de ácido clorídrico concentrado a quatro litros de enxurrada, concentrava-se e o volume era acertado para 250 ml. Neste extrato foram dosados o K, P, Ca, Mg e Mn. Evidentemente não poderíamos considerá-los como elementos trocáveis e comparáveis aos das dosagens efetuadas no material sólido arrastado, visto têmos empregado uma apreciável concentração de ácido clorídrico. Porém, como os solos terra-roxa não possuem minerais primários (7) essas quantidades podem ser consideradas como trocáveis.

As práticas agrícolas utilizadas nos talhões experimentais com a cultura de algodão, são dadas a seguir.

A — **Alternância de capinas.** Plantio em contôrno e capinas alternadas. Êste tratamento correspondia ao talhão 1 em 1950-51, e ao talhão 4 em 1951-52.

B — **Cordões de cana em contôrno.** Plantio em contôrno e capinas maciças, faixas estreitas de cana de açúcar em intervalos de 25 metros. Tratamento 2 em 1950-52.

C — **Plantio em contôrno.** Plantio em contôrno, capinas maciças. Êste tratamento correspondia ao talhão 3 em 1950-51, e ao talhão 1 em 1951-52.

D — **Morro abaixo.** Plantio segundo as linhas de maior declive. Êste tratamento correspondia ao talhão 4 em 1950-51, e talhão 3 em 1951-52.

## 3 — RESULTADOS EXPERIMENTAIS

O estudo permitiu avaliar as perdas dos elementos nutritivos para o solo em questão, e as relações entre a concentração desses elementos nutritivos e o volume de enxurrada e material sólido arrastado.

## 3.1 PERDAS TOTAIS DE ELEMENTOS NUTRITIVOS

As perdas totais de elementos nutritivos obtidas nos talhões experimentais com a cultura de algodão, para os anos agrícolas de 1950-51 e 1951-52, encontram-se no quadro 1.

Pelo exame do quadro 1, vemos que a eficiência dos tratamentos empregados, no controle das perdas por erosão, obedece à ordem seguinte: **cordões de cana, alternância de capinas, plantio em contorno e morro abaixo.**

Sendo as perdas totais de elementos minerais proporcionais às perdas de solo e enxurrada, não há ação específica de tratamentos no controle de determinado elemento mineral.

Para se comparar as perdas totais de elementos minerais por erosão com as quantidades existentes no solo, calculou-se a quantidade por hectare das diversas substâncias, tomando-se por base a profundidade de 25 cm, a massa específica do solo como 1,17, e os teores médios expostos no quadro 1 de trabalho já publicado (6).

<i>Substância</i>	<i>Quantidade em 25 cm de profundidade Kg/Ha</i>
Matéria orgânica expressa em C .....	41.900,0
K <sub>2</sub> O .....	151,5
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .....	581,6
CaO .....	2.200,0
MgO .....	241,8

Comparando as quantidades de elementos minerais existentes até 25 cm de profundidade, com as quantidades perdidas pela erosão, nos diversos tratamentos, verifica-se que as perdas do elemento C são as mais altas, mas, proporcionalmente às quantidades existentes no solo, são as menores. Por outro lado, o potássio (K) e o fósforo (P) apresentam as menores perdas por erosão, mas como as quantidades destes últimos existentes no solo são relativamente pequenas, são, portanto, os elementos que estão sujeitos a maior desgaste no solo. O cálcio e magnésio estão entre os dois extremos representados pela matéria orgânica e pelo potássio.

