

PRODUTIVIDADE DO TRIGO E DA SOJA EM LATOSSOLO VERMELHO DISTRÓFICO COM DIFERENTES NÍVEIS DE EROÇÃO HÍDRICA¹

WHEAT AND SOYBEAN PRODUCTIVITY ON A DARK RED LATOSOL DUE TO DIFFERENT LEVELS OF SOIL EROSION UNDER NATURAL RAINFALL

Carlos GAERTNER²
Renato Antonio DEDECEK³
Rui Maranhão BISCAIA⁴

RESUMO

Muitos dados estão disponíveis sobre as perdas de solo por erosão hídrica, sobre a influência destas perdas na produtividade dos cultivos há alguns dados obtidos por simulação, muito poucos tem sido obtidos em condições de chuva natural. Este trabalho foi conduzido em 1995, nas parcelas que há 17 anos vinham tendo monitoradas as perdas de solo no Polo Regional do IAPAR/Ponta Grossa, PR. Avaliou-se a produtividade das culturas de trigo (*Triticum aestivum*) e soja (*Glycine max*) de acordo com a espessura da camada de solo perdida por erosão, em função dos diferentes sistemas de manejo do solo adotados: plantio direto, alternado (direto e cultivo mínimo), cultivo mínimo, convencional e permanentemente descoberto em dois comprimentos de rampa (22 e 11 m). Foram avaliados os atributos químicos e físicos do solo até a profundidade de 30 cm. A produtividade do trigo foi reduzida pela perda de solo por erosão, em média 116 kg.ha⁻¹.cm⁻¹, e a da soja, em 139 kg.ha⁻¹.cm⁻¹ de solo perdido. O trigo, principalmente em plantio direto, foi bastante prejudicado pelo mal-do-pé (*Geaumannomyces graminis*), dificultando a obtenção de correlações entre os atributos químicos e físicos do solo e a sua produtividade. O teor de carbono orgânico na camada de 10 a 20 cm apresentou correlações significativas com produtividade de trigo e soja, com coeficiente de determinação menor que 50%.

Palavras-chave: Atributos químicos do solo, atributos físicos do solo, sistemas de preparo do solo, produtividade de solo degradado.

ABSTRACT

Many data are available about soil losses by rainfall erosion, few data are available about the influence of these losses on soil productivity. This study was conducted in 1995, on soil erosion plots from Polo Regional IAPAR/Ponta Grossa-PR, which had been monitored for 17 years. Productivity of wheat (*Triticum aestivum*) and soybean (*Glycine max*), on soil erosion plots having different soil tillage systems was evaluated: no tillage, alternate (no tillage and minimum tillage), minimum tillage, conventional tillage and fallow plots at two different lengths (11 and 22 m). Wheat productivity was reduced due to soil losses by water erosion, as an average 116 kg.ha⁻¹.cm⁻¹, and soybean productivity was even more reduced, 139 kg.ha⁻¹.cm⁻¹ of soil lost. Wheat, especially on no tillage plot, was severely affected by the incidence of take-all disease (*Geaumannomyces graminis*), being difficult to establish any correlation between soil chemical and physical characteristics and productivity. Organic carbon content at soil layer 10 to 20 cm showed correlation with wheat and soybean yield, but correlation coefficient was less than 50%.

Key-words: Soil chemical characteristics, soil physical characteristics, soil tillage systems, degraded soil productivity.

¹Parte da Dissertação de Mestrado apresentada pelo primeiro autor ao Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, Setor de Ciências Agrárias/UFPR;

²Engenheiro Agrônomo, M. Sc., Professor da Escola Técnica, Rio do Sul, SC;

³Engenheiro Agrônomo, Ph. D., Pesquisador da Embrapa Florestas, C. Postal 319, CEP 83.411-000 Colombo, PR, dedeck@cnf.embrapa.br;

⁴Engenheiro Agrônomo, M. Sc. Pesquisador do IAPAR/Polo Curitiba, Curitiba, PR.

INTRODUÇÃO

Diversos fatores influenciam a produtividade das culturas. Fatores intrínsecos do solo, como suas propriedades químicas, físicas e biológicas; e os extrínsecos, como posição no declive e forma da pendente, e também o manejo do solo e o uso de insumos.

Thomas e Cassel (1979) trabalhando com Alfisols, citam a espessura do horizonte A, teor de matéria orgânica, densidade do solo e capacidade de armazenamento de água disponível, como as variáveis que mais se relacionam com a produção de milho. Zobeck *et al.* (1995) associaram a menor produtividade do solo com a redução do carbono orgânico. Schertz *et al.* (1989) ao avaliar os efeitos da erosão sobre o rendimento de soja nas fases pouco, moderada e severamente erodidas em Indiana, constataram que com o incremento da erosão ocorreram aumento no conteúdo de argila, redução no carbono orgânico, na água disponível e no rendimento de grãos.

