

COMISSÃO VI - CONSERVAÇÃO E MANEJO DO SOLO E DA ÁGUA

INTENSIDADE DE PERDAS DE NUTRIENTES EM UM PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO, UTILIZANDO-SE SIMULADOR DE CHUVA ⁽¹⁾

D. V. S. RESCK ⁽²⁾, M. de S. FIGUEIREDO ⁽³⁾, B. FERNANDES ⁽³⁾,
M. RESENDE ⁽³⁾ & T. C. A. da SILVA ⁽³⁾

RESUMO

Com simulador de chuva, foram avaliadas as perdas de nutrientes ocorridas na enxurrada, objetivando-se quantificá-las e entender os processos que as regem. Aplicaram-se três intensidades de chuvas em cada uma das quatro parcelas localizadas em um Podzólico Vermelho-Amarelo cambico distrofico fase terraço: a primeira, com 62mm/h durante sessenta minutos; a segunda, com 58mm/h durante trinta minutos, 24 horas após a primeira chuva, e, a terceira, com 112mm/h durante dezoito minutos, quinze minutos após a segunda chuva.

As maiores perdas ocorreram com cálcio, seguidas de magnésio, potássio, alumínio e fósforo, em quantidades maiores, porém em ordem semelhante à composição química original do solo. As perdas de matéria orgânica devidas à enxurrada foram equivalentes a 410kg/ha, correspondendo a 0,9% da matéria orgânica existente no solo. A relação potássio/cálcio do solo, que era originalmente 1:13,5, modificou-se para 1:14, 1:18 e 1:20 respectivamente após a aplicação da primeira, segunda e terceira chuva.

As taxas de enriquecimento dos elementos na amostra da enxurrada começaram a decrescer da primeira para a segunda e da segunda para a terceira chuva, semelhantemente às perdas de matéria orgânica, enquanto as perdas de solo aumentaram nessa ordem.

SUMMARY: INTENSITY LOSSES OF NUTRIENTS IN A RED YELLOW PODZOLIC SOIL USING A RAINFALL SIMULATOR

Losses of nutrients in the runoff of a Red Yellow Podzolic cambic distrofic soil terrace phase were studied with the application of three rainfall intensities using a rotating-boom rainfall simulator. It was observed that the largest losses in a decreasing order were: calcium, magnesium, potassium, aluminium and phosphorus. This same pattern was followed by soil chemical composition before the tests began.

The K/Ca ratio in the soil was 1:13.5 and changed to 1:14, 1:18 and 1:20 after the 1st, 2nd and 3rd rains application, respectively.

The runoff enrichment index of the elements in the sample decreased from the first to the third rain, in the same way as the organic matter loss, while the soil loss increased in this order. Organic matter was determined to be the highest loss due to the runoff in a rate of 410kg/ha, which corresponds to 0.9% of the organic matter in the soil.

INTRODUÇÃO

Um dos grandes problemas que a erosão provoca é a perda de nutrientes, a qual não vem sendo suficientemente estudada pelos conservacionistas, provavelmente pelas dificuldades advindas de um estudo dessa natureza em parcelas sob chuva natural. Com o advento do simulador de chuva tipo rotativo no Brasil, na década de 70, esses estudos se tornaram mais viáveis devido à facilidade de controle das intensidades de chuva aplicadas, bem como na maneira de coletar a enxurrada e na facilidade de transporte.

As primeiras pesquisas sobre erosão determinavam a quantidade total de elementos no

material erodido e davam esses resultados em termos de perdas de nutrientes por hectare. Hoje tem sido dada atenção à determinação quantitativa da concentração de íons solúveis na enxurrada, que é geralmente muito baixa. Segundo Barrows & Kilmer, citados por Baver *et alii* (1972), é possível que essas pequenas quantidades encontradas para cátions solúveis, bem como o fósforo, possam ser resultado de uma readorção dos íons em solução pelo material coloidal na enxurrada. Torna-se necessário, pois, determinar os íons em solução e na fase adsorvida. Os mesmos autores, baseados no fato de que freqüentemente o material erodido difere daquele do solo, afirmam que perdas de nutrientes podem ser expressas em termos de uma razão

⁽¹⁾ Parte da tese apresentada pelo primeiro autor à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências para obtenção do grau de «Magister Scientiae». Recebido para publicação em novembro de 1978 e aprovado em novembro de 1980.

