

EROSÃO HÍDRICA EM UM NITOSSOLO HÁPLICO SUBMETIDO A DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO SOB CHUVA SIMULADA. I - PERDAS DE SOLO E ÁGUA⁽¹⁾

**D. LEITE⁽²⁾, I. BERTOL⁽³⁾, J. C. GUADAGNIN⁽⁴⁾,
E. J. SANTOS⁽⁵⁾ & S. R. RITTER⁽⁶⁾**

RESUMO

O manejo do solo influencia a cobertura e a rugosidade na superfície, constituindo-se no principal fator que afeta a erosão hídrica. Utilizando um simulador de chuvas de braços rotativos, foram aplicados, no campo, três testes de chuva simulada no cultivo do milho e três no do feijão, com intensidade constante de 64 mm h⁻¹ e energia cinética de 0,2083 MJ ha⁻¹ mm⁻¹, no Planalto Sul Catarinense, entre março de 2001 e abril de 2003, para avaliar as perdas de água e solo nos seguintes tratamentos de manejo do solo, em duas repetições: solo sem cultivo com uma aração + duas gradagens (SSC); cultivos de milho e feijão com uma aração + duas gradagens sobre resíduos dessecados (PCO); cultivos de milho e feijão em semeadura direta sobre resíduos dessecados em solo previamente preparado (SDI); cultivos de milho e feijão em semeadura direta sobre resíduos dessecados em solo nunca preparado (SDD); cultivos de milho e feijão em semeadura direta sobre resíduos queimados em solo nunca preparado (SDQ), e solo sem cultivo com campo nativo melhorado (CNM). O experimento foi realizado em um Nitossolo Háplico aluminico argiloso, com inclinação média do terreno de 0,165 m m⁻¹. As perdas de solo foram fortemente influenciadas pelo sistema de manejo do solo, enquanto as perdas de água sofreram efeito apenas moderado. A SDI reduziu as perdas de solo 96 % em relação ao PCO, enquanto as perdas de água que equivaleram a 22 % do volume das chuvas

⁽¹⁾ Parte da Tese de Mestrado do primeiro autor, apresentada à Faculdade de Agronomia do Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC. Conduzido com recursos parciais do CNPq/UDESC. Recebido para publicação em outubro de 2003 e aprovado em setembro de 2004.

⁽²⁾ Pós-Graduando em Ciência do Solo do Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC. Caixa Postal 281, CEP 88520-000 Lages (SC). Bolsista do CNPq. E-mail: leiteagro@ig.com.br

⁽³⁾ Professor do Centro de Ciências Agroveterinárias, CAV/UDESC. Bolsista do CNPq. E-mail: a2ib@cav.udesc.br

⁽⁴⁾ Engenheiro-Agrônomo, MSc. em Ciência do Solo. Av. Luiz de Camões 2090, CEP 88520-000 Lages (SC). E-mail: a6jcg@cav.udesc.br

⁽⁵⁾ Engenheiro-Agrônomo, MSc. Em Ciência do Solo. BR 282, Km 25, CEP 88520-000 São José do Cerrito (SC).

⁽⁶⁾ Bolsista de Iniciação Científica do Curso de Agronomia do CAV/UDESC, PIBIC/CNPq. E-mail: a6srri@cav.udesc.br

aplicadas no PCO foram reduzidas para 7 % do referido volume na SDI, na média dos cultivos. A queima dos resíduos culturais aumentou as perdas de solo em 21 vezes em relação à ausência de queima, enquanto as perdas de água que equivaleram a 22,5 % do volume das chuvas aplicadas na área não queimada aumentaram para 26,5 % do referido volume com a queima, na média dos cultivos. As perdas de solo relacionaram-se exponencialmente com a percentagem de cobertura da superfície pelos resíduos culturais e com a cobertura pela copa das plantas. O índice D_{50} também se relacionou exponencialmente com a cobertura do solo pelos resíduos culturais.

Termos de indexação: enxurrada superficial, transporte de sedimentos, semeadura direta, queima de resíduos culturais.