A erosão nem sempre causa redução na capacidade produtiva do solo diretamente. As alterações na produtividade, em função do grau da erosão, dependem da presença ou não de características favoráveis ao estabelecimento das plantas, na medida que as raízes se aprofundam no perfil do solo.

Perrens e Trustum (1984) ressaltam que, para a quantificação da inter-relação entre degradação do solo e produtividade é recomendável determinar a influência das alterações nas características físicas do solo (densidade, espessura, textura e características físico-hídricas do horizonte Ap) sobre o desenvolvimento de uma cultura. Daniels *et al.* (1987) enfatizam como característica fundamental na produtividade a variação de umidade no perfil do solo. Lowery *et al.* (1995) encontraram correlação linear negativa entre erosão e densidade do solo e porosidade. Observaram que a porosidade decresce com o aumento da densidade do solo, e a condutividade hidráulica saturada também tende a ser menor, potencializando a erosão.

Os objetivos deste trabalho foram: a) avaliar as variações na capacidade produtiva do solo em função da espessura da camada de solo perdida por erosão sob chuva natural em Latossolo Vermelho Distrófico; e, b) observar quais os atributos físicos e químicos do solo que mais interferem na produtividade e quais os manejos que estão mais relacionados com estas características.

MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi realizado no campo experimental do Polo Regional do IAPAR em Ponta Grossa, PR, onde, por 17 anos, foi conduzido um experimento de quantificação das perdas de solo e água, sob diferentes sistemas de cultivos. O solo

é caracterizado como Latossolo Vermelho Distrófico, horizonte A proeminente, textura muito argilosa e declive de 6 % e o clima da região é Cfb, segundo Koeppen. Os tratamentos de manejo do solo, que tiveram as perdas monitoradas (MERTEN, 1995), foram testados em parcelas, sem repetições, de 3,5 m de largura, dispostas no sentido do declive:

1. solo descoberto em tratamento com 22 m de comprimento e preparo convencional (aração com arado de discos e gradagem leve) (D22 m);
2. solo descoberto em tratamento com 11 m de comprimento e preparo convencional (D11 m);
3. sucessão trigo/soja em tratamento com 11 m e preparo convencional (CONV);
4. sucessão trigo/soja em tratamento com 11 m e plantio direto (PD);
5. sucessão trigo/soja em tratamento com 11 m e sistema de preparo do solo reduzido, constando de escarificação no inverno e plantio direto no verão (ALTER);
6. sucessão trigo/soja em tratamento com 11 m e sistema de preparo do solo reduzido, constituído de escarificação e duas gradagens leves (MÍN).

Os volumes de perdas de solo, no período de 17 anos (1977-1994) (MERTEN, 1995), foram transformados em espessuras da camada superficial, considerando-se uma densidade do solo igual a 1,00 Mg m⁻³: tratamento 1 – 6 cm, tratamento 2 – 3,2 cm, tratamento 3 – 0,4 cm e tratamento 4 – 0,05 cm. Os tratamentos 5 e 6 foram incluídos em 1990, e considerando os manejos e os cultivos procedidos, estes tratamentos apresentaram perdas totais menores ou iguais ao tratamento 4.

O preparo do solo e plantio das culturas foram realizados em nível, contrário ao que vinha sendo feito nas parcelas de perdas de solo. Aplicou-se a mesma adubação e correção do solo em todos os tratamentos, baseadas nas necessidades do solo do tratamento com menor nível de fertilidade, que, na profundidade de 0 a 20 cm, apresentou: pH (CaCl₂) - 4,0; Al³⁺ - 2,4 c mol dm⁻³; Ca²⁺ + Mg²⁺ - 1,7 c mol dm⁻³; K⁺ - 0,13 c mol dm⁻³; P - 4,0 mg dm⁻³; carbono orgânico - 27,2g kg⁻¹. Para a correção da acidez, utilizaram-se 2 t ha⁻¹ de calcário dolomítico (PRNT 100%), aplicado a lanço, antes do preparo do solo, sendo metade da dose incorporada até a profundidade de 20 cm com arado e a outra metade da dose com grade de discos, até 10 cm de profundidade. O delineamento experimental foi em faixas com quatro repetições, sendo que cada faixa corresponde a uma espessura de perda de camada de solo por erosão natural (antiga parcela de perdas de solo).