QUADRO 1. — Perdas de elementos minerais e carbono na enxurrada e no solo transportado, nos anos agrícolas de 1950-1952, em talhões experimentais cultivados com algodoeiro na Estação Experimental Central de Campinas, em solo tipo terra roxa misturada

Tratamentos	1950 — 1951						1951 — 1952							
	Enxurrada e solo transportado	C	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CaO	MgO	MnO	Enxurrada e solo transportado	C	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CaO	MgO	MnO
	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha
Cordões de cana	E <sup>(1)</sup>	146.020,0	1,40	0,45	0,60	0,12	0,03	14.560,0	1,04	0,16	0,03	0,19	0,02	tr.
	S <sup>(2)</sup>	119,1	1,63	0,01	0,07	0,02	0,03							
	Total	3,03	0,46	0,08	0,67	0,14	0,06		1,01	0,16	0,03	0,19	0,02	tr.
Alternância de capinas	E	417.106,5	5,53	1,07	1,29	0,46	0,12	62.788,0	0,51	0,16	0,03	0,31	0,06	0,02
	S	4.301,0	76,57	0,74	6,25	0,65	1,58							
	Total	82,10	1,81	2,16	7,54	1,11	1,70		17,41	0,28	0,41	1,25	0,16	0,08
Contorno	E	684.882,0	7,46	1,69	1,95	0,60	0,18	52.932,0	2,45	0,91	0,12	1,03	0,24	0,03
	S	23.993,6	433,4	3,15	21,79	3,19	4,56							
	Total	440,8	4,84	0,43	23,74	3,79	4,74		19,25	1,03	0,39	2,01	0,38	0,07
Morro abaixo	E	974.638,7	12,79	3,14	3,10	1,14	0,21	204.943,0	1,76	0,60	0,15	0,78	0,19	0,07
	S	40.180,0	736,9	6,27	17,03	43,84	6,64							
	Total	749,8	9,41	17,40	46,94	6,70	6,85		98,80	1,25	1,98	5,68	0,88	0,39

(1) enxurrada em l/ha

(2) solo transportado em kg/ha

### 3.2 — RELAÇÃO ENTRE OS TEORES DOS ELEMENTOS MINERAIS COM O VOLUME DE ENXURRADA E QUANTIDADE DE MATERIAL SÓLIDO ARRASTADO

As perdas de elementos minerais arrastadas ou levadas por erosão são proporcionais aos volumes de enxurrada e ao peso do material sólido arrastado, para um determinado tipo de solo, entrando como fator preponderante a maior ou menor quantidade desses elementos existentes no solo

Procurou-se estudar se o volume de enxurrada e a quantidade de material sólido arrastado exerciam alguma influência na concentração dos elementos minerais nos produtos da erosão. Para esse fim escolheu-se o tratamento **D — Morro abaixo**, visto ser o tratamento que mais evidenciava os fenômenos erosivos, pelo número e quantidade de perdas por erosão, apresentados.

Verificou-se, pois, que a concentração das substâncias, exceto para o Ca, não apresentava relação com o volume de enxurrada, isto é, as enxurradas possuíam teores relativamente constantes, independentes do seu volume.

As médias e a variabilidade dos elementos nutritivos na enxurrada, exceto para o Ca, encontram-se no quadro 2.

QUADRO 2. — Teores médios, máximos e mínimos, e variabilidade dos elementos minerais perdidos por erosão, exceto para o Cálcio, no tratamento "Morro abaixo"

Elemento	Enxurrada				Material sólido transportado			
	Média	Limite máximo	Limite mínimo	S (1)	Média	Limite máximo	Limite mínimo	S (1)
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g
Carbono -----	12,9	39,1	tr.	7,28	1.716,0	2.935,0	1.340,0	106,0
K <sub>2</sub> O -----	3,8	12,7	1,41	3,01	14,5	31,6	6,0	4,3
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -----	0,5	1,3	0,1	0,40	40,6	68,7	23,3	10,7
MgO -----	1,1	4,7	0,3	0,85	12,8	20,6	4,5	3,6
MnO -----	0,2	0,5	tr.	0,13	13,8	89,2	4,3	5,0
CaO -----	-----	-----	-----	-----	99,5	153,2	65,0	20,3
pH -----	6,7	7,6	6,2	1,08	5,4	5,95	4,90	0,3

(1) S = variabilidade

Pelo exame do quadro 2 nota-se que a variabilidade do teor dos elementos na enxurrada é bastante grande, e esta variação é independente do volume da mesma, exceto para o Ca.