⁽²⁾ Engenheiro Agrônomo pesquisador em Manejo e Conservação do Solo do CPA Cerrados - EMBRAPA, Brasília (DF).

⁽³⁾ Engenheiros Agrônomos, professores da Universidade Federal de Viçosa (MG).

de enriquecimento. Grohmann & Catani (1949) encontraram que o solo transportado possui 2,0 vezes mais matéria orgânica; 2,8 mais P_2O_5 ; 2,3 mais K_2O e 1,9 mais CaO do que o solo original. Na enxurrada, o elemento encontrado em maior proporção foi o cálcio.

Slater & Carleton (1938) constataram que a matéria orgânica foi diminuída 18 vezes mais rápido pela erosão em um solo não cultivado do que através da oxidação normal. Embora a perda de matéria orgânica esteja em função da perda de solo, esta não é linear. Martin (1941) observou que a perda de matéria orgânica depende da perda de solo, mas a porcentagem de húmus do material erodido decresce quando as perdas por erosão aumentam. Massey *et alii* (1953) também concluíram que, quando as perdas de solo são altas, as percentagens de matéria orgânica e de nitrogênio na enxurrada são baixas.

O fósforo é um dos nutrientes menos móveis no solo. Seu movimento vertical através do solo é excessivamente lento (Broadbent & Chapman, 1949). Do total de fósforo fornecido às plantas, 95% pode ser sob formas orgânicas e até 50% do fósforo total pode ser adsorvido nas superfícies das argilas na camada arada de solos com textura leve (Scarseth & Chandler, citados por Martin, 1941). Assim, o fósforo é mais suscetível às perdas pela erosão de argila e matéria orgânica.

Em solo onde não foram feitas práticas de manejo e conservação, Bedell *et alii* (1946) encontraram perdas anuais de 0,89 a 7,4kg/ha de potássio assimilável pelas plantas. As perdas de potássio total e assimilável de um solo franco-siltoso, plantado com aveia e milho, foram determinadas por Hays *et alii*, citados por Beckett (1964). A perda anual do potássio total foi de 955kg/ha nas parcelas com aveia, mas somente de 30kg/ha naquelas cultivadas com milho. As perdas de potássio assimilável foram de 29,11 e 0,57kg/ha respectivamente. Os autores explicam que 90% dessas perdas foram causadas por duas chuvas com altas intensidades que ocorreram em curtos espaços de tempo após o plantio das duas culturas.

Rogers (1942) estudou a velocidade da perda de cálcio em um solo franco-siltoso com pas-

tagem permanente, aplicando 4,9t/ha de calcário e uma chuva de 25mm. Menos de 1% do cálcio aplicado foi removido do solo e chuvas subsequentes, com a mesma intensidade, continuaram a remover quantidades comparáveis de perdas do elemento. Dados escassos de perdas desse elemento indicam que quantidades insignificantes são perdidas pela erosão na forma solúvel. Duley (1926) encontrou um valor aproximado de 2,5kg/ha de cálcio para um nível de remoção máxima na solução.

Miller & Krusekopf, citados por Rogers (1942), estudando as perdas de magnésio total em um solo franco não cultivado, encontraram serem elas de cerca de 200kg/ha.

Neste trabalho, pretendeu-se fazer uma observação das intensidades de perdas de nutrientes pela enxurrada, bem como dos fenômenos que regem o processo dessas perdas.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em um Podzólico Vermelho-Amarelo cármbico distrófico fase terraço, localizado em uma área experimental da Universidade Federal de Viçosa (MG) (Quadro 1). Esse local foi mantido sem cobertura vegetal por meio de capinas manuais durante os dois anos anteriores ao início do experimento, que consistiu em quatro parcelas com dimensões de 11m x 3,5m, localizados em uma área com declive de 5%.

