

Aspectos técnicos e econômicos da erosão em um solo do Oeste Catarinense¹

Milton da Veiga, Carla Maria Pandolfo e
Leandro do Prado Wildner

A erosão provoca redução na produtividade por degradar as características químicas, físicas e biológicas do solo. Um dos efeitos diretos da erosão é a redução da fertilidade do solo, porque remove seletivamente as partículas mais finas (argila e matéria orgânica) e/ou camadas superficiais do solo, as quais apresentam, em condições de lavoura, maior fertilidade. A erosão também traz alguns efeitos físicos, tais como encrostamento, compactação e redução da capacidade de retenção de água no solo, todos com conseqüências deletérias para o crescimento das plantas (1).

Existem vários métodos para estabelecer a relação entre erosão e produtividade do solo. A simulação de erosão, por meio da retirada artificial de camadas de solo, é um deles, apresentando baixo custo de execução, rapidez e bom controle sobre as variáveis externas (2). Este método, porém, apresenta algumas limitações, sendo que as principais são: não reproduz a seletividade de remoção de partículas mais finas e férteis, como ocorre no processo de erosão hídrica, e não possibilita que ocorram os processos regenerativos naturais do solo (3). Muitos trabalhos foram desenvolvidos no sentido de estabelecer a relação erosão/produtividade do solo. Contudo, a maioria deles, limitaram-se a análises dos aspectos de perda de solo e de água e produção das culturas, não sendo efetuada uma análise econômica desta relação.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da erosão simulada sobre a produtividade do solo e seu impacto econômico.

Metodologia

Para atender ao objetivo proposto, foi instalado um experimento no Centro de Pesquisa para Pequenas Propriedades – CPPP – Chapecó, com início em agosto de 1992 e término em março de 1996. Este experimento fez parte de uma Rede Internacional de Pesquisas coordenada pela Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO/ONU), com assessoria técnica da Universidade East Anglia (Norwich, Inglaterra).

A área onde foi instalado o experimento apresenta declividade média de 14% e vinha sendo utilizada com culturas anuais há mais de dez anos. O preparo do solo era efetuado no sistema convencional, com aração e gradeações. As adubações utilizadas nas culturas anteriores eram efetuadas de acordo com a recomendação da

Rolas, e a última aplicação de calcário havia sido efetuada cinco anos antes da instalação do experimento.

Foram simulados quatro níveis de erosão. Para isso, removeu-se manualmente camadas superficiais de solo, equivalentes a 0, 5, 10 e 20cm de profundidade. As profundidades de remoção de solo (tratamentos) foram efetuadas em parcelas de 5 x 17m, em três repetições (blocos casualizados), constituindo-se nas parcelas principais. Cada parcela principal foi dividida em três partes (subparcelas), nas quais foram aplicados os seguintes subtratamentos: sem calcário e sem adubo (-Calc -NPK); com calcário e sem adubo (+Calc -NPK) e com calcário e com adubo (+Calc +NPK). Uma vista geral de uma parcela, após a remoção do solo e aplicação de calcário, é apresentada na Figura 1.

As quantidades de calcário e de fertilizantes foram aplicadas confor-



Figura 1 -
Vista geral de
uma parcela,
após a remoção
do solo e
aplicação de
calcário

1. Trabalho executado com recursos da FAO/ONU, Projeto Microbacias/Bird e Fepa.

Erosão do solo

me a recomendação da Rolas (4), com base em análises do solo efetuadas em amostras coletadas com trado, em cada parcela, na profundidade de 0 a 20cm, após a remoção de solo. Foi utilizada a recomendação que previa a adubação corretiva com P e K (4), pois objetivava-se atingir bons rendimentos desde o primeiro cultivo. O calcário, o fósforo e o potássio, aplicados de forma corretiva, foram incorporados por meio de aração e gradeação. O preparo do solo, nos anos subseqüentes, foi realizado por meio de escarificação e gradeação. Na safra 1995/96 (milho), foi aplicado apenas estercos nos subtratamentos +Calc -NPK e +Calc +NPK, na dose de 10t/ha de cama de aviário (base seca).

