

COMISSÃO VI — CONSERVAÇÃO E MANEJO DO SOLO E DA ÁGUA

EFEITOS DAS PERDAS E DEPOSIÇÕES DE CAMADAS DE SOLO NA PRODUTIVIDADE DE UM LATOSSOLO VERMELHO-ESCURO DOS CERRADOS⁽¹⁾

R. A. DEDECEK⁽²⁾

RESUMO

Este trabalho foi conduzido no ano agrícola de 1985/86, no Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados/EMBRAPA, Planaltina, DF. No sentido de simular as perdas de solo por erosão, retiraram-se artificialmente camadas de solo nas espessuras seguintes: 0, 2, 5, 10 e 20 cm, utilizando-se dois níveis de adubação: (1) 400 kg/ha de fórmula N-P-K, 0-20-20, e 750 kg/ha de calcário dolomítico, 100% PRNT; e (2) 500 kg/ha e 1.500 kg/ha da mesma fórmula e calcário respectivamente. No mesmo experimento, simulou-se a deposição de camadas de solo nas mesmas espessuras dos cortes e empregou-se apenas o nível (1) de adubação. Esses tratamentos foram testados em latossolo vermelho-escuro alíco textura argilosa fase cerradão (Haplustox) no cultivo da soja. No primeiro nível de adubação, houve reduções de 16, 32, 47 e 67% na produção de soja, com a perda de camadas de solo de 2, 5, 10 e 20 cm, respectivamente, quando comparados com o controle sem remoção do solo. Os mesmos tratamentos, com o nível (2) de adubação apresentaram reduções de produção de 5, 14, 36 e 65%. Não foi possível recuperar totalmente a produtividade do solo com o maior nível de adubação adotados e o efeito da adubação foi gradualmente reduzido, à medida que aumentaram as camadas do solo perdido. A deposição de solo permitiu aumentos na produção de soja de 21, 27, 42 e 22% com camadas de 2, 5, 10 e 20 cm de solo respectivamente. A correlação entre produção e níveis de corte foi do tipo exponencial, enquanto com os níveis de aterro seguiu o modelo quadrático. As melhores correlações entre teores de nutrientes e produção de soja foram obtidas com os teores de cálcio e magnésio no solo, seguidos da percentagem da matéria orgânica e teor de alumínio na camada de solo de 0 a 40 cm.

Termos de indexação: Perdas de solo, erosão, produtividade, sedimentação, produção de soja.

SUMMARY: EFFECTS OF TOPSOIL LAYER LOSSES AND ACCUMULATIONS ON THE PRODUCTIVITY OF A DARK RED LATOSOL IN THE CERRADOS OF CENTRAL BRAZIL

This experiment was conducted in the crop year of 1985/86, in the "Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados/EMBRAPA", Planaltina, DF, Brazil. On simulating soil losses by erosion, topsoil was removed artificially in the following depths: 0, 2, 5, 10 and 20 cm. Two levels of fertilizers were used: 1) 400 kg/ha of 0-20-20 N-P-K formula and 750 kg/ha of lime, and 2) 500 kg/ha and 1500 kg/ha of the same formulation and lime respectively. In the same experiment, the effect of sedimentation was simulated by depositing soil layers on topsoil, using the same cutting depths and level (1) of fertilization. The field work was conducted on a Dark Red Latosol (Haplustox), cropped with soybean. For the level (1), of fertilization, there were reductions of 16, 32, 47 and 67% on soybean yield at 2, 5, 10 and 20 cm of soil removal, respectively, compared with the control. For the same soil removals, with the level (2) of fertilizers, the yield reductions were 5, 14, 36 and 65%. It was not possible to maintain the soil productivity with the levels of fertilizers used, and the effects of fertilization were gradually reduced as the topsoil removal increased. Soil depositions allowed yield increases of 21, 27, 42 and 22% when soil layer thickness were of 2, 5, 10 and 20 cm, respectively. Correlation between yield and topsoil removal was exponential, while between yield and soil layer deposition was quadratic. Good correlation coefficients were obtained between soybean yields and soil nutrient contents, mainly for Ca plus Mg, soil organic matter and Al in the 40 cm topsoil.