Utilizou-se um simulador de chuva tipo rotativo, sendo aplicadas três intensidades de chuva em cada parcela, do seguinte modo: A) 62mm/h durante sessenta minutos; B) 58mm/h durante trinta minutos, 24 horas após a primeira chuva; C) 112mm/h durante dezoito minutos, quinze minutos após a segunda chuva. As intensidades de chuva aplicadas foram verificadas através de quatro pluviômetros colocados transversalmente sobre cada parcela. A vazão total da enxurrada foi medida, utilizando-se um coletor tipo «Flume». Com auxílio de um amostrador rotativo, acoplado ao coletor, foram feitas as amostragens de enxurrada para as determinações de perdas de solo e nutrientes com intervalos de cinco minutos. Essas amostras foram relacionadas com a vazão da enxurrada dada pelo coletor com intervalos de um minuto. As amostras de enxurrada foram coletadas em vasos (capacidade de 2kg), para que se processasse naturalmente a decantação dos sedimentos. Daí, retirou-se a quantidade de solo necessária para analisar as perdas dos elementos. Somente se analisou a massa de solo, não tendo sido feita a análise dos elementos em solução. Sifonou-se esta para copos, onde foram aplicados 5ml de uma solução precipitante ($AlCl_3 \cdot 6H_2O$ concentração 1 M). Completada a sedimentação, os sedimentos foram secos em estufa, 105-110°C por um período de 48 horas.

Quadro 1. Caracterização física e química das parcelas experimentais sob chuva simulada

Parcelas	pH	Cátions ⁽¹⁾			P ⁽¹⁾	M.O. ⁽²⁾	A.G.	A.F.	Silte	Argila	Argila natural
		Al	Ca	Mg							
		meq/100g			ppm			%			
1	4,6	0,3	1,1	0,9	34	5	2,5	27	20	14	39
2	4,8	0,2	1,0	0,9	26	4	2,3	27	14	14	45
3	4,7	0,2	1,0	0,8	28	4	2,1	24	18	15	43
4	4,7	0,5	1,0	0,9	30	4	2,3	26	17	13	44
Média	4,7	0,3	1,0	0,8	30	4	2,3	26	17	14	43
											16

(1) Determinados segundo Vettori (1969); (2) Segundo Walkey & Black (1934); M.O. = Matéria orgânica; A.G. = areia grossa; A.F. = areia fina.

A massa do solo existente na suspensão foi somada àquela do vaso sedimentada naturalmente. Determinada a quantidade de nutrientes disponíveis contida na massa do solo amostrada, foi esta relacionada com a vazão total registrada pelo coletor nos diferentes intervalos de tempo em que foram coletadas as amostras, sendo as perdas dos elementos expressas em quilogramas por hectare.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Somente após 35 minutos de aplicação da primeira chuva (Figura 1A) é que foram determinadas as perdas dos nutrientes, embora a enxurrada tivesse começado a partir do 25.º minuto de chuva. Esse fato se deveu à pequena quantidade de solo amostrada durante esse tempo, não permitindo que fossem feitas as análises. A partir daí, os elementos em solução e/ou adsorvidos nas partículas de solo foram sendo perdidos pela enxurrada; o potássio teve suas maiores perdas nos primeiros instantes da enxurrada, enquanto as perdas de magnésio e alumínio tenderam a crescer com o tempo de aplicação da chuva, para, aos 55 minutos, ocorrer uma queda. A curva de intensidade de perdas do elemento cálcio manteve-se constante, havendo, também, uma queda aos 55 minutos. A curva de perdas de fósforo teve altos e baixos durante a aplicação da chuva.

As maiores perdas ocorreram com o cálcio, seguido pelo magnésio, potássio, alumínio e fósforo. Comparando-se com a composição química do solo (Quadro 1), vê-se que esta segue a mesma ordem das perdas.

Não houve diferenças significativas nas perdas dos elementos com a aplicação da segunda chuva em relação à primeira, e apenas o potássio apresentou uma queda na intensidade de perdas aos dez minutos de aplicação da chuva, para, aos quinze minutos, ascender novamente e manter-se constante durante toda a aplicação da chuva (Figura 1B). O fósforo teve comportamento semelhante. As perdas de cálcio se mantiveram constantes, tendo a curva mostrado uma queda aos 25 minutos. O magnésio teve uma curva ligeiramente ascendente desde o início até o fim da chuva. A perda de alumínio teve altos e baixos de modo cíclico. Com a aplicação da terceira chuva (Figura 1C), as perdas, quanto às ordens observadas anteriormente, não se modificaram e apenas a curva de magnésio subiu acentuadamente do início até aos quinze minutos de chuva, para depois cair; com o cálcio, aconteceu o inverso. As flutuações nas curvas de perdas dos elementos verificadas nas três chuvas aplicadas, seriam devidas às maiores ou menores concentrações desses elementos na enxurrada quando amostradas. É preciso levar em conta também a solubilidade desses elementos. A quantidade de potássio na solução está na dependência, além do teor de umidade do solo e tipo de argila, do efeito do íon complementar. Além desses fatores, a quantidade de cálcio tem influência no comportamento do potássio na solução do solo, influência que pode ter sido ocasionada pelo tipo de argila. O solo em estudo é constituído principalmente de caulinita e óxidos de ferro (Resende *et alii*, 1972).