Na figura 1 é apresentada a relação do teor em cálcio na enxurrada, em todos os tratamentos, em função do volume da mesma. Nota-se que o teor do CaO é inversamente proporcional ao volume de enxurrada.

Procurou-se, também, relacionar o teor dos seus elementos K, Ca, P, Mg e Mn no material sólido arrastado, com a quantidade total do

material sólido arrastado, verificando-se não haver relação alguma. Como podemos verificar pelos dados no quadro 2 a variabilidade de cada elemento é relativamente grande.

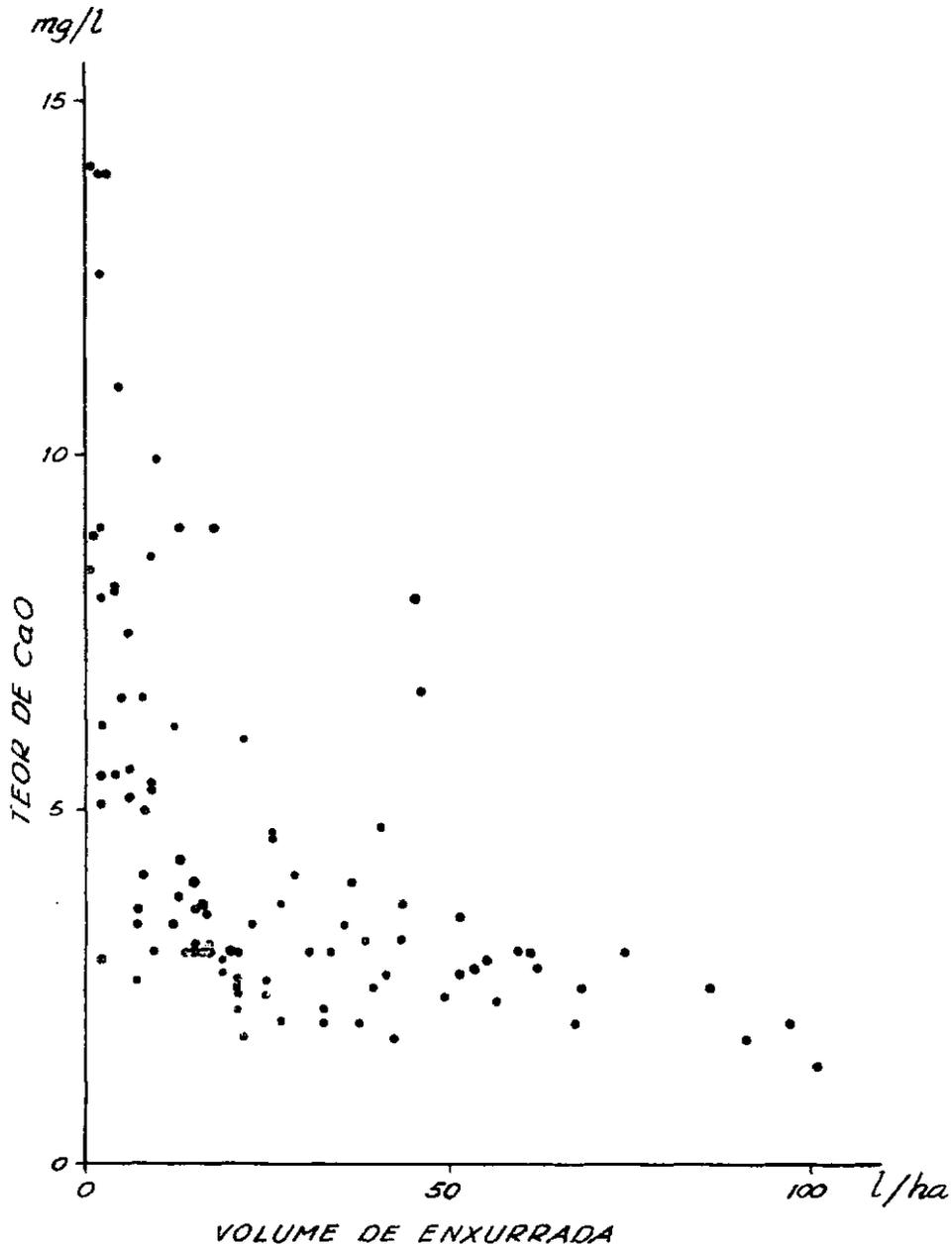


FIGURA 1. — Relação entre o volume de enxurrada e o teor em óxido de cálcio.

Considerando tanto a enxurrada como o material sólido arrastado, podemos dizer que não existe relação entre as concentrações de elementos minerais e as quantidades de água e solo perdidas por erosão. Assim sendo, conclui-se que as perdas de elementos minerais são influenciadas pelo total de água e solo transportados e não por diferenças quantitativas nas concentrações dos elementos minerais, nessa mesma enxurrada ou material sólido transportado.

Ao comparar as médias dos teores dos elementos no solo original e no material arrastado no tratamento **morro abaixo**, evidencia-se a maior riqueza no material erodido em relação ao solo original. Tal situação podemos observar nos dados abaixo:

	<i>Comp. média do solo até 25 cm de profund. mg/100g</i>	<i>Composição média do material arrastado mg/100g</i>	<i>Diferença %</i>
Carbono -----	1.410,0	1.716,0	22
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -----	20,0	40,6	103
K <sub>2</sub> O -----	5,2	14,5	190
CaO -----	75,4	99,5	32
MgO -----	8,3	12,8	54
MnO -----	9,6	13,8	44