O trigo, da cultivar IAPAR 41, foi semeado no espaçamento de 0,2 m entre linhas, com 70 sementes por metro linear, em junho de 1995. A adubação na linha constou de 12 kg de N, 90 kg de P O e 30 kg de K O por hectare. Aos 40 dias da semeadura do trigo fez-se adubação de cobertura, com uréia (60 kg.ha⁻¹). Semeou-se a soja (cultivar BR 38) no espaçamento de 0,5 m entre linhas, com 30 sementes por metro

linear, em novembro de 1995, aplicando-se 60 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ e K₂O. As colheitas e as trilhas foram manuais. Pesou-se além dos grãos, a matéria seca produzida e o peso hectolétrico para o trigo. No trigo procedeu-se o corte da planta rente ao solo em área de 9 m² (3 x 3 m) por parcela, enquanto na soja, retirou-se a planta inteira.

Para as determinações da condutividade hidráulica saturada, curva de retenção de água no solo, densidades do solo e de partículas e porosidade, coletaram-se amostras indeformadas de solo em anéis volumétricos, e amostras deformadas para as análises granulométricas e químicas, nas profundidades: 0 - 10, 10 - 20 e 20 - 30 cm, no pleno florescimento da cultura do trigo. Procederam-se as análises químicas, granulométricas e físico-hídricas conforme metodologias descritas em EMBRAPA (1997).

Para as amostragens de raízes, realizadas no pleno florescimento das culturas, utilizou-se uma forma de metal de 30 x 10 x 10 cm na cultura do trigo e na soja, as amostras foram retiradas com trado tipo holandês, três por profundidade: 0-10; 10-20 e 20-30 cm. Determinou-se a massa seca de raízes segundo metodologia desenvolvida por Bohm (1979). Procedeu-se a determinação da altura das plantas de trigo no pleno florescimento e na soja foram feitas 2 determinações; a primeira aos 65 dias e a segunda aos 95 dias após a semeadura. Simultaneamente, fez-se a contagem do número de plantas por metro linear.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Cultura do trigo: Os dados de rendimento de trigo (Tabela 1) mostram que a maior produtividade foi obtida nas parcelas com menores perdas de solo, exceção feita ao plantio direto. Observou-se, ainda, que os sistemas de preparo com algum revolvimento do solo apresentaram produções de trigo mais elevadas. Na parcela de plantio direto principalmente, o trigo foi severamente atacado pelo mal-do-pé (*Geaumannomyces graminis*), podridão comum (*Bipolaris sorokiniana*) e fusariose (*Fusarium graminearum*), ocorrido entre o final do desenvolvimento vegetativo e o início do florescimento. Segundo Fowler (1994), a escarificação com calagem foi o sistema de preparo do solo que apresentou os melhores resultados de produção de trigo, apresentando o menor número de espigas brancas, sintoma indicativo da intensidade de ataque do mal-do-pé. Coventry e Kollmorgen (1987) afirmam que o aumento da doença causada pelo *G. graminis* após a aplicação de calcário é devido não somente ao aumento do pH, mas também pelo aumento da disponibilidade de cálcio. Esta incidência de mal-do-pé nas parcelas de plantio direto já vinha sendo observada nos últimos anos de coletas de perdas de solo e também os níveis de Ca + Mg nas camadas superficiais do solo são altas, 10,5 e 6,8 c mol dm⁻³ destes elementos nas camadas de 0 a 5 e 5 a 10 cm respectivamente, antes da instalação deste trabalho.

TABELA 1 – Altura de plantas (pleno florescimento), produção de grãos, matéria seca total, peso hectolétrico da cultura do trigo em diferentes níveis erosão natural; média de quatro repetições.

Camada de solo perdida por erosão	Altura		Grãos		Matéria seca		Relação grão/palha
	Cm	cm	Kg.ha ⁻¹				
0,05 (MIN)	0,95	bc	2079	a	5970	a	0,53
0,4 (CONV)	0,99	ab	2061	a	5565	ab	0,59
0,05 (ALTER)	0,97	abc	1879	a	4923	abc	0,62
3,2 (D11)	0,89	c	1444	b	4642	bc	0,45
0,05 (PD)	0,86	c	1402	b	3887	c	0,57
6,0 (D22)	1,01	a	1385	b	4892	abc	0,31
CV (%)			12,2		12,2		

*Médias seguidas de mesma letra, na mesma coluna, não diferem significativamente, ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

A produção de matéria seca guarda aproximadamente a mesma relação da produção de grãos, sendo significativamente maior nos tratamentos com menor perda de solo. A produção de matéria seca obtida no plantio direto é mostra de como este tratamento foi afetado pelo mal-do-pé. A relação grão/palha (Tabela 1) mostra que a perda da camada mais fértil do solo afetou com maior intensidade a produção de grãos.