Como culturas indicadoras foram utilizados milho (safra 1992/93, safrinha 1994 e safra 1995/96), feijão (safra 1993/94) e soja (safra 1994/95). A semeadura das culturas foi efetuada manualmente, utilizando-se espaçamento entre fileiras de 1,00m para o milho e 0,50m para o feijão e a soja. Foi utilizada densidade de semeadura projetando-se populações finais por hectare de 50 mil plantas para o milho, 200 mil para o feijão e 600 mil para a soja. Os tratamentos culturais, exceto a adubação, foram iguais para todos os tratamentos e subtratamentos.

A margem bruta foi determinada calculando-se a receita bruta e os custos variáveis para cada cultivo. A receita bruta foi obtida a partir da

produção de grãos por hectare e do preço mínimo da respectiva cultura para a safra 1997/98. O custo variável correspondeu aos valores da Planilha Referencial de Custeio do Banco do Brasil para a mesma safra (5), excluindo-se os fertilizantes. O custo do calcário, dos fertilizantes e do estercos de aves, por sua vez, foram calculados a partir dos dados levantados pelo Instituto Cepa, em Santa Catarina, no mês de outubro/97 (6). Os custos do calcário e dos fertilizantes aplicados de forma corretiva (P e K) foram distribuídos entre os cinco cultivos.

Neste trabalho serão apresentados resultados de análise do solo, coletado no início e no terceiro ano de condução do experimento, do rendimento de grãos de milho, de feijão e de soja em rotação de culturas e da margem bruta (renda bruta - custos variáveis) para cada cultivo.

Erosão simulada x características químicas do solo

Na Tabela 1 são apresentados os resultados analíticos das amostras, coletadas após a remoção das camadas de solo, na profundidade de 0 a 20cm. Verifica-se que houve considerável alteração nas características químicas do solo, notadamente nos tratamentos cujas camadas de solo removidas equivaleram a 10 e 20cm. Quando se removeu uma camada de 10cm, os teores de fósforo e de potás-

sio do solo remanescentes foram reduzidos para 50 e 45% do teor original, respectivamente. Já a remoção de 20cm de solo reduziu os teores de fósforo e de potássio para apenas 30 e 25% do teor original, respectivamente. O teor de alumínio trocável aumentou em função do menor valor de pH encontrado nos tratamentos com remoção de solo. O pH e a matéria orgânica foram as variáveis menos afetadas pela remoção de camadas de solo. Estas alterações são explicadas pelo fato de que, tendo-se removido a camada superficial do solo, parte da amostra foi coletada na camada situada abaixo da camada corrigida e adubada nos cultivos anteriores. Desta forma, nas parcelas onde foi removida uma camada de 20cm de solo, praticamente toda a amostra foi coletada abaixo da camada corrigida anteriormente.

Mesmo não havendo uma correlação direta entre a erosão natural e simulada (remoção de camadas de solo), pode-se considerar que os tratamentos simulam graus de erosão leve, moderado, severo e muito severo. Desta forma, pode ser feita uma correlação dos resultados obtidos neste experimento, com situações de lavouras que apresentem diferentes níveis de degradação do solo.

A Tabela 2 mostra os resultados analíticos do solo após três anos de experimentação. Verifica-se que a aplicação de calcário na dose recomendada para cada parcela (subtratamentos +Calc -NPK e +Calc +NPK)

elevou o pH para valores próximos de 6,0, eliminando o alumínio trocável e elevando os teores de cálcio + magnésio. Os teores de potássio trocável e de fósforo extraível tam-

Tabela 1 - Resultados analíticos de amostras de solo coletadas na profundidade de 0 a 20cm, após a remoção artificial de camadas de solo, em quatro níveis de erosão simulada, em um Latossolo Roxo Distrófico. CPPP/Epagri, Chapecó, SC, 1997^(A)

Profundidade de remoção de solo (cm)	pH água 1:1	P disponível mg/litro	K trocável mg/litro	% MO m/v	Al trocável Cmolc/litro	Ca+Mg trocável Cmolc/litro
0	5,2	10	155	4,4	0,7	8,2
5	5,1	11	109	4,1	0,9	7,1
10	5,0	5	69	3,6	1,3	5,9
20	4,7	3	39	3,3	2,9	3,9

(A) Médias de três repetições.