SUMMARY: *WATER EROSION ON AN HAPLUDOX SUBMITTED TO DIFFERENT SOIL MANAGERMENTS UNDER SIMULATED RAINFALL. I - SOIL AND WATER LOSSES*

Soil management influences surface cover and roughness, and it is the major factor that affects water erosion. A rotating-boom rainfall simulator operated at a constant rainfall intensity of 64 mm h^{-1} and $0.2083 \text{ MJ ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ kinetic energy was used to investigate water erosion and related parameters in six management systems of corn and bean crops. The experiments were carried out on a clayey loam structured soil (Hapludox) with 0.165 m m^{-1} average slope, on the Southern Plateau of Santa Catarina State, Brazil, from March 2001 to April 2003. Three simulated rainfall tests were applied to the corn and three to the bean crop in the following treatments: plowing + disking (bare soil) (SSC), corn and bean crop after plowing + disking on desiccated residue (PCO), corn and bean crop under no-tillage on desiccated residue on previously prepared soil (SDI), corn and bean crop under no-tillage on desiccated residue on never tilled soil (SDD), corn and bean crop under no-tillage on burned residue on never tilled soil (SDQ), and improved native pasture (CNM). Soil losses were strongly influenced by the soil management while water losses were only slightly affected. Results showed that the SDI treatment reduced the soil loss 96 % in relation to PCO, while the water loss, equivalent to 22 % of the applied rainfall volume in the PCO, was reduced to 7 % of the above-mentioned volume produced in the SDI in crop means. The burning of crop residues increased the soil loss 21 -fold compared to no burning while the water loss, equivalent to 22.5 % of the applied rainfall volume in the SDD, rose to 26.5 % of the above-mentioned volume obtained in the SDQ in the crop means. Soil losses were exponentially correlated with the soil cover percentage by crop residues and with the soil cover percentage by canopy crops. D_{50} index was also exponentially correlated with the soil cover percentage by crop residue.

Index terms: runoff, sediment transport, no-tillage, burned crop residues.

INTRODUÇÃO

A erosão hídrica do solo manifesta-se com intensidade variável, dependendo da importância relativa do clima, solo, topografia, vegetação e uso do solo e práticas conservacionistas de suporte (Wichmeier & Smith, 1978), a qual ainda é induzida pela atividade humana.

No sistema de preparo de solo convencional, ocorre movimentação mecânica da camada superficial, objetivando facilitar a semeadura e o crescimento das plantas, controlar invasoras e manejar os resíduos culturais (Raney & Zingg, 1957). Os aspectos positivos conseguidos imediatamente

após a execução da movimentação do solo, no preparo convencional, são, no entanto, rapidamente perdidos, quando da ocorrência de chuvas erosivas. Isto acontece em decorrência da desagregação do solo que facilita o selamento superficial e, conseqüentemente, o rápido decréscimo da taxa de infiltração e aumento do escoamento (Duley, 1939), o qual possibilita o transporte de sedimentos minerais e orgânicos (Schick et al., 2000a; Mello et al., 2003) e nutrientes (Schick et al., 2003b; Bertol et al., 2003). Apesar de reduzir a cobertura do solo, o preparo convencional aumenta a rugosidade e favorece a armazenagem de água na superfície em relação ao solo sem preparo (Cogo, 1981; Bertol et al., 1997).

Os preparos de solo conservacionistas, representados principalmente pela semeadura direta e cultivo mínimo, caracterizam-se pela ausência quase que completa de preparo e pelo preparo parcial do solo, respectivamente, pela elevada cobertura superficial no caso da semeadura direta e, no caso do cultivo mínimo, também pela elevada rugosidade (Cogo, 1981; Bertol et al., 1997), o que torna estes sistemas de manejo mais eficazes no controle da erosão hídrica do que os preparos de solo convencionais. Na semeadura direta, particularmente, com o passar do tempo, ocorre um alisamento da superfície do solo, com diminuição da rugosidade (Cogo, 1981) e do volume de macroporos e aumento da densidade (Bertol et al., 2001), decorrentes da ausência de preparo e do ajustamento das partículas nos poros do solo. Apesar disso, este sistema de manejo aumenta a tensão crítica de cisalhamento do solo e a sua resistência à erosão hídrica (Foster, 1982), porque aumenta a consolidação da superfície (Dissmeyer & Foster, 1981) e, ainda, possibilita o ancoramento dos resíduos nas soqueiras das culturas.

A cobertura do solo formada pelos resíduos vegetais reduz a erosão hídrica porque dissipa a energia cinética das gotas de chuva sobre a superfície, diminui a velocidade do escoamento e aumenta a profundidade da lâmina de água na superfície do solo. Assim, a cobertura reduz a capacidade do escoamento de desagregar e transportar sedimentos e forma uma rede, semelhante a um filtro, a qual provoca a deposição de sedimentos, especialmente os de maior diâmetro, transportados pela enxurrada (Cogo et al., 1984; Bertol et al., 1997). Assim, a eliminação da cobertura do solo, pela queima, por exemplo, deixa o solo exposto à energia da chuva e do escoamento e, portanto, mais susceptível à erosão hídrica (Bertoni & Lombardi Neto, 1999). A queima dos resíduos vegetais ainda diminui a matéria orgânica do solo, enfraquecendo a estrutura e, com isso, aumentando ainda mais a susceptibilidade à erosão hídrica.