A melhor correlação, que descreveu a relação entre espessura de camada de solo perdida por erosão e a produtividade do trigo neste solo, foi a regressão polinomial de 2ª ordem (Figura 1). A perda de um centímetro da camada de solo por erosão sob chuva

natural implicou na perda de 116 kg.ha⁻¹ na produção de trigo, mas o decréscimo foi mais acentuado na perda dos primeiros centímetros da superfície do solo, chegando a 211 kg.ha⁻¹.cm⁻¹ perdido (Figura 1). Krauss e Allmaras (1982, citados por PAPENDICK *et al.*, 1985) observaram reduções de 108 kg.ha⁻¹ na produtividade do trigo para cada centímetro de solo perdido; com o uso de fertilizantes estes autores verificaram queda de 54 kg.ha⁻¹.cm⁻¹ da superfície do solo erodido. Nesta análise, não foram computadas as produtividades das parcelas de plantio direto e alternado, devido ao ataque de doença fúngica, usando-se os dados de produção da parcela de cultivo mínimo para representar a perda de 0,05 cm de solo.

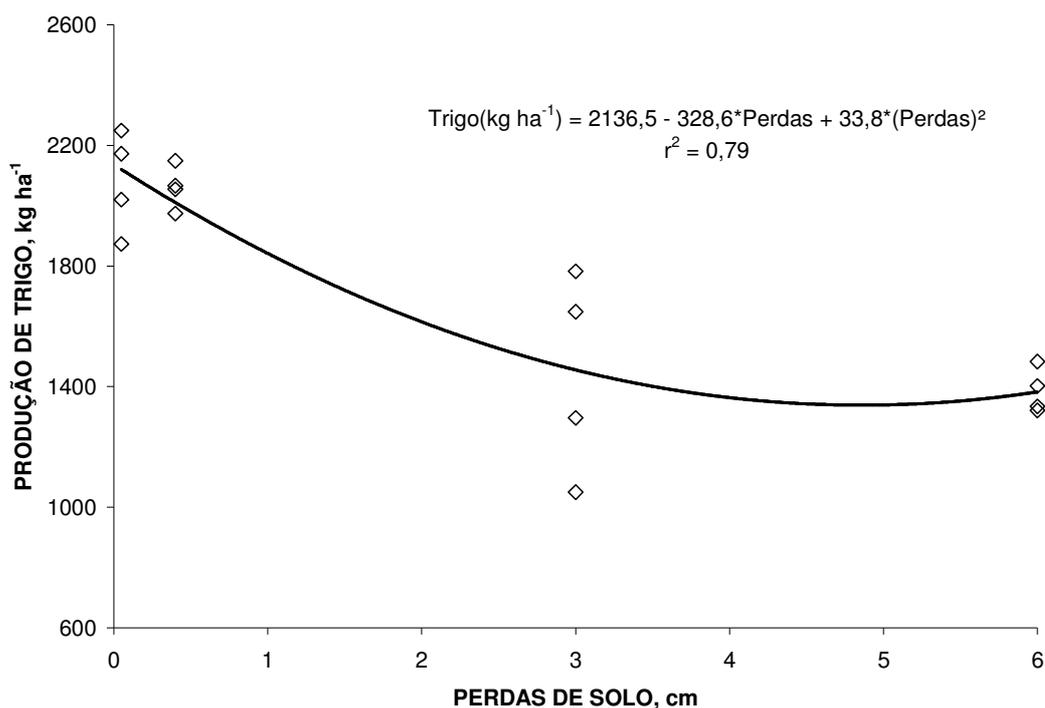


FIGURA 1 – Influência dos diferentes níveis de erosão natural na produtividade do trigo (Regressão polinomial de 2ª ordem, quatro tratamentos e três repetições).

TABELA 2 – Distribuição das raízes de trigo em três profundidades de solo em diferentes níveis de erosão natural, média de quatro repetições.