A maior riqueza do solo arrastado pela erosão poderá ser explicada em virtude da ação selecionadora da enxurrada, que transporta, primeiramente e em maior proporção, as partículas mais finas, mais ativas do solo, e, portanto, as mais ricas em elementos minerais, ao passo que, em relação ao solo original, temos uma média de composição até 25 cm de profundidade. A erosão, atuando sobre a superfície do solo, tende a transportar o solo mais rico. Se adicionarmos a riqueza em elementos minerais da enxurrada, ao material arrastado, isto elevaria ainda mais a riqueza do material arrastado, em comparação com o solo original.

Trabalhos realizados por Neal (5) e Bedell (1) acentuam o fato de ser o material erodido mais rico que o solo original e chamam a atenção de serem as perdas por erosão do potássio e fósforo, maiores que as quantidades desses elementos retirados do solo por culturas. A essa mesma conclusão se chegou em trabalho por nós publicado (3) onde chamamos a atenção de que as perdas dos elementos nutritivos por erosão são bem mais elevadas aí, comparadas com a quantidade desses mesmos elementos minerais retirados do solo pela cultura algodoeira.

#### 3.4 — INFLUENCIA DO MATERIAL SÓLIDO EM SUSPENSÃO, NA E DO MATERIAL SÓLIDO ARRASTADO

No quadro 3 apresentamos as médias dos elementos minerais, tanto na enxurrada como no material sólido arrastado, referentes ao ano agrícola de 1950-51; os dados de 1951-52 eram muito escassos.

Pelo exame dos referidos dados nota-se que não há influência de um determinado tratamento na concentração dos elementos minerais no material erodido. As maiores discrepâncias encontradas referem-se ao tratamento **cordões de cana**, em virtude deste tratamento ter apresentado pequeno arrastamento de materiais sólidos.