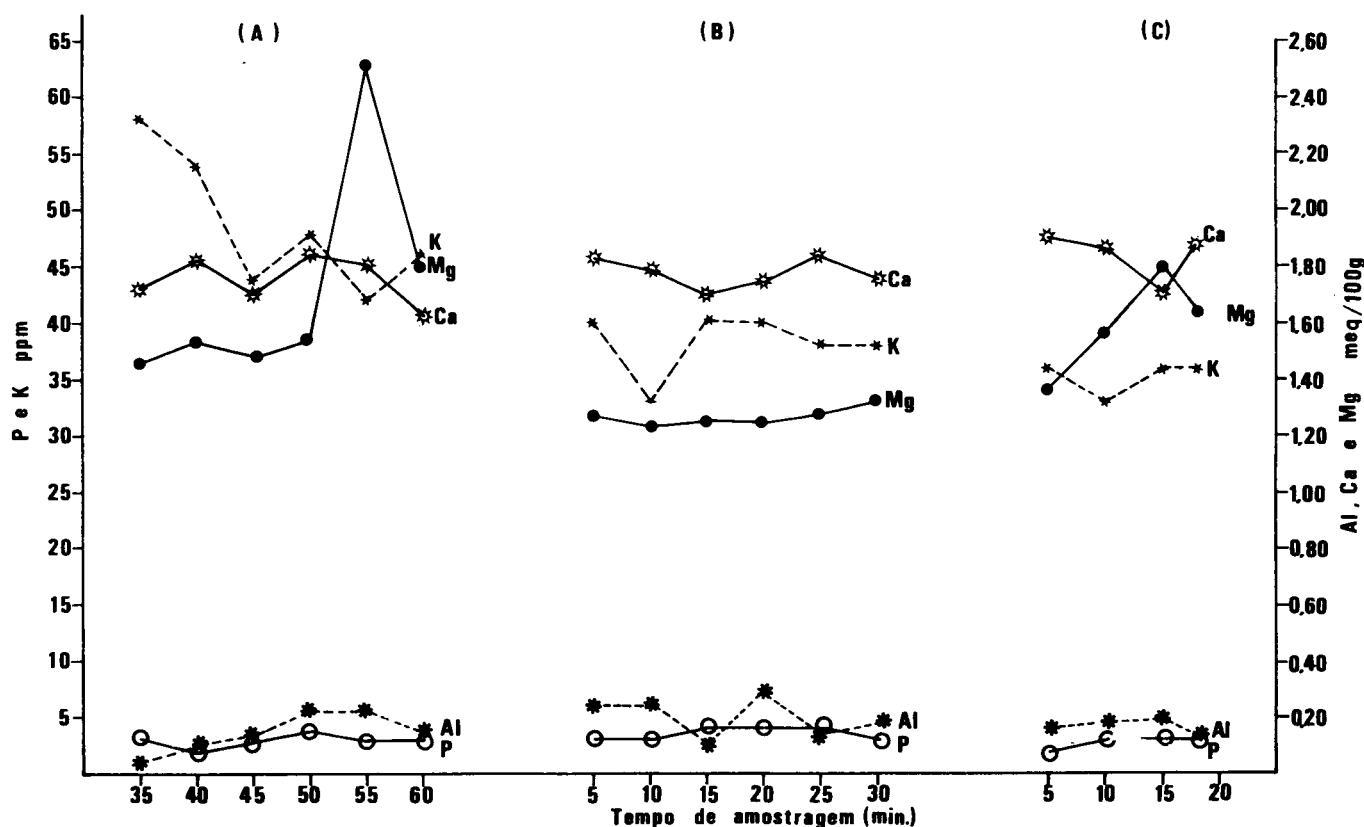


Figura 1. Perdas de elementos com aplicação da: (A) 1.ª chuva; (B) 2.ª chuva e (C) 3.ª chuva