Camada de solo perdida por erosão	Profundidade do solo (cm)			Soma
	0 a 10 cm	10 a 20 cm	20 a 30 cm	
cm	Raízes – Massa seca – g m ⁻³			
3,2 (D11)	463,9 a*	93,0 ab	60,2 abc	617,1
6,0 (D22)	423,3 a	48,0 bc	66,6 ab	538,8
0,05 (ALTER)	414,3 a	38,1 c	25,6 bc	478,0
0,05 (MÍN)	323,7 ab	52,0 bc	18,8 c	394,5
0,4 (CONV)	272,4 ab	110,7 a	76,1 a	459,2
0,05 (PD)	118,0 b	39,7 c	29,4 bc	187,1

*Médias seguidas de mesma letra, na mesma coluna, não diferem significativamente, ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

Os dados de raízes (Tabela 2) mostram que as parcelas de solo descoberto com as maiores perdas de solo apresentaram maior quantidade, tanto na camada superficial como na soma das três profundidades amostradas. Este fato se deve, supostamente, à necessidade de exploração de maior volume de solo devido a menor fertilidade nestes tratamentos, mais degradados pela erosão. Nas parcelas de preparo convencional, as raízes

apresentam-se mais bem distribuídas no perfil do solo, sendo 58% na camada superficial, 26% na camada de 10 a 20 cm e 16% na camada de 20 a 30 cm. A intensidade do ataque das doenças fúngicas de solo fica evidente nos resultados de quantidade de raízes no sistema de plantio direto, tanto na distribuição por camadas como na soma total. Na camada superficial foi o único tratamento a apresentar diferença estatística e na soma total apresentou menos da

metade da quantidade de raízes do sistema cultivado mínimo, que foi o segundo menor.

Cultura da Soja: O tratamento com perda de 0,05 cm de solo (PD) apresentou produção de matéria seca significativamente superior (Tabela 3), enquanto

os tratamentos com perdas de 6 cm (D22) e 0,4 cm (CONV) apresentaram as menores produções de palha. Isto indica que as maiores perdas na camada superficial do solo ocasionaram menor desenvolvimento nas fases iniciais, o que interferiu na produção final.

TABELA 3 – Altura de planta (pleno florescimento), produção de grãos e de matéria seca da cultura da soja em diferentes níveis de erosão natural, média de quatro repetições.

Camada de solo perdida cm	Altura		Grãos		Palha	
	cm		Kg ha ⁻¹		Kg ha ⁻¹	
0,05 (MIN)	72,4	ab	3320	a	2586	ab
0,05 (PD)	75,6	a	2959	ab	2817	ab
0,05 (ALTER)	78,9	a	2914	ab	2756	ab
0,4 (CONV)	73,0	ab	2773	ab	2410	b
3,2 (D11)	67,7	ab	2610	ab	3457	a
6,0 (D22)	63,2	b	2476	b	2051	b
CV (%)	7,3		10,5		14,7	

*Médias seguidas de mesma letra, na mesma coluna, não diferem significativamente, ao nível de 5 % pelo teste de Tukey.

Se considerarmos os três tratamentos que tiveram perdas de camadas de solo de apenas 0,05 cm (CM, PD e CA) (Tabela 3) a produção foi de 3064 kg.ha⁻¹. Comparando-se esta produtividade com àquelas dos tratamentos com

perda de 3 cm (D11) e de 6 cm (D22), a diferença chega a 150 kg.ha⁻¹ por centímetro de solo perdido, mantendo-se a mesma proporção independente da espessura da camada de solo perdida.