O sistema de manejo do solo influencia a cobertura superficial pelos resíduos culturais, a qual ainda exerce influência positiva sobre as propriedades físicas do solo na camada superficial (Bertol et al., 2001), alterando a infiltração de água e o escoamento superficial, além de influir nas perdas de solo (Cogo, 1981; Bertol et al., 1987; Bertol, et al., 1997). Além disso, a cobertura do solo pelos resíduos é mais eficaz no controle da erosão do que a cobertura do solo pela copa das plantas, pois estas, mesmo interceptando as gotas de chuva, permitem que elas, ao precipitarem da copa, adquiram energia cinética suficiente para provocar erosão se o solo estiver descoberto (Wischmeier & Smith, 1978).

O objetivo do trabalho foi quantificar as perdas de solo e água ocasionadas pela erosão hídrica sob chuva simulada, em diferentes sistemas de manejo do solo durante os cultivos de milho e feijão.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no campo, entre março de 2001 e abril de 2003, sendo o experimento estabelecido em um Nitossolo Háplico aluminico, localizado na região do Planalto Sul Catarinense, a 28° 55' 44" de latitude ao Sul e 51° 08' 32" de longitude ao Oeste de Greenwich, com 846 m de altitude média, onde o clima é do tipo Cfb, ou seja, subtropical úmido, segundo a classificação de Köppen.

O solo da área experimental apresenta inclinação média de 0,165 m m⁻¹, a qual, inicialmente, estava coberta com campo nativo, o qual foi melhorado com azevém (*Lolium multiflorum*) e trevo vermelho (*Trifolium pratense*), além de 3 t ha⁻¹ de calcário dolomítico aplicado em cobertura. Em março de 2000, a área foi preparada para instalar um experimento, com vistas em avaliar a erosão hídrica sob diferentes sistemas de manejo, com a cultura da soja, em condições de chuva simulada, cujos detalhes podem ser encontrados em Mello et al. (2003).

No experimento (março de 2000), foi feito preparo de solo convencional para incorporar 11 t ha⁻¹ de calcário dolomítico, 230 kg ha⁻¹ de superfosfato triplo e 70 kg ha⁻¹ de cloreto de K, para corrigir a acidez e a fertilidade, na área onde seriam instalados os tratamentos semeadura direta e preparo convencional, descritos adiante. Nos demais tratamentos, também descritos adiante, ou seja, no solo sem cultivo, o solo foi preparado sem calcário e adubo, enquanto, na semeadura direta dessecada, semeadura direta dessecada e queimada e campo nativo melhorado, o solo não foi preparado e, na semeadura direta dessecada e semeadura direta dessecada e queimada, foram aplicados, em cobertura, 5,5 t ha⁻¹ de calcário dolomítico.

Em março de 2001, foram estabelecidos os seguintes tratamentos de manejo do solo, distribuídos totalmente ao acaso, em duas repetições: (1) solo sem cultivo em preparo convencional com uma aração + duas gradagens (SSC), tendo sido a aração feita com arado de discos na profundidade de 15–20 cm e as gradagens com grade de discos na profundidade de 12–15 cm, no sentido paralelo ao declive, na época da instalação das culturas nos demais tratamentos; (2) solo cultivado em preparo convencional com uma aração + duas gradagens (PCO), em que o preparo foi feito como em (1); (3) solo cultivado em semeadura direta sobre resíduos dessecados (SDI), em que o solo foi preparado por ocasião do experimento (março de 2000); (4) solo cultivado em semeadura direta sobre resíduos dessecados (SDD), em que o solo não recebeu preparo algum; (5) solo cultivado em semeadura direta sobre resíduos queimados (SDQ), em que o solo tampouco recebeu preparo, e (6) solo sem cultivo em campo nativo melhorado (CNM), em que o solo também não recebeu preparo algum.

As culturas utilizadas neste experimento, em rotação, foram: ervilhaca comum (*Vicia sativa*)/milho (*Zea mays*)/aveia preta (*Avena strigosa*)/feijão preto (*Phaseolus vulgaris*), nos tratamentos: semeadura direta, semeadura direta dessecada, semeadura direta queimada e preparo convencional, instalados e conduzidos, conforme descrito a seguir.