Index terms: Soil losses, erosion, soil productivity, sedimentation, soybean yield.

⁽¹⁾ Recebido para publicação em novembro de 1986 e aprovado em março de 1987.

⁽²⁾ Pesquisador do SNLCS-EMBRAPA, Caixa Postal 177, 80030 Curitiba (PR).

INTRODUÇÃO

Para avaliar a gravidade da erosão do solo, faz-se necessário conhecer quanto do solo está sendo perdido e o limite que pode ser tolerado sem prejuízo da sua potencialidade produtiva (Schertz, 1983). Numerosas pesquisas têm sido feitas para avaliar as perdas de solo acarretadas por determinados manejos, mas poucas têm estimado o seu efeito na perda de produtividade dos solos.

Produtividade do solo é sua capacidade de produzir, em seu ambiente natural, determinada planta ou sequência de plantas sob determinado sistema de manejo (Soil Survey Staff, 1951). A manutenção dessa produtividade depende das práticas de manejo tanto das características do solo — profundidade de enraizamento, espessura da camada arável, disponibilidade de água para as plantas, capacidade de armazenar nutrientes, velocidade de infiltração, capacidade de retenção de água, facilidade de mecanização e teor de matéria orgânica (McCormack et al., 1982).

A erosão reduz a produtividade, principalmente pela redução da capacidade de retenção de água disponível para as plantas (National Soil Erosion — Soil Productivity Research Planning Committee, 1981). Essa redução é causada pela alteração das características do solo ou diminuição da profundidade de enraizamento. A erosão aumenta as perdas de nutrientes, que são carregados junto com as partículas erodidas. A matéria orgânica é a fração perdida em maior quantidade e o principal fator na degradação da estrutura do solo. Essa degradação aumenta a erodibilidade, a suscetibilidade ao selamento superficial do solo, reduzindo a capacidade de infiltração e armazenamento de água e prejudicando a emergência das plantas. Quase todo o N disponível para as plantas está na forma orgânica, bem como cerca de 50% do P disponível (Langdale & Shrader, 1982).

As perdas de nutrientes que resultam da erosão podem ser compensadas pelo aumento na adubação para manter os níveis de produtividade. O aumento do custo de produção para recuperar a produtividade do solo pode ser superior aos gastos com medidas de controle dos efeitos da erosão, e nem sempre a recuperação é possível. No Sudeste dos Estados Unidos, segundo Langdale & Schrader (1982), a perda de poucos centímetros da camada arável é muito prejudicial, devido à pouca profundidade associada aos níveis fitotóxicos de Al trocável e do subsolo ácido. De acordo com os mesmos autores, aparentemente o P é o nutriente mais deficiente nos solos erodidos. Mbagwu et alii (1984) registraram que nenhuma das combinações de fertilizantes nitrogenados e fosfóricos usados foi eficiente na substituição das camadas de um ultissol removidas artificialmente na Nigéria. Lal (1976) em alfissol mediu em 23% a redução na produção de milho, após a remoção de 2,5 cm da camada arável do

solo. Eck (1968, 1969) observou que níveis de fertilizantes usados para compensar perdas da camada superficial do solo foram ineficazes em condições de escassez de umidade no solo.

Os objetivos deste estudo foram observar os efeitos da remoção e deposição artificiais de camadas da superfície do solo na: (a) produção e desenvolvimento de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) e (b) adição de maiores quantidades de fertilizantes.

MATERIAL E MÉTODOS

Este experimento, planejado para cinco anos, foi conduzido no ano agrícola de 1985/86, no Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC), Planaltina, DF.

O clima é classificado como Cwa, sendo a estação chuvosa de outubro a maio. Esse tipo de clima ocorre em altitudes de 1.000 e 1.200 metros. A média anual de chuvas é de 1.600 mm, ocorrendo 70% de novembro a março.