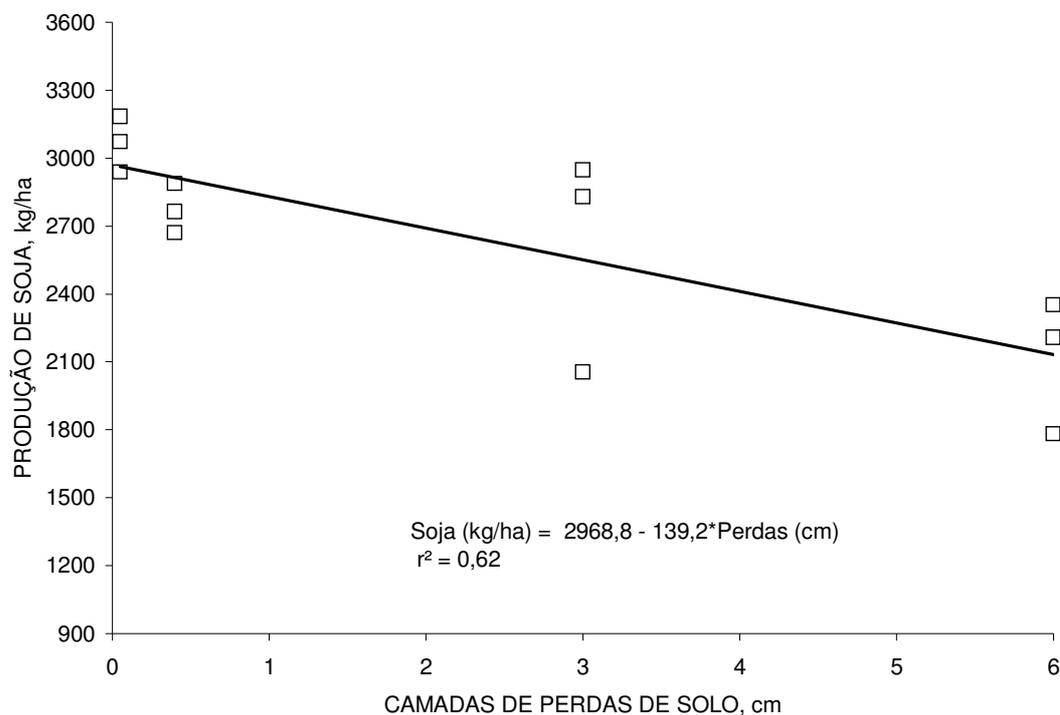


FIGURA 2 – Influência dos diferentes níveis de erosão natural na produtividade da soja (Regressão linear negativa, quatro tratamentos e três repetições).

Por regressão linear foi estabelecida a melhor correlação, mostrada na Figura 2, entre produtividade de soja em solo com perdas de camadas de solo por ação da erosão causada pela chuva natural. O coeficiente de determinação alcançado (r^2) foi de 0,62, e pode-se estimar que na média a perda de produtividade da soja é de 139 kg.ha⁻¹ para cada centímetro de solo perdido por erosão hídrica. A produção de soja usada para corresponder à perda de uma camada de 0,05 cm foi estabelecida pela média obtida nos três sistemas de preparo conservacionista. Estas perdas foram maiores do que as encontradas para a produtividade do trigo, as características da planta, principalmente do sistema radicular devem ser responsáveis por este comportamento diferenciado. Foi observada, nas raízes da soja, a mesma tendência de aumento do sistema radicular com a maior retirada de camadas de solo. Estes dados não foram aproveitados porque apresentaram alto coeficiente de variação, cuja causa foi atribuída ao método de coleta usado.

Atributos físicos e químicos do Solo: O efeito da perda da camada superficial sobre os atributos físicos do solo foram distintos, de acordo com a propriedade considerada. Enquanto a densidade do

solo aumentou com a intensidade de perdas, as porosidades total e de aeração não apresentaram interação significativa com a espessura da camada superficial perdida.

Diferentes atributos físicos do solo correlacionaram com as produtividades de soja e trigo de forma significativa (Tabela 4), sem no entanto apresentarem coeficiente de determinação (r^2) muito expressivo.

O atributo físico do solo, que apresentou as maiores correlações com as produtividades de trigo e soja, foi a macroporosidade. Na medida em que aumentou a macroporosidade do solo diminuiu a produtividade do trigo ($r^2 = 0,52$) (Figura 3) e a produtividade da soja tendeu a aumentar ($r^2 = 0,25$). No desenvolvimento do trigo ocorreu distribuição irregular das precipitações, chegando a cultura a sofrer déficit hídrico na fase de florescimento/enchimento de grãos, fato que não ocorreu no desenvolvimento da soja. A menor macroporosidade do solo permitiu que a água escoasse mais lentamente, permitindo um aproveitamento pelo trigo por um período mais longo. Já no período de desenvolvimento da soja, sem ocorrência de deficiência de chuvas, a drenagem mais rápida do excesso de água pela maior macroporosidade favoreceu o seu desenvolvimento.

TABELA 4 – Coeficiente de determinação (r^2) entre características químicas e físicas do solo em diferentes profundidades e produção de soja e trigo.

Características	Profundidade cm	Produção	
		Trigo Coef. de determinação (r^2)	Soja Coef. de determinação (r^2)
Físicas			
Densidade do solo	20 a 30		0,23*
Permeabilidade saturada	20 a 30		0,22*
Espaço aéreo (saturação – 3 kPa)	0 a 10	0,42*	
Macroporosidade (saturação – 6 kPa)	0 a 10	0,51**	
Teor de água na saturação	0 a 10	0,30*	
Teor de água a tensão de 10 kPa	10 a 20	0,27*	
Químicas			
Carbono orgânico	10 a 20	0,32*	0,34*
Fósforo	10 a 20		0,34*
	20 a 30	0,26*	
Potássio	10 a 20		0,22*
Capacidade de troca de cátions	20 a 30		0,28*

*Nível de significância da correlação pelo F teste 5%; **Nível de significância da correlação pelo F teste 1%.