Em abril de 2001, foi semeada ervilhaca, a lanço e sem adubo, e, em outubro do mesmo ano, durante a floração, a cultura foi dessecada quimicamente, tendo produzido 4 t ha⁻¹ de massa seca. Estes resíduos foram incorporados ao solo no preparo convencional, mantidos na superfície na semeadura direta e semeadura direta dessecada e queimados imediatamente antes de aplicar o primeiro teste de chuva simulada sobre o milho, na semeadura direta queimada. Sobre estas parcelas experimentais, em novembro de 2001, foi semeado milho com uma semeadora/adubadora tracionada por trator, em linhas paralelas ao declive, espaçadas 75 cm, adubado com 350 kg ha⁻¹ da fórmula 05-20-20, no momento da semeadura, e 100 kg ha⁻¹ de N, em cobertura, 45 dias após a emergência.

Em junho de 2002, o milho foi colhido, tendo produzido 10 t ha⁻¹ de massa seca da parte aérea (a qual foi retirada da área no preparo convencional e mantida nos demais tratamentos) e, nesta mesma época, foi semeada aveia preta, a lanço e sem adubo. A semente de aveia foi semeada sobre o solo e antes da colheita do milho na semeadura direta, semeadura direta dessecada e semeadura direta queimada (os resíduos do milho foram deitados sobre a semente de aveia), sendo incorporada ao solo com gradagem no preparo convencional e, em novembro do mesmo ano, durante a floração, a cultura foi dessecada quimicamente, tendo produzido 5 t ha⁻¹ de massa seca. Estes resíduos foram incorporados ao solo no preparo convencional, mantidos na superfície na semeadura direta e semeadura direta dessecada e queimados imediatamente antes de aplicar o primeiro teste de chuva simulada sobre o feijão na semeadura direta queimada.

Sobre estes tratamentos, em novembro de 2002, foi semeado feijão, com auxílio de matracas "saraquá", em linhas paralelas ao declive espaçadas 50 cm, adubado com 12 kg ha⁻¹ de N, 40 de P e 40 de K na semeadura, além de 40 kg ha⁻¹ de N em cobertura, 30 dias após a emergência e no preparo convencional e semeadura direta queimada, mais 40 kg ha⁻¹ de N em cobertura 60 dias após a emergência.

Em todas as parcelas experimentais, durante os cultivos do milho e do feijão, foram aplicados três testes de chuva simulada em cada cultivo, sendo o primeiro imediatamente após a semeadura das culturas e, os demais, em intervalos regulares de 45 dias, no milho, e de 30 dias, no feijão, com intensidade constante de 64 mm h⁻¹ e energia cinética de 0,2083 MJ ha⁻¹ mm⁻¹, com durações

variáveis e suficientes para a enxurrada atingir taxa constante.

A unidade experimental era constituída de uma parcela com 3,5 x 11 m, instalada conforme Embrapa (1975). Utilizaram-se doze parcelas e, para aplicação das chuvas simuladas, um simulador de chuvas de braços rotativos (Swanson, 1975), o qual cobria simultaneamente duas parcelas, as quais eram repetições dos tratamentos de manejo do solo.

Antes da aplicação de cada chuva simulada, foram determinadas as coberturas do solo pelos resíduos vegetais e pelas copas das plantas, conforme Sloneker & Moldenhauer (1977) e Hartwig & Laflen (1978), respectivamente, bem como a umidade do solo na camada de 0-20 cm de profundidade, conforme Forsythe (1975).

Durante a aplicação de cada chuva simulada, foram feitas amostragens da enxurrada e medições da taxa de descarga, de três em três minutos, conforme Cogo (1981), para posterior determinação e cálculo das perdas de água e solo. Também foram registrados os tempos em que a enxurrada iniciou e em que ela atingiu a taxa máxima, bem como a velocidade da enxurrada durante o período de descarga constante, de acordo com Bertol et al. (1987). Além disso, durante o período de taxa constante, foram coletadas amostras da enxurrada, para determinar a distribuição de tamanho dos sedimentos transportados pelo fluxo, com auxílio de um conjunto de peneiras com malhas de 2,00, 1,00, 0,50, 0,25, 0,105, 0,053 e 0,037 mm, para posterior cálculo do índice D₅₀, de acordo com o método descrito em Cogo (1981). O índice D₅₀ expressa o tamanho de sedimentos transportados pela enxurrada, em que 50 % dos mesmos, em massa, apresentam diâmetro inferior a tal tamanho. Esse índice é uma consequência da distribuição do tamanho dos sedimentos, transportados pela enxurrada e, assim, quanto menor o tamanho dos sedimentos menor será o valor do índice D₅₀.