Nota: mg/litro = ppm, Cmolc/litro = meq/100g.

Erosão do solo

Tabela 2 - Resultados analíticos de amostras de solo coletadas na profundidade de 0 a 20cm, por ocasião do florescimento da soja (terceiro ano após remoção de camadas de solo), em quatro níveis de erosão simulada e três níveis de correção/adubação do solo. CPPP/Epagri, Chapecó, SC, 1997^(A)

Profundidade (cm)	Nível de correção	pH água 1:1	P disponível mg/litro	K trocável mg/litro	% MO m/v	Al trocável Cmolc/litro	Ca+Mg trocável Cmolc/litro
0	-Calc -NPK	5,3	7	124	3,3	1,2	8,7
5		5,1	6	84	3,6	1,5	8,0
10		5,0	3	71	3,2	2,2	6,3
20		4,8	1	63	3,0	2,9	4,8
0	+Calc -NPK	6,2	7	146	3,4	0,0	13,7
5		6,0	5	104	3,3	0,0	14,1
10		6,2	3	79	3,1	0,0	14,6
20		6,3	2	61	3,0	0,0	15,0
0	+Calc +NPK	6,1	14	179	3,5	0,0	15,9
5		6,1	8	143	3,5	0,0	14,5
10		6,0	12	173	3,4	0,0	14,2
20		6,0	7	187	3,4	0,0	13,2

(A) Médias de três repetições.

Notas: a) -Calc -NPK: sem calcário e sem NPK.

b) +Calc -NPK: com calcário e sem NPK.

c) +Calc +NPK: com calcário e com NPK.

bém foram aumentados com as adubações corretiva e de manutenção (subtratamento +Calc +NPK). Ao final de três anos, em função das diferentes doses aplicadas, os teores praticamente se equivaleram entre os tratamentos. Analisando-se aqueles dados pode-se concluir que, independente do grau de erosão simulada, a fertilidade do solo foi restabelecida ao final dos três anos de cultivo, no subtratamento +Calc +NPK. Neste subtratamento, até mesmo o teor de matéria orgânica foi parcialmente recuperado, por causa da maior produção de fitomassa e aporte dos resíduos ao solo.

Erosão simulada x produção

As produções de grãos de milho (três cultivos), de feijão e de soja, obtidas nos quatro níveis de erosão simulada e três níveis de correção/adubação do solo, são apresentadas na Figura 2. Nota-se que a produção de todas as culturas foi sensivelmen-

te afetada pela remoção de camadas de solo. A redução na produção foi proporcional à camada de solo removida, sendo a cultura do milho a mais afetada, tanto na safra 92/93 como na safrinha 94. Nesta cultura, com a remoção de uma camada de 20cm, sem a aplicação de fertilizantes e/ou calcário, a produção foi muito baixa. O grande efeito da remoção de solo (erosão simulada) sobre a produção de milho está relacionado ao fato de ter sido removida a camada superficial de solo, onde se acumula o material orgânico mais grosseiro. Com a mineralização desse material são liberados nutrientes, principalmente fósforo e nitrogênio, sendo este último muito exigido pela cultura do milho. Na Figura 3, pode-se observar visualmente o efeito da remoção de 10cm de solo sobre a cultura do milho.