Na avaliação dos efeitos das variações nos atributos físicos do solo sobre a produtividade do trigo, observou-se que com o aumento da saturação de água, macro e microporosidades na

superfície e volume de água na profundidade entre 10 a 20 cm, diminuíram a produtividade do trigo. Thomas e Cassel (1979) encontraram valores semelhantes em Alfisol.

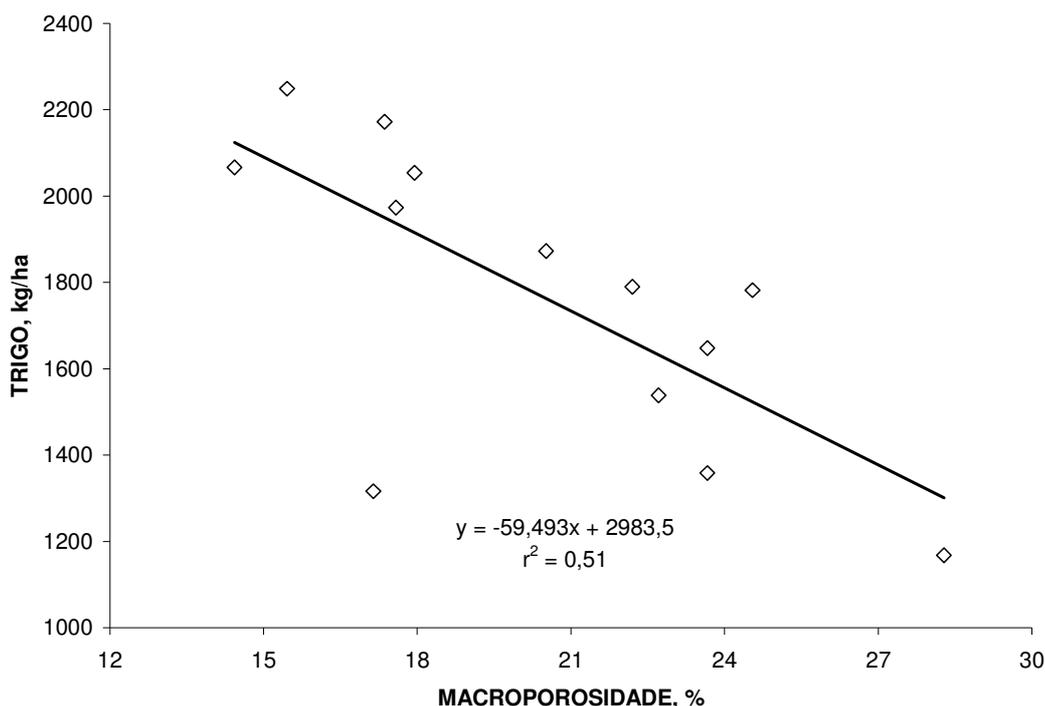


FIGURA 3 – Influência da macroporosidade do solo, em diferentes níveis de erosão natural, sobre a produtividade do trigo (seis tratamentos, quatro repetições).

Os atributos químicos também não apresentaram correlações muito altas (Tabela 4) com as produções de soja e trigo. Talvez, a correção da acidez pela análise do solo da parcela menos fértil e a adubação na linha de plantio dos dois cultivos tenham interferido na expressão destas correlações. Segundo Boone (1988), a mistura de horizontes pelo cultivo interfere na disponibilidade de nutrientes, contribuindo para variações na fertilidade.

O teor de carbono orgânico na camada de 10 a 20 cm foi a única característica que apresentou correlação linear negativa com a produtividade tanto do trigo como da soja. A redução na produtividade depende da capacidade do solo resistir a extração de nutrientes pelas colheitas; solos que apresentam subsolo fértil são mais resistentes (estáveis), mantendo-se produtivos (PIERCE *et al.*, 1984). Dedecek (1987), trabalhando com Latossolo Vermelho Distrófico textura argilosa em experimento de erosão simulada, observou que Ca, Mg, Al e C orgânico mostraram melhores correlações com a produção de soja. Verity e Andersen (1990) observaram menores produções de grãos nas parcelas do solo erodido fertilizado, que nas parcelas recompostas, encontraram menor MO, e atribuíram à erosão, o agente principal na redução da qualidade do solo.