O solo da área experimental é um latossolo vermelho-escuro A moderado textura argilosa fase cerradão subcaducifólio relevo plano (EMBRAPA/SNLCS, 1978), Haplustox pela classificação americana. Suas características químicas e físicas estão no quadro 1 e se referem a análises do solo antes dos tratamentos de corte e aterro das parcelas.

A área escolhida vinha sendo utilizada para plantio de soja havia três anos, tendo sido efetuada a correção da acidez e nutrientes do solo no primeiro ano e uma adubação de manutenção de acordo com as necessidades da cultura todos os anos. Partiu-se de um solo em tais condições porque a erosão neste caso só aparece à medida que o solo é usado, principalmente com cultivos anuais. Os níveis de adubação foram estabelecidos a partir da análise do solo, procurando-se no primeiro nível manter a fertilidade da camada arável de 0 a 20 cm de profundidade. O segundo nível foi definido na hipótese de haver perda total da camada superficial até 20 cm, procurando-se, então, recuperar a fertilidade da camada de 20 a 40 cm, que ficaria exposta, num prazo de cinco anos (Quadro 1).

O delineamento experimental foi de blocos casualizados arranjados em parcelas subdivididas, com quatro repetições, sendo o nível de adubação a parcela principal. Os tratamentos de adubação foram (1) 400 kg/ha da fórmula N-P-K 0-20-20 e 750 kg/ha de calcário dolomítico PRNT 100%; e (2) 500 kg/ha da mesma fórmula e 1.500 kg/ha do mesmo calcário. Todos os tratamentos receberam em adição 200 kg/ha de gesso e 40 kg/ha de FTE-BR-12. A remoção de camadas superficiais do solo foi efetuada artificial e manualmente e nas espessuras de 0, 2, 5, 10 e 20 cm.

Quadro 1. Características químicas e físicas do latossolo vermelho-escuro da área experimental

Profundidade	pH em água	Al	Cátions trocáveis			P	MO	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	Densidade do solo
			Ca	Ca + Mg	K							
cm			meq/100g		ppm		%	%				g/cm ³
0-20	5,6	0,3	2,2	3,0	53	3,3	3,3	10	39	11	40	0,95
20-40	5,3	0,7	1,2	1,7	10	1,4	2,3	9	37	6	48	0,90

(1) Fonte dos dados: CPAC, 1985.

No mesmo experimento, com igual delineamento e apenas o primeiro nível de adubação, foram simuladas deposições de solo, usando-se as camadas removidas nas outras parcelas, com as mesmas espessuras.

Incorporou-se o calcário com uma aração seguida de uma gradagem e o adubo, com rotavator. A sulcagem do solo e o plantio da soja inoculada previamente foram manuais, no espaçamento de 0,50 m e uma densidade de trinta sementes por metro linear. O cultivar de soja empregado foi o cristalina. As subparcelas mediram 5 x 6 m, sendo a colheita efetuada numa área útil de 10 m².

Amostragens do solo foram feitas após a remoção e/ou deposição das camadas de solo, antes de qualquer adição de fertilizante ou corretivo, para análises químicas e físicas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os efeitos da remoção e adição de camadas de solo, bem como de dois níveis de adubação na produção de grãos, encontram-se no quadro 2. Houve reduções significativas na produção com tratamentos, diferenciados de acordo com o nível de adubação. Igualando-se a 100% a produção obtida na parcela controle e com o primeiro nível de adubação, deduziu-se que as reduções nas produções foram de 15,7, 32,5, 47,3 e 67,2% para o primeiro nível de adubação com os cortes de 2, 5, 10 e 20 cm da camada arável respectivamente. No segundo nível de adubação, usando-se o mesmo tratamento como testemunha, as reduções foram de 4,9, 13,6, 36,4 e 64,8% na mesma sequência de cortes. Como se pode observar, o maior uso de fertilizantes não permitiu compensar a perda nem mesmo de 2 cm de solo, embora a diferença de produção nesse corte não tenha sido estatisticamente significativa.