Com a aplicação de calcário houve aumento da produção das culturas, mas esse aumento foi menor para o milho do que para a soja e o feijão, o que confirma a melhor resposta das

leguminosas à aplicação de calcário. Quando foi aplicado também NPK, a produção aumentou sensivelmente em todas as profundidades de remoção de solo, havendo maior resposta no milho. No entanto, mesmo com a recuperação das principais características químicas do solo, com aplicação de calcário e NPK, a produção nos tratamentos com remoção de solo não atingiu os níveis do tratamento sem remoção. Isso implica dizer que a produtividade não pode ser recuperada para os níveis de produtividade do solo sem erosão apenas com a aplicação de corretivos e fertilizantes químicos nas quantidades recomendadas, fato também constatado por outros autores (2 e 7).

Esta hipótese é confirmada pela produção de milho obtida no quarto ano de experimentação (safra 1995/96), quando foi aplicado, nos subtratamentos + Calc -NPK e + Calc + NPK, 10t/ha de esterco de aves. Neste ano, a produção de milho foi bem menos afetada pela profundidade de remoção de solo, comparativamen-

Erosão do solo

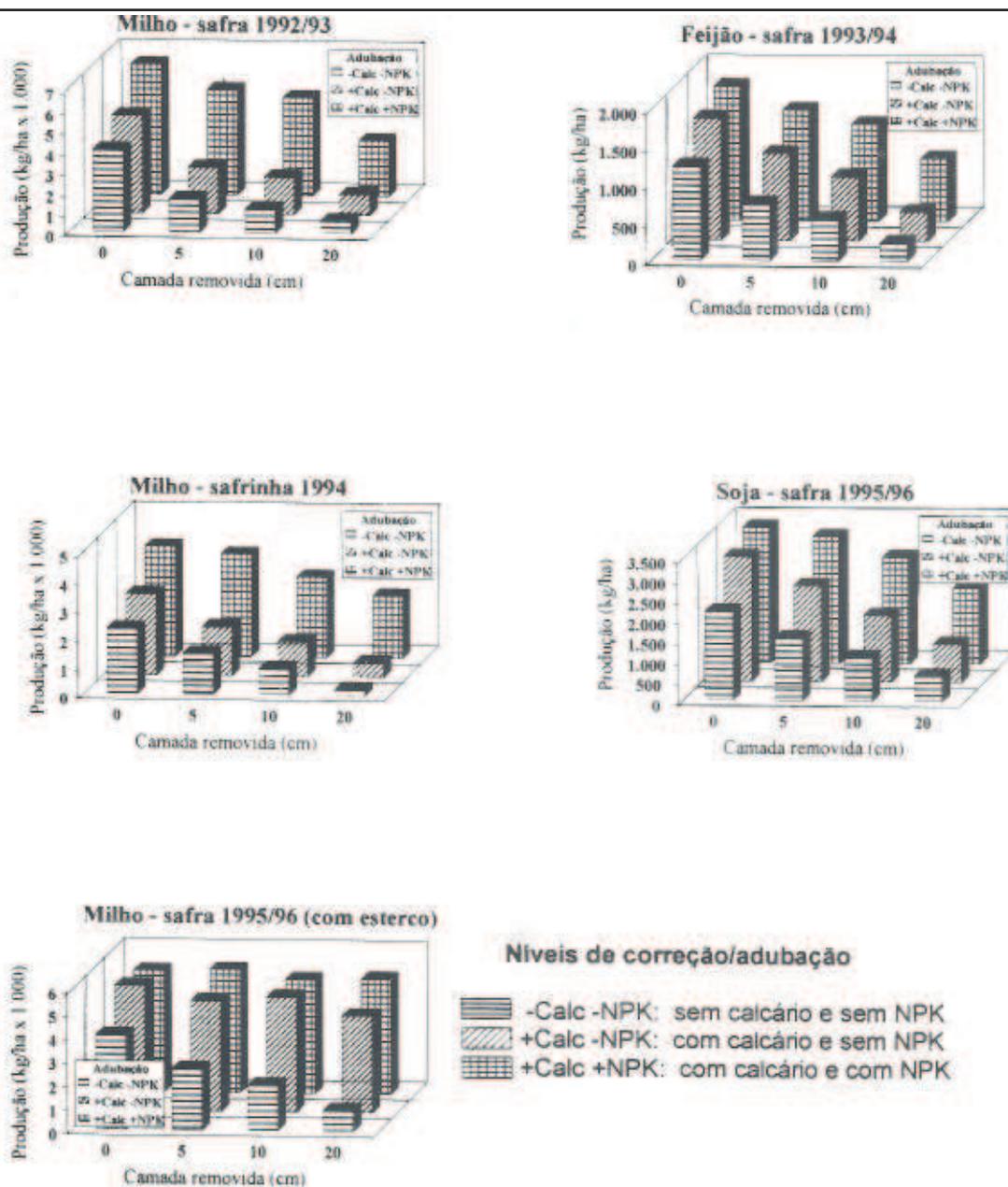


Figura 2 - Produção de grãos de milho (três cultivos), de feijão e de soja em quatro níveis de erosão simulada e três níveis de correção/adubação do solo, em um Latossolo Roxo Distrófico (CPPP/Epagri, Chapecó, SC)