Alguns trabalhos têm mostrado que a relação potássio/cálcio na solução de solos constituídos de argila caulinita é de 1:13. Verificou-se que essa relação se modificou com a aplicação das três chuvas: 1:14 na primeira chuva; 1:18 na segunda chuva e 1:20 na terceira chuva (Figuras 1A, 1B e 1C respectivamente). Isso se deveu provavelmente à alta solubilidade do potássio, que cresceu à medida que se aumentava o teor de umidade do solo, pois o solo, durante a aplicação da terceira chuva, encontrava-se no ponto de saturação de umidade. Quanto às perdas de fósforo, os trabalhos realizados mostram que a argila caulinita adsorve fosfato, mesmo quando o pH do meio é inferior a 3,0. No entanto, quando se aumenta a presença de cálcio trocável, esta adsorção é aumentada (Russel & Russel, 1968). As curvas de perdas de cálcio e fósforo apresentaram uma semelhança durante a primeira e segunda chuva, principalmente, mas insuficiente para mostrar alguma relação entre esses elementos. Por outro lado, a presença do alumínio trocável parece ter uma ligação com o fósforo, uma vez que suas curvas se apresentam quase que opostas (Figuras 1A, 1B e 1C).

Na figura 2, estão representadas as perdas de matéria orgânica e variação do pH com a aplicação das três chuvas. Na figura 2A não estão representados os valores de pH, pois foi pequena a enxurrada que ocorreu e, consequentemente, foram pequenas as perdas de solo, não havendo material em quantidade suficiente para fazer as análises.

A curva de perdas de matéria orgânica na primeira chuva é mais ou menos cíclica, devido,

talvez, às mesodepresões do terreno, que davam um fluxo maior ou menor do material orgânico em suspensão, proporcionando essa configuração à curva (Figura 2A). Na segunda chuva (Figura 2B), observa-se um declínio bem acentuado nas perdas de matéria orgânica e, em contrapartida, uma elevação do pH no mesmo período. Os colóides orgânicos, uma vez que apresentam caráter ácido, ao sofrer uma diminuição na intensidade de perdas, provocaram um aumento nos valores do pH. Ressalte-se que parte da camada superficial, a que contém maiores teores de matéria orgânica, tinha sido transportada pela enxurrada (Quadro 2). A elevação dos valores do pH deve-se ao fato de que os teores de cálcio e magnésio são, na enxurrada (Figuras 1A, 1B e 1C), bem maiores do que na composição original do solo (Quadro 1), não ocorrendo o mesmo com o alumínio. Na terceira chuva, isso se repete, salientando-se apenas que o fato de o segmento das curvas de matéria orgânica e de pH se elevar nos últimos instantes foi devido a haver maior concentração relativa dos sedimentos na enxurrada em apenas três minutos, quando as amostragens vinham sendo realizadas de cinco em cinco minutos.

Procurou-se representar as perdas dos elementos na enxurrada por suas respectivas taxas de enriquecimento (Quadro 3). As taxas foram diminuindo da primeira para a segunda chuva e, desta, para a terceira, semelhantemente às perdas de matéria orgânica, enquanto as perdas de solo aumentaram nessa mesma ordem (Quadro 2). O processo erosivo, como tem