#### 3.4 — INFLUÊNCIA DO MATERIAL SÓLIDO EM SUSPENSÃO NA COMPOSIÇÃO DA ENXURRADA

Preliminarmente, procurou-se estabelecer possível relação entre a do-se à conclusão que tal não havia. Por outro lado, se relações houver quantidade de material em suspensão e o volume de enxurrada, chegan-

QUADRO 3. -- Composição média da enxurrada e do material sólido arrastado, para os diversos tratamentos, durante o ano agrícola de 1950-51

Elementos	Erosão	Tratamentos			
		Cordões de cana (1)	Alternância de capinas (2)	Contorno (3)	Morro abaixo (4)
Carbono	e (1) t (2)	8,6 1.361,0	14,5 1.678,0	11,9 1.642,0	12,9 1.716,0
K <sub>2</sub> O	e t	3,4 10,9	2,6 17,0	2,7 12,9	3,8 14,5
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	e t	0,25 32,0	0,34 45,6	0,39 45,0	0,5 40,6
CaO	e t	61,5	144,0	88,5	99,5
MgO	e t	1,06 13,6	1,3 15,7	2,1 12,4	1,1 12,8
MnO	e t	0,18 22,1	0,27 33,8	0,24 18,4	0,29 13,8
pH	e t	7,1 5,3	5,9 5,9	6,8 5,3	6,7 5,4

(1) e = enxurrada

(2) t = material transportado

entre o teor de elementos na enxurrada e o teor dos sólidos em suspensão, isto não altera em nada as considerações de que a composição da enxurrada não é afetada pelo volume da mesma, exceto para o cálcio.

Ao estabelecer as relações entre as quantidades de elementos nutritivos em mg/l e a concentração dos sólidos em suspensão, verificamos que parece existir alguma relação para o carbono, como indica a figura 2. Os demais elementos seguem aproximadamente o que se observa na figura 3, ou apresentam pontos mais esparsos ainda, porém sem nenhuma relação.

#### 4 — CONCLUSÕES

Pelos resultados do presente trabalho, conclui-se o que é dado a seguir:

- 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) as perdas totais de K<sub>2</sub>O e P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> são as mais críticas, em virtude do pequeno teor geralmente existente no solo;