te aos anos anteriores, quando havia sido aplicado calcário e fertilizante. O único tratamento onde houve redução significativa da produção foi com remoção de 20cm de solo e aplicação apenas de calcário nos anos anteriores, onde havia níveis baixos de fósforo e potássio. A recuperação da produ-

tividade nos tratamentos com remoção de solo está relacionada aos efeitos da adição de grande quantidade de material orgânico, tanto nos aspectos de suprimento de macro e micronutrientes, quanto na melhoria das características físicas e aumento da atividade microbiana.

Aspectos econômicos da erosão simulada

A Figura 4 mostra as margens brutas (renda bruta - custos variáveis) das culturas obtidas nos quatro níveis de erosão simulada e três níveis de correção/adubação. Pode-se observar

Erosão do solo



Figura 3 - Aspecto da cultura do milho com a remoção de 10cm de solo

que a exposição das camadas mais profundas do solo (remoção de 10 e 20cm) resultou na degradação das características químicas do solo remanescente. Este, por consequência, necessitou de maior quantidade de corretivos e ferti-

lizantes para recuperar as características químicas. Isto implicou em aumento nos custos variáveis, o que, associado ao menor rendimento das culturas, resultou em menor margem bruta. Observou-se grande redução da margem bruta à medida que uma camada mais espessa de solo foi removida, atingindo, em muitos casos, valores negativos. Todavia, se