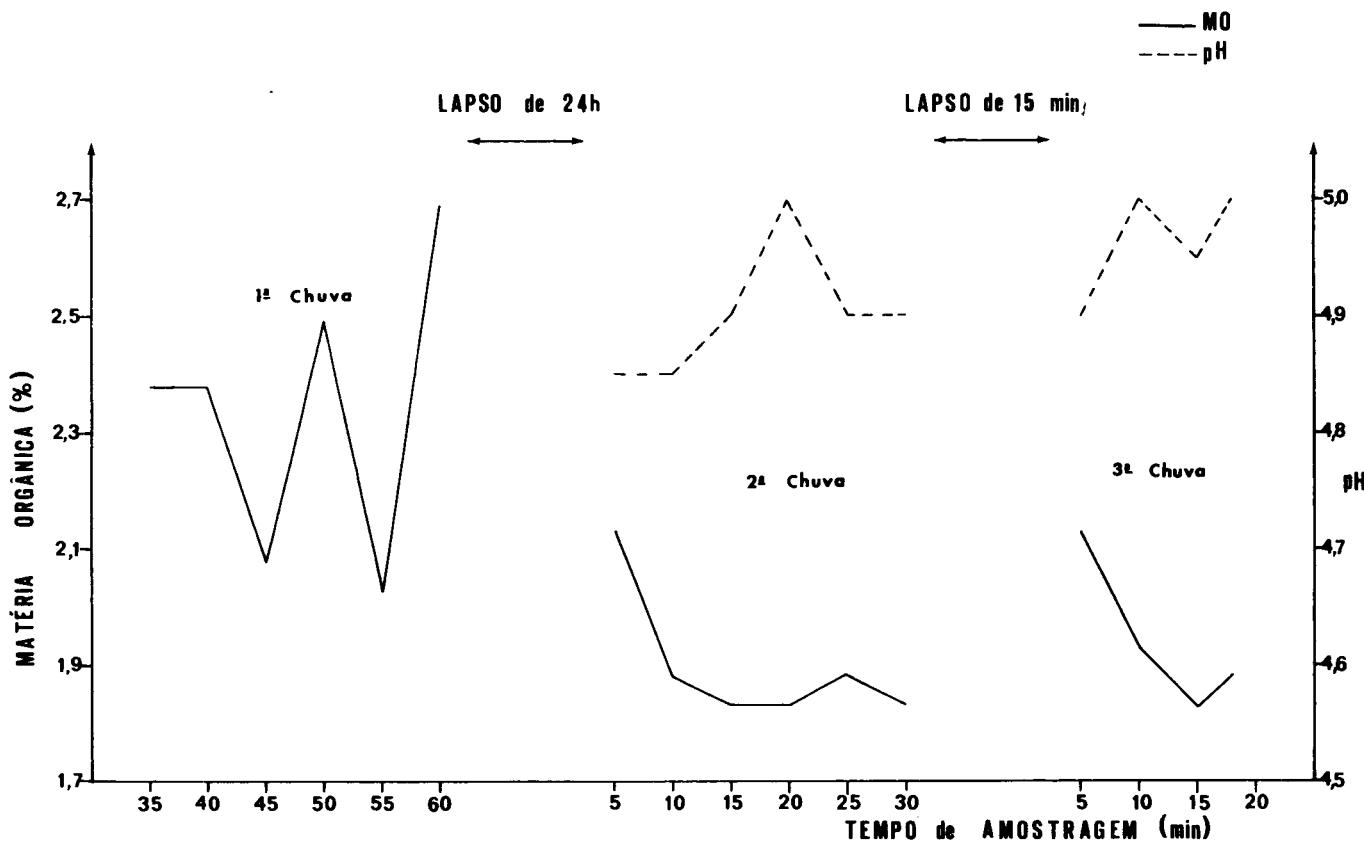


Figura 2. Perdas de matéria orgânica e variação do pH com a aplicação de três chuvas. Média de quatro repetições

Quadro 2. Perdas de solo e de matéria orgânica na enxurrada com a aplicação da 1.ª, 2.ª e 3.ª chuvas

Chuvas aplicadas	Período de amostragem	Vazão da enxurrada	Matéria orgânica	Perdas de solo
mm/h	min	litro/min	kg/ha	
62	35	6,6	31	103
	40	8,8	27	316
	45	9,9	30	345
	50	12,4	36	451
	55	14,1	29	702
	60	15,9	35	379
Total		67,7	188	2.296
58	5	10,3	23	775
	10	19,5	15	922
	15	21,3	27	971
	20	21,9	18	609
	25	23,5	23	875
	30	24,0	25	957
Total		120,5	131	5.109
112	5	40,2	16	901
	10	51,2	24	1.129
	15	55,5	26	1.051
	20	55,2	25	971
Total		202,1	91	4.052
Total geral		390,3	410	11.457

caráter seletivo, fez com que as partículas menores (argilas) e as mais leves (matéria orgânica) fossem transportadas em primeiro lugar, com baixa intensidade de chuva aplicada, baixo teor de umidade atual do solo e pequena vazão da enxurrada (Quadro 2). Com a aplicação das duas chuvas subsequentes, sendo que a terceira tinha quase o dobro de intensidade em relação às outras, o solo já se encontrava em uma condição de saturação de umidade, iniciando-se uma erosão muito forte, com vazões de enxurradas bem altas, carreando também as partículas grosseiras e diminuindo, consequentemente, por unidade de volume de enxurrada amostrada, as concentrações dos elementos.