CONCLUSÕES

1. A produtividade do trigo foi influenciada pela perda por erosão sob chuva natural de camadas superficiais do solo, estimando-se em 211 kg.ha⁻¹ a perda de produtividade do trigo para os primeiros centímetros de solo e 116 kg.ha⁻¹ para o restante do solo;
2. A influência da perda de camadas superficiais do solo pela chuva foi maior na cultura da soja, estimando-se uma perda de produtividade de 139 kg.ha⁻¹.cm⁻¹ de solo perdido.
3. Na produtividade apresentada pelo cultivo de trigo e soja, a influência dos atributos físicos do solo não foi muito importante. A macroporosidade foi o único atributo físico que apresentou coeficiente de determinação negativa acima de 50% com a produtividade do trigo, considerando-se a camada de 0 a 10 cm de profundidade do solo.
4. O teor de carbono orgânico na camada de 10 a 20 cm foi o atributo químico que melhor se correlacionou com a produtividade de trigo e soja, em função das diferentes perdas de camadas de solo por erosão natural.

AGRADECIMENTOS

Ao IAPAR/POLO REGIONAL de Ponta Grossa-PR, nas pessoas de sua chefia, técnicos e pessoal de apoio.

REFERÊNCIAS

1. BOHM, W. **Methods of studying root systems**. Berlin: Springer-Verlag, 1979. 189 p.
2. BOONE, F. R. Weather and other environmental factors influencing crop responses to tillage and traffic. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 11, p. 283-342, 1988.
3. COVENTRY, D.R.; KOLLMORGEN, J.F. Na association between lime application and the incidence of take-all symptoms on wheat on an acid soil in NE Victoria. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.27, p.695-699, 1987.
4. DANIELS, R. B.; GILLIAN, J. W.; CASSEL, D. K.; NELSON, L. A. Quantifying the effects of past soil erosion on present soil productivity. **Journal Soil & Water Conservation** Ankeny, v. 42, p. 183-87, 1987.
5. DEDECEK, R.A. Efeitos das perdas e deposições de camadas de solo na produtividade de um Latossolo Vermelho-Escuro dos Cerrados. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Campinas, v. 11, p. 323-28, 1987.
6. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISAAGROPECUÁRIA-Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de métodos de análise de solos**. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.
7. FOWLER, J.A.P. A influência de propriedades físicas do solo na ocorrência do mal-do-pé *Gaeumannomyces graminis* do trigo *Triticum aestivum*. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1994. 72p. (Tese de mestrado).
8. LOWERY, B.; SHAWN, J.; SCHUMACHER, T.; JONES, A. Physical properties of selected soils by erosion class. **Journal Soil & Water Conservation**, Ankeny, v. 50, n. 3, p. 306-311. 1995.
9. MERTEN, G. H. **Relatório final: Avaliação da erosão em sistemas de preparo para a soja e trigo na região dos Campos Gerais**. Ponta Grossa: IAPAR, 1995. 32 p. Não publicado.
10. PAPPENDICK, R.I.; YOUNG, D.L.; MCCOOL, D.K.; KRAUSS, H.A. Regional effects of soil erosion on crop productivity – The Palouse Area of the Pacific Northwest. In: FOLLETT, R.F.; STEWART, R.A. **Soil Erosion and Crop Productivity**. Madison: American Society of Agronomy, 1985. p. 305 – 320.
11. PERRENS, S. J.; TRUSTUM, N. A. Assessment and evaluation for soil conservation policy. In: WORKSHOP ON POLICIES FOR SOIL AND WATER CONSERVATION. (1983: Honolulu). **Workshop report**. Honolulu: East-west Environment and Policy Institute, 1984.
12. PIERCE, F. J.; DOWDY, R. H.; LARSON, W. E.; GRAHAM, W. A. P. Soil Productivity in the Corn Belt: assessing long-term effects. **Journal Soil & Water Conservation**, Ankeny, v. 39, p. 131-136, 1984
13. SCHERTZ, D. L.; MOLDENHAUER, W. C. LIVINGTON, S. J. Effect of past soil erosion on crop productivity in Indiana. **Journal Soil & Water Conservation**, Ankeny. v. 44, p. 604-608, 1989.
14. THOMAS, D. J.; CASSEL, D. K. Land-forming Atlantic Coastal Plain soils: crop yield relationship to soil physical and chemical properties. **Journal Soil & Water Conservation**, Ankeny, v. 34, p. 20-24, 1979.
15. VERITY, G. E.; ANDERSON, D. W. Soil erosion effects on soil quality and yield. **Canadian Journal Soil Sci.**, Ottawa, v. 70, p. 471-84, 1990.
16. ZOBECK, T. M.; ROLONG, N. A.; FRYREAR, D. W. Properties and productivity of recently tilled grass sod and 70-year cultivated soil. **Journal Soil & Water Conservation J. Soil Water Cons.**, v. 50, n. 2, p. 210-215, 1995.

Recebido em 11/09/2003
Aceito em 28/07/2006