Quadro 2. Produção de soja em função da remoção da camada arável e de dois níveis de adubação e da adição da camada arável⁽¹⁾

Nível de adubação	Espessura da camada de solo (cm)					Média
	0	2	5	10	20	
Corte (kg/ha)						
1	2039	1728	1376	1074	668	1377a
2	2237	1940	1761	1296	718	1591a
Média	2138a	1834ab	1568b	1185c	693d	
Aterro						
1	2160c	2623b	2744b	3062a	2633b	2645

Valores seguidos de letras iguais não apresentam diferenças significativas, com base no teste DMS 5% (CV = 17,4%).

Não houve efeito de interação adubação-corte, mas, para o segundo nível de adubação, o corte de 5 cm de solo permitiu maior produção do que para o primeiro nível com 2 cm de corte do solo. O corte de 20 cm de solo praticamente anulou qualquer efeito da adubação de soja. O segundo nível de adubação possibilitou um aumento de aproximadamente 10% na produção quando não houve remoção do solo. Essa diferença de produção entre os dois níveis de adubação, dentro da mesma profundidade de corte, aumenta até o corte de 5 cm da camada arável, fixando nesse valor o máximo de perdas de solo que permitiram uma recuperação pela adubação. O menor efeito da adubação na produção, devido aos cortes da camada arável, foi bastante determinado pela ocorrência de aproximadamente dez dias sem chuvas na época do florescimento de soja (fevereiro) e de 22 dias no período de formação dos grãos (março/abril). Enquanto a média anual de precipitação pluvial no CPAC é de 1.550 mm, no ano agrícola 1985/86 foi de 1.225 mm.

Segundo Stocking (1985), a remoção artificial de camadas de solo superficial subestimam o efeito na redução da produção por erosão, sendo que a remoção de 10 t/ha de solo artificialmente poderia corresponder a 1 t/ha perdida por erosão. A razão disso seria a ação seletiva da erosão, que carrega as partículas mais finas ou mais leves e mais férteis do solo: argila e matéria orgânica. Assim, a perda anual estimada por erosão de 0,5 cm do mesmo latossolo vermelho-escuro (Dedecek et al., 1986) poderia equivaler neste estudo à retirada de 5 cm de solo. Haveria, então, uma perda anual de 32,5% da produtividade, que, com o aumento na adubação, poderia ser diminuída para 13,6% (Quadro 2). Com base nos dois níveis de adubação usados neste trabalho, isso equivaleria a um aumento de 28,8% nos custos de produção de soja. Enquanto o custo, apenas do adubo e do calcário, no primeiro nível de adubação, foi de Cz\$ 1.024,10 e no segundo, de Cz\$ 1.319,50 por hectare, em termos de produção de soja o aumento com a maior adubação foi de apenas 15,5% na média dos tratamentos (Quadro 2).

Melhores interpretações do efeito da perda de camada arável e das adubações na produtividade do solo podem ser visualizadas na figura 1. Os pontos representam a produção média de soja de acordo com a espessura do corte da camada superficial do solo e com os dois níveis de adubação. As linhas foram traçadas a partir das equações de regressão que descrevem a correlação entre produção de soja e espessura do corte do solo para cada nível de adubação (Quadro 3). Observa-se que à medida que aumenta a espessura da camada arável perdida diminui o efeito da adubação na produtividade do solo, tendendo a uma estabilização do efeito à medida que se aproxima dos 20 cm de corte do

Quadro 3. Equações descritivas das relações produção de soja e (Y) em função de níveis de aterro, níveis de corte Ad1 e Ad2, teores de Ca + Mg, Al e matéria orgânica no solo