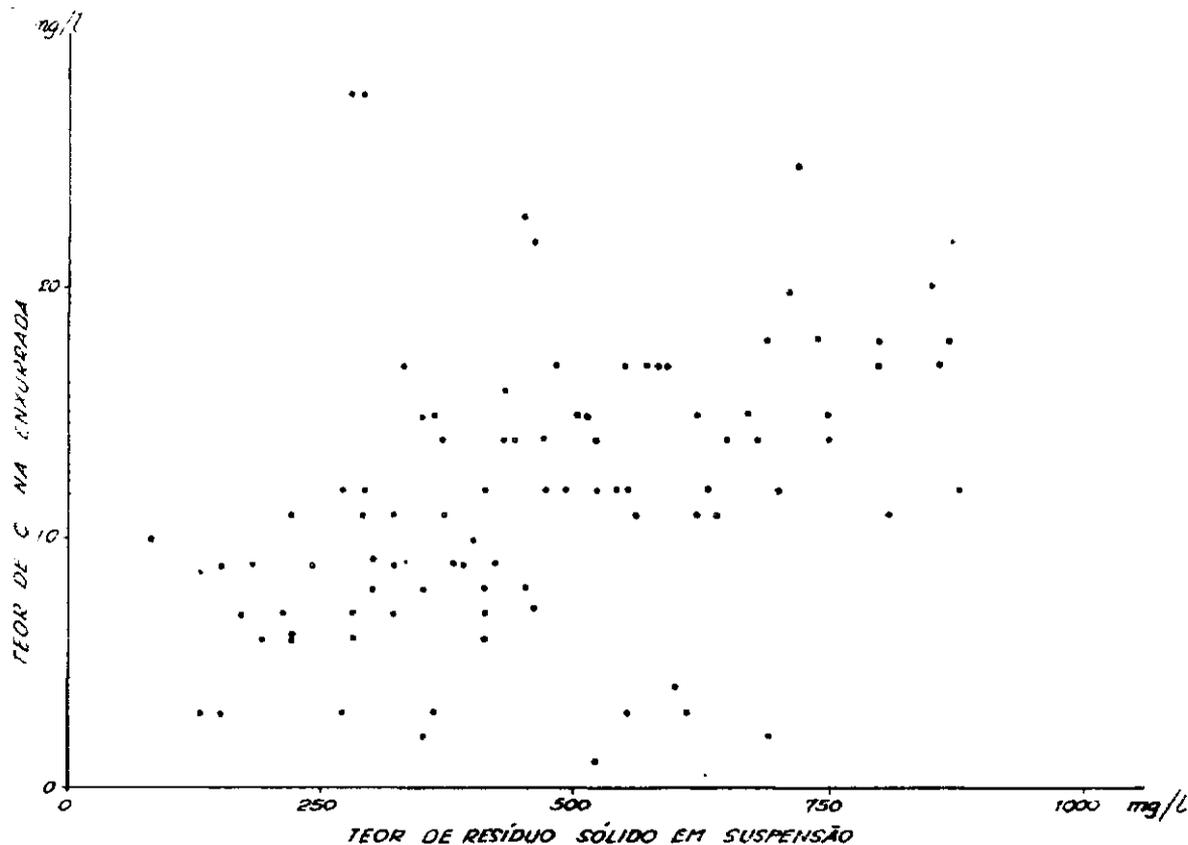


FIGURA 2. — Relação entre a concentração da matéria orgânica (expressa em função do teor de carbono) na água de enxurrada e a quantidade de resíduo sólido em suspensão.

- c) o teor dos 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, podemos 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.

#### PLANT NUTRIENT LOSSES CAUSED BY EROSION. II. MINERALS AND CARBON

#### SUMMARY

The losses of mineral nutrients caused by erosion in plots submitted to different farming practices was studied. The runoff and transported soil were collected by means of a Geib measuring device and then analysed chemically.