Quadro 3. Razão de enriquecimento dos elementos na enxurrada em relação à composição química original do solo

Chuvas aplicadas	Al ³⁺	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Matéria orgânica
mm/h						
62	3	5	10	10	12	6
58	4	5	8	10	9	5
112	2	3	5	7	7	3
Média	3	4	8	9	9	5

CONCLUSÕES

— Ocorreram perdas consideráveis dos elementos, considerando-se o curto período de aplicação das chuvas, sendo o cálcio perdido em

maior quantidade, seguido de magnésio, potássio, alumínio e fósforo, ordem semelhante à composição original do solo.

- A relação potássio/cálcio do solo de 1:13,5, modificou-se na enxurrada com a aplicação das três chuvas: 1:14, 1:18 e 1:20 respectivamente para a primeira, segunda e terceira chuva.
- As curvas de perdas de fósforo e alumínio apresentaram-se opostas, demonstrando, possivelmente, a existência de uma ligação entre os dois elementos, pelo fenômeno de precipitação.
- Os teores dos elementos no solo arrastados pela enxurrada foram superiores àqueles da composição original do solo, caracterizado à profundidade de 0-20cm.
- As taxas de enriquecimento dos elementos na enxurrada foram diminuindo da primeira para a segunda chuva e, desta, para a terceira, semelhantemente às perdas de matéria orgânica, enquanto as perdas de solo aumentaram nessa ordem.
- As perdas de matéria orgânica, constatadas em cerca de 410kg/ha, representaram uma perda de 0,9% da matéria orgânica existente no solo.

LITERATURA CITADA

- BAVER, L. D.; GARDNER, W. H. & GARDNER, W. R. - Física de suelos. 4.ed. New York, John Wiley e Sons, 1972. 529p.
- BECKETT, P. H. T. - Studies on soil potassium. I. Confirmation of the ratio law: measurement of potassium potential. *J. Soil Sci.*, 15(1):1-8, 1964.
- BEDELL, G. D.; KOHNKE, H. & HICKOK, R. B. - The effects of two farming systems on erosion from cropland. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 2:522-526, 1946.
- BROADBENT, F. E. & CHAPMAN, H. D. - A lysimeter investigation of gains, losses and balance of salts and plant nutrients in a irrigated soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 14:261-9, 1949.
- DULEY, F. L. - The loss of soluble salts in runoff water. *Soil Sci.*, 21:401-9, 1926.
- GROHMANN, F. & CATANI, R. A. - O empobrecimento causado pela erosão e pela cultura algodoeira no solo do arenito Bauru. *Bragantia* 9:125-132, 1949.
- MARTIN, J. P. - The organic matter in Collington sandy loam and in the eroded material. *Soil Sci.*, 52:435-43, 1941.
- MASSEY, H. F.; JACKSON, M. L. & HAYS, O. E. - Fertility erosion on two Wisconsin soils. *Agron. J.* 45:543-7, 1953.
- ROGERS, H. T. - Losses of surface applied phosphate and limestone through runoff from pasture land. *Soil Sci. Am. J.*, 7:69-76, 1942.
- RUSSEL, E. J. & RUSSEL, E. W. - Las condiciones del suelo y el crecimiento de las plantas. Madrid, Aquillas, 1968. 801p.
- RESENDE, S. B. - Crono-toposequência de solos em Viçosa, Minas Gerais. *Ceres*, 19(103):167-81, 1972.
- SLATER, C. S. & CARLETON, E. A. - The effect of erosion on losses of soil organic matter. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 3:123-8, 1938.
- VETTORI, L. - Métodos de análise de solo. Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo. Equipe de Pesquisa do Ministério da Agricultura, 1969. (Boletim Técnico n.º 7)
- WALKEY, A. & BLACK, I. A. - An examination of the Degtjauff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.*, 37:29-38, 1934.