Variáveis independentes (x)	Unidade	Equação	r	n
Níveis de aterro Ad1	cm	$Y = 2,219 + 0,147x - 0,006x^2$	0,76	20
Níveis de corte Ad1	cm	$Y = 1,818 e^{-0,052x}$	0,79	20
Níveis de corte Ad1	cm	$Y = 2,214 e^{-0,056x}$	0,92	20
Ca + Mg no solo	meq/100ml	$Y = 0,710 + 0,171x$	0,93	30
Al no solo	meq/100ml	$Y = 3,304 - 0,818x$	0,86	30
Matéria orgânica	%	$Y = -3,598 + 0,462x$	0,91	30

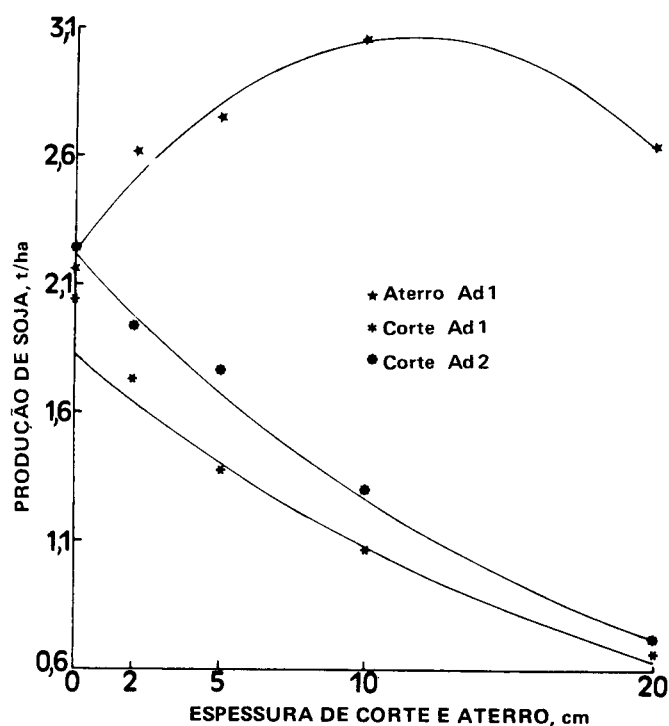


Figura 1. Influência da remoção e deposição artificiais de camadas de solo e de dois níveis de adubação na produção de soja.

solo, porque esta é a profundidade a que normalmente são incorporados os adubos e corretivos.

No mesmo trabalho, foram simuladas deposições de camadas de solo, aproveitando-se o material retirado das parcelas de corte, com o primeiro nível de adubação. Como se pode observar no quadro 2 e figura 1, houve um aumento substancial de produção de soja com o aumento da camada depositada até a espessura de 10 cm. A equação que melhor descreveu a correlação entre produção e espessura da camada de solo depositada é do tipo quadrático (Quadro 3), e a queda de produtividade observada a partir dos 10 cm de espessura de aterro pode ser devida ao fato de que as camadas de solo foram depositadas na ordem inversa da que ocorre no solo. Esta é também a forma em que ocorre o fenômeno de erosão-sedimentação.

Uma confirmação importante que os dados de deposição nos permitem inferir é que outros fatores, além dos de natureza química do solo, contribuem grandemente para sua produtividade. Como se observa no quadro 4, é praticamente inexistente a diferença entre os teores dos nutrientes nas camadas de solo amostrados, nos tratamentos de deposição, enquanto, nos dados referentes aos cortes de solo há uma diferença acentuada nos teores, por exemplo, de alumínio, cálcio e magnésio e matéria orgânica, principalmente nas camadas de 0, 2 e 5 cm, comparadas às de 10 cm de corte (Quadro 4).