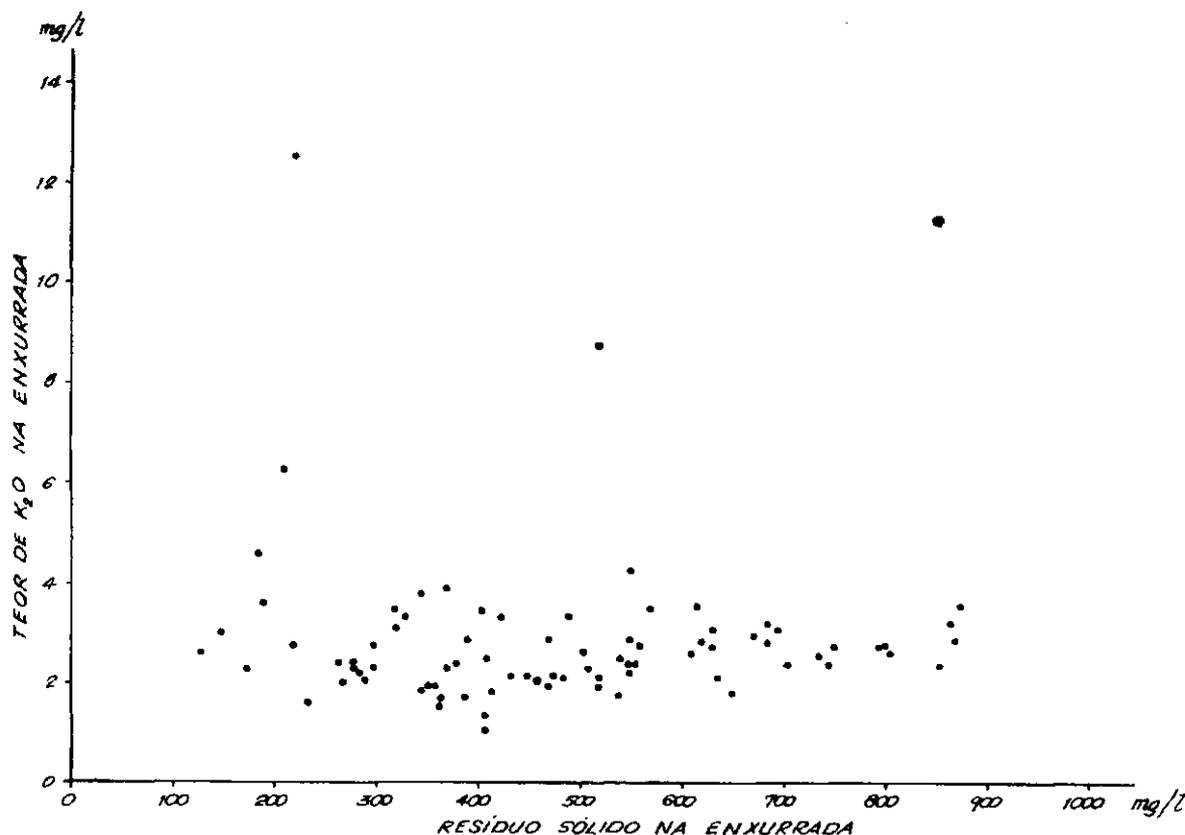


FIGURA 3. — Relação entre a quantidade de resíduos sólidos em suspensão e o teor em  $K_2O$  na enxurrada.

The results indicated that the amount of nutrients lost by erosion from the plots that received the various farming practices was not affected by the treatments, but were proportional to the total amount of transported soil and to the total volume of runoff.

A greater amount of plant nutrients was lost in the form of transported soil than dissolved or suspended in the runoff.

The concentration of nutrients in the runoff was not correlated to its volume, except for calcium.

The analyses of samples of transported soil and runoff, collected after a few rains, allow a good estimate of the annual losses to be made.

### LITERATURA CITADA

1. BEDELL, G. D., KOHNKE, H. & HICKOK, R. B. The effects of two farming systems on erosion from cropland. Soil Science Society of America, 1946. Proceedings. p. 522-526.
2. CATANI, R. A. & PAIVA, J. E. (neto). Dosagem do K e Na pelo "Fotômetro de chama". Sua aplicação na análise de solo. *Bragantia* 9:[175]-183. 1949.
3. GROHMANN, F. & CATANI, R. A. O empobrecimento causado pela erosão e pela cultura algodoeira no solo do Arenito Bauru. *Bragantia* 9:[125]-132. 1949.

4. **KÜPPER, A.** Dosagem do magnésio pela 8-hidroxiquinolina. *In* Reunião Brasileira de Ciência do Solo, 2.<sup>a</sup>, Rio de J., 1953. Anais. p. 144.
5. **NEAL, O. R.** Removal of nutrients from the soil by crops and erosion. *J. Amer. Soc. Agron.* 36:[601]-607. 1944.
6. **PAIVA, J. E. (neto), CATANI, R. A., QUEIROZ, M. S. & KÜPPER, A.** Contribuição ao estudo dos métodos analíticos e de extração para a caracterização química dos solos do Estado de São Paulo. *In* Reunião Brasileira de Ciência do Solo, 2.<sup>a</sup>, Rio de J., 1950. Anais. p. 79-108.
7. ———, **KÜPPER, A., CATANI, R. A. & MEDINA, H. P.** Estudo pedológico da Estação Exp. de Ribeirão Preto. *In* Reunião Brasileira de Ciência do Solo, 2.<sup>a</sup>, Rio de J., 1953. Anais. p. 341-442.
8. **VERDADE, F. C., GROHMANN, F. & MARQUES, J. Q. A.** Perdas de elementos nutritivos por erosão. I — Nitrogênio e suas relações com as quantidades existentes no solo e na água de chuva. *Bragantia* 15:[99]-106. 1956.