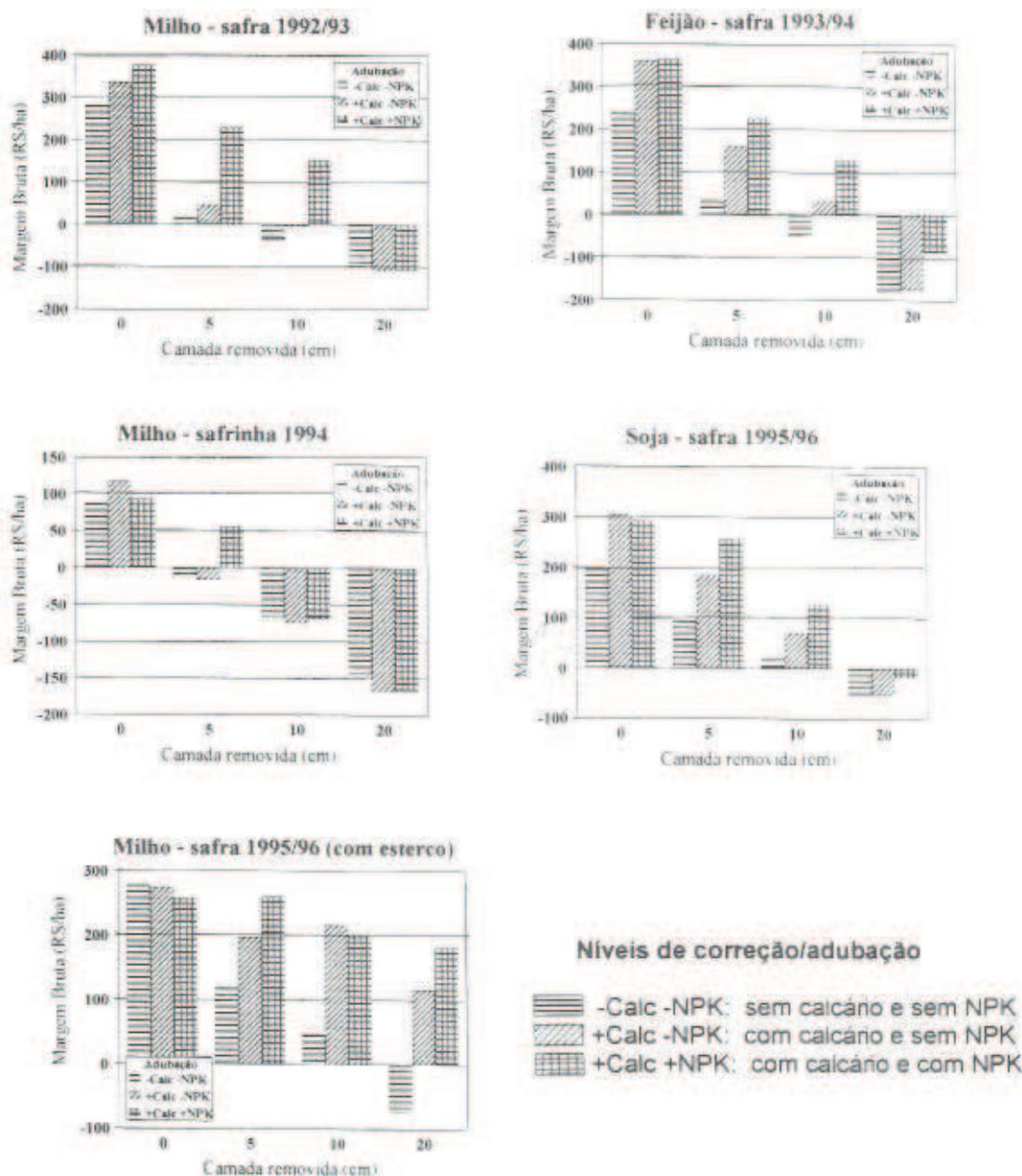


Figura 4 - Margem bruta (receita bruta - custos variáveis) de milho (três cultivos), de feijão e de soja em quatro níveis de erosão simulada e três níveis de correção/adubação do solo, em um Latossolo Roxo Distrófico (CPPP/Epagri, Chapecó, SC)

fossem computados os custos fixos, outras combinações de camada removida e nível de correção/adubação também teriam apresentado valores negativos. A aplicação de calcário e fertilizantes, mesmo tendo recuperado parcialmente a produção, apresentou valores negativos de renda bruta com a remoção de 20cm de solo nos quatro primeiros cultivos.

A cultura do milho foi a mais afetada, principalmente o milho cultivado na safrinha. Neste caso, a margem bruta foi positiva apenas onde não foi removido solo e com remoção de 5cm, com aplicação de calcário e NPK. Extrapolando-se essa observação, pode-se inferir que o milho cultivado na safrinha somente apresentará margem bruta positiva em lavouras com solos com bom nível de conservação e de produtividade. No milho da safra 1992/93, a margem bruta foi positiva também com a remoção de 10cm de solo, com aplicação de calcário e de NPK. No cultivo de milho efetuado com aplicação de esterco de aves (safra 1995/96), a margem bruta foi alta em todas as combinações de camada removida e níveis de correção/adubação, exceto no subtratamento -Calc -NPK, onde não foi aplicado esterco. As culturas de feijão e de soja, mesmo sendo menos afetadas que o milho, também apresentaram combinações de camadas removidas e níveis de correção/adubação com receita insuficiente para cobrir os custos variáveis de produção.