A influência dos teores de alguns nutrientes na produtividade é mais bem avaliada nas figuras 2 e 3: os dados de

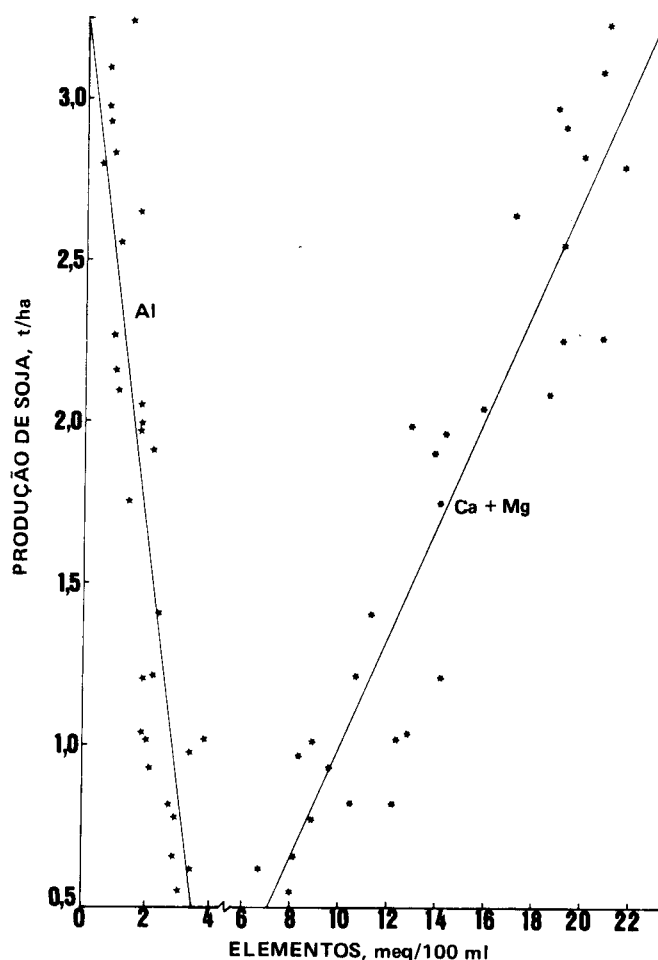


Figura 2. Efeito dos níveis de Ca + Mg e de Al na produção de soja devido às remoções e deposições artificiais de camadas de solo.

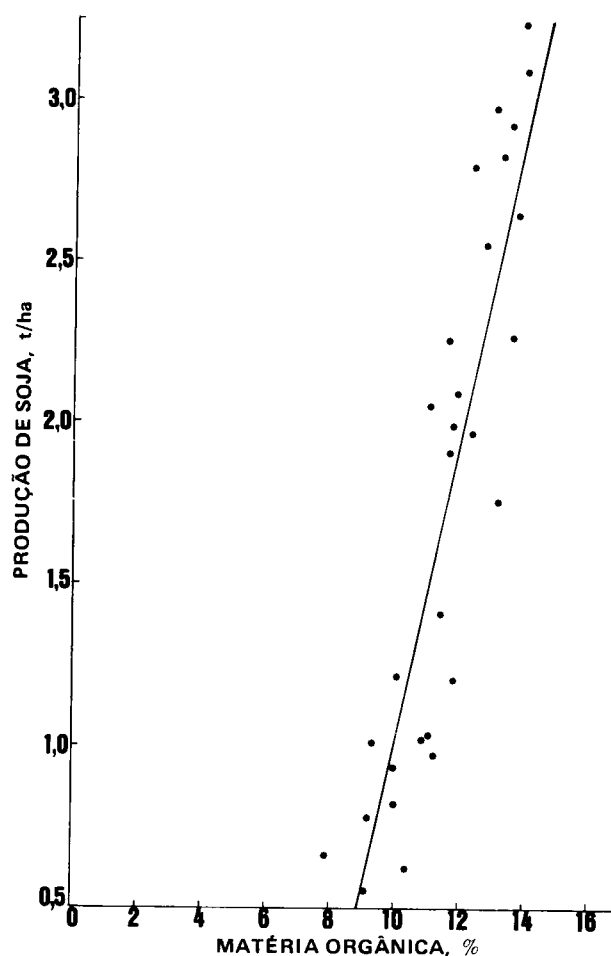


Figura 3. Efeito das percentagens de matéria orgânica do solo na produção de soja devido às remoções e deposições artificiais de camadas de solo.

Quadro 4. Características químicas do solo após a retirada e/ou adição de camadas de solo

Profundidade	Camada de solo	pH		Al	Ca	Ca + Mg	P	K	Matéria orgânica
		H ₂ O	KCl						
cm		meq/100ml				ppm		%	
Corte									
0-10	0	5,6	4,3	0,2	2,2	3,0	2,0	58	2,7
	2	5,7	4,5	0,1	2,5	3,5	2,1	48	2,7
	5	5,6	4,5	0,2	2,4	3,4	1,9	50	2,7
	10	5,5	4,3	0,3	1,8	2,6	2,0	33	2,4
	20	5,5	4,3	0,3	1,4	2,0	1,0	17	2,1
10-20	0	5,4	4,3	0,3	2,0	2,9	2,0	61	2,7
	2	5,5	4,4	0,2	2,4	3,2	1,9	50	2,6
	5	5,5	4,4	0,2	2,1	3,0	1,8	49	2,6
	10	5,3	4,2	0,5	1,5	2,2	1,9	31	2,4
	20	5,2	4,2	0,6	1,0	1,5	0,9	13	2,0
20-50	0	5,0	4,1	0,7	0,9	1,4	1,1	25	2,0
	2	4,9	4,1	0,7	1,0	1,4	0,8	14	2,0
	5	4,9	4,1	0,7	0,9	1,4	0,7	15	2,0
	10	4,8	4,0	0,8	0,5	0,7	0,6	12	1,8
	20	4,8	4,1	0,8	0,3	0,5	0,5	6	1,6
Aterro									
0-10	0	5,7	4,6	0,1	3,0	4,1	3,6	43	2,8
	2	5,6	4,6	0,1	2,8	3,8	3,5	51	2,8
	5	5,7	4,5	0,1	2,8	3,8	3,9	66	2,8
	10	5,7	4,6	0,1	2,8	3,7	3,9	55	2,8
	20	5,4	4,5	0,2	2,8	3,9	3,3	24	2,7
10-20	0	5,6	4,6	0,1	2,8	4,0	3,6	45	2,8
	2	5,6	4,5	0,1	2,8	3,8	3,7	60	2,6
	5	5,6	4,4	0,1	2,6	3,6	3,4	65	2,8
	10	5,4	4,5	0,1	2,8	3,8	3,6	62	2,8
	20	5,3	4,4	0,2	2,4	3,3	3,6	47	2,8
20-50	0	5,1	4,3	0,5	1,5	2,3	1,5	17	2,4
	2	5,1	4,3	0,4	1,7	2,4	1,8	23	2,7
	5	5,0	4,2	0,5	1,6	2,4	2,2	30	2,4
	10	5,1	4,4	0,3	2,0	2,8	2,6	34	2,4
	20	5,3	4,4	0,2	2,7	3,6	3,9	37	2,7

Al³⁺ e Ca + Mg, em milequivalentes por 100 ml de solo, e de matéria orgânica, em percentagem, representa a soma dos teores desses nutrientes nas camadas de 0-10, 10-20, 20-30 e 30-40 cm de solo, amostrados antes da adubação e correção do solo. Os melhores coeficientes de correlação entre produção de soja e teores dos nutrientes foram obtidos com a regressão linear (Quadro 3), não havendo ganho em se usar um modelo exponencial, como no caso da correlação entre produção e níveis de corte. Foram incluídos os dados referentes ao experimento de aterro para dar maior amplitude, principalmente aos dados de produção. A melhor correlação foi estabelecida entre produção e teores de cálcio e magnésio, vindo a seguir a matéria orgânica. O grau de correlação com os teores de fósforo e potássio disponíveis no solo e a produção de soja não chegaram a 50%, motivo pelo qual não são apresentados.