Desta forma conclui-se que é antieconômica a produção de grãos onde ocorreu erosão severa neste tipo de solo, apenas com a aplicação de calcário e adubos químicos. Outras formas de recuperação da produtividade do solo devem, então, ser empregadas. Entre estas opções destacam-se a utilização de esterco de animais (aves, suínos e bovinos), bem como a de culturas para cobertura e recuperação do solo. A utilização de esterco de aves na dose de 10t/ha mostrou-se tecnicamente eficiente e economicamente viável. Após a recu-

peração da produtividade do solo, ou seja, da recuperação de suas características químicas, físicas e biológicas, deve-se dar especial atenção à manutenção dessas características por meio da utilização de práticas culturais e mecânicas de controle da erosão.

Conclusões

- A simulação da erosão, por meio da remoção artificial de camadas de solo, é uma ferramenta importante para o estudo da relação erosão x produtividade;

- A produção das culturas reduz-se proporcionalmente ao aumento da espessura da camada de solo removida, nos três níveis de correção/adubação;

- A aplicação de calcário e NPK nas doses recomendadas melhora as características químicas do solo, mas não é suficiente para recuperar a produtividade nos tratamentos com remoção de solo;

- A recuperação do solo degradado, utilizando-se apenas calcário e NPK, é economicamente inviável.

- A utilização de 10t/ha de esterco de aves possibilita a recuperação da produção de grãos de milho nos tratamentos com maior remoção de solo, mostrando-se uma alternativa técnica e economicamente viável.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO/ONU), pelo suporte financeiro e pela consultoria prestada pelo Dr. Michael Stocking (DEV/ODG - Universidade East Anglia).

Literatura citada

1. STOCKING, M. *Erosion-induced loss in soil productivity: a review*. Roma: FAO/AGLS, 1984. 103p. (Consultant's Working Paper, 1).

2. SPAROVEK, G.; TERAMOTO, E.R.; TORETA, D.M.; ROCHELE, T.C.P.; SHAYER, E.P.M. Erosão simulada e a produtividade da cultura do milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 15, n. 3, p. 363-368, 1991.

3. TENGBERG, A.; STOCKING, M.A.; VEIGA, M. da. The impact of erosion on the productivity of a Ferralsol and a Cambissol in Santa Catarina, southern Brazil. *Soil Use and Management*, Oxford, v.13, p.90-96, 1997.

4. TRIGO E SOJA. Manual de adubação e calagem para cultivares agrícolas do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Porto Alegre: Fecotrigo, n. 56, jul./ago. 1981. 34p.

5. BANCO DO BRASIL. *Planilha referencial de custeio*. Campos Novos, 1997, n.p.

6. INSTITUTO CEPA/SC. *Mercado agrícola: Preços pagos e recebidos pelos agricultores em Santa Catarina*. Florianópolis, outubro de 1997. 46p.

7. DEDECECK, R.A. Efeitos das perdas e reposições de camadas de solo na produtividade de um Latossolo Vermelho-Escuro dos cerrados. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. Campinas, v.11, n.3, p.323-328, 1987.

Milton da Veiga, eng. agr., M.Sc., Cart. Prof. 7.290-D, Crea-SC, Epagri/Estação Experimental de Campos Novos, C.P. 116, Fone (049) 541-0748, Fax (049) 544-1748, 89620-000 Campos Novos, SC, **Carla Maria Pandolfo**, eng^a agr^a, M.Sc., Cart. Prof. 7.289-D, Crea-SC, Epagri/Estação Experimental de Campos Novos, C.P. 116, Fone (049) 541-0748, Fax (049) 544-1748, 89620-000 Campos Novos, SC e **Leandro do Prado Wildner**, eng. agr., M.Sc., Cart. Prof. 42.856-D, Crea-RS, Epagri/Centro de Pesquisa para Pequenas Propriedades, C.P. 791, Fone (049) 723-4877, Fax (049) 723-0600, 89801-970 Chapecó, SC.