CONCLUSÕES

A retirada e a deposição artificiais de camadas superficiais de solo, em simulação à ação dos fenômenos de erosão hídrica e sedimentação num latossolo vermelho-escuro álico A moderado textura argilosa fase cerradão subcaducifolia submetidas a dois níveis de adubação, permitiram tirar as seguintes conclusões:

A remoção da camada arável reduziu a produtividade do solo até 67%, quando a espessura da camada perdida é de 20 cm.

Através de um aumento na adubação e correção do solo, é possível reduzir esse efeito já no primeiro ano, mas não eliminá-lo, nem mesmo quando a camada de solo retirada é de 2 cm.

O aumento nos custos de adubação e correção do solo para minimizar o efeito de perda de camada arável foi de 29%, enquanto a produção foi aumentada, em média, 15%.

Considerando-se uma perda simulada de 5 cm de solo por ano, comparável à perda por erosão de uma camada de 5 mm, a redução de produtividade do solo seria de 32,5% anual.

O efeito da adubação na recuperação da produtividade do solo é diminuído à medida que aumenta a espessura da camada de solo perdida.

A deposição de camadas permite um aumento de produtividade do solo até aproximadamente uma espessura de 10 cm de solo, quando se inicia um decréscimo de produção, em parte devido à superposição de camadas na ordem inversa da que ocorre no solo.

A regressão entre a produção de soja e os níveis de corte de solo foi do tipo exponencial, enquanto o relacionamento com os níveis de deposição é do quadrático.

Os teores de cálcio mais magnésio apresentaram o melhor coeficiente de correlação com a produção, seguidos da percentagem de matéria orgânica e teores de alumínio.

LITERATURA CITADA

- DEDECEK, R.A.; RESCK, D.V.S. & DE FREITAS JR., E. Perdas de solo, água e nutrientes por erosão em Latossolo Vermelho-Escuro dos Cerrados em diferentes cultivos sob chuva natural. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 10:265-272, 1986.
- ECK, H.V. Effect of topsoil removal on nitrogen-supplying ability of Pullman silty clay loam. Proc. Soil Sci. Soc. Am., Madison, 32:686-691, 1968.
- ECK, H.V. Restoring productivity on Pullman silty clayloam subsoil under limited moisture. Proc. Sci. Soc. Am., Madison, 33:579-581, 1969.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA./Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. Levantamento de Reconhecimento dos solos do Distrito Federal. Rio de Janeiro, SNLCS, 1978. 455p. (Boletim Técnico, 53)
- LAL, R. Soil erosion problems on Alfisols in western Nigeria and their control. Int. Inst. Tropical Agr. Ibadan, 1976. 208p. (Monograph, 1)
- LANGDALE, G.W. & SHRADER, W.D. Soil erosion effects on soil productivity of cultivated cropland. In: American Society of Agronomy. Determinants of soil loss tolerance. Madison, ASA, 1982. p.41-51.
- McCORMACK, D.E.; YOUNG, K.K. & KIMBERLIN, L.W. Current criteria for determining soil loss tolerance. In: American Society of Agronomy. Determinants of soil loss tolerance. Madison, ASA, 1982. p.95-111.
- MBAGWU, J.S.C.; LAL, R. & SCOTT, T.W. Effects of desurfacing of Alfisols and Ultisols in Southern Nigeria. I. Crop performance. Soil Sci Soc. Am. J., Madison, 48:828-833, 1984.
- NATIONAL SOIL EROSION - SOIL PRODUCTIVITY RESEARCH PLANNING COMMITTEE. Soil erosion effects on soil productivity. A research perspective. J. Soil Wat. Cons, Ankeny, 36:82-90, 1981.
- SCHERTZ, D.L. The basis for soil loss tolerance. J. Soil Wat. Cons., Ankeny, 38:10-14, 1983.
- SOIL SURVEY STAFF. Soil survey manual. Washington, USDA, 1951 (Handbook, 18)
- STOCKING, M. Erosion-induced loss in soil productivity: a research design. Roma, FAO, 1985. 33p. (Consultant's Working Paper, 2)