Com os dados obtidos no campo, foi possível calcular as perdas totais de água (% da chuva aplicada), perdas totais de solo (t ha⁻¹), taxa constante de enxurrada (mm h⁻¹), concentração de sedimentos (g L⁻¹), taxa de perda de solo (t ha⁻¹ h⁻¹) durante o período de enxurrada constante e do índice D₅₀ (mm), conforme métodos descritos em Cogo (1981).

Os dados de perda de solo obtidos no campo foram ajustados para o declive médio de 0,165 m m⁻¹, considerando a variação de inclinação existente entre as parcelas experimentais (Quadro 1), utilizando o procedimento recomendado por Wischmeier & Smith (1978), pela seguinte expressão:

$$S = 0,065 + 4,56 \cdot \text{sen} \theta + 65,41 (\text{sen} \theta)^2$$

em que θ = ângulo do declive.

Quadro 1. Inclinação das parcelas experimentais (Inc), umidade do solo (Us), intensidade (I) e duração (D) das chuvas simuladas aplicadas em diferentes sistemas de manejo de um Nitossolo Háplico

Tratamento	Inc	Cultivo do milho			Cultivo do feijão		
		Us	I	D	Us	I	D
	m m ⁻¹	g g ⁻¹	mm h ⁻¹	min	g g ⁻¹	mm h ⁻¹	min
SSC	0,15	0,30	66	72	0,27	62	80
PCO	0,12	0,25	67	90	0,26	68	80
SDQ	0,21	0,27	67	77	0,27	65	80
SDI	0,14	0,27	66	99	0,26	69	80
SDD	0,22	0,24	62	93	0,25	67	80
CNM	0,15	0,26	76	72	0,27	70	80

SSC: solo sem cultivo; PCO: preparo convencional; SDQ: semeadura direta sobre resíduos queimados; SDI: semeadura direta; SDD: semeadura direta sobre resíduos dessecados; CNM: campo nativo melhorado.

Analisando a variação na intensidade das chuvas simuladas aplicadas (Quadro 1), após o ajuste das perdas de solo feito para a inclinação das parcelas, as referidas perdas foram ainda ajustadas para a intensidade de chuva planejada de 64 mm h⁻¹, conforme método descrito por Cogo (1981).

Os dados de cobertura do solo pelos resíduos culturais e pelas copas das plantas, tempo de início e de taxa máxima da enxurrada, perdas de água e solo, taxa constante de enxurrada, concentração de sedimentos sob enxurrada constante e taxa de perda de solo sob enxurrada constante foram interpretados por meio da análise da variância e as médias foram comparadas pelo teste de Duncan a 5 %, em cada cultivo. Análises de regressão não-linear foram feitas, relacionando a cobertura do solo pelos resíduos culturais e pelas copas das plantas com as perdas de solo, a cobertura do solo pelos resíduos culturais com a taxa de perda de solo e com a concentração de sedimentos sob enxurrada constante, a cobertura do solo pelos resíduos culturais com o índice D₅₀ e a taxa de perda de solo sob enxurrada constante com o índice D₅₀.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A cobertura do solo proporcionada pelos resíduos culturais foi máxima no campo nativo (Quadro 2), explicada pela presença da massa vegetal do campo na superfície do solo. No solo sem cultivo, por outro lado, o qual foi manejado como recomenda o procedimento para a parcela-padrão da Equação Universal de Perdas de Solo - EUPS (Wischmeier & Smith, 1978), a cobertura foi mínima. Em ambos os cultivos, a semeadura direta dessecada apresentou a maior cobertura do solo proporcionada pelos resíduos culturais dentre os tratamentos cultivados, seguida pela semeadura direta, em decorrência da

ausência de preparo do solo, enquanto a semeadura direta queimada e o preparo convencional apresentaram as menores coberturas, em decorrência da queima dos resíduos e do preparo do solo, respectivamente.

No cultivo do milho, a cobertura do solo proporcionada pelos resíduos foi 4,2 vezes maior na média da semeadura direta e semeadura direta dessecada do que na média do preparo convencional e semeadura direta queimada (Quadro 2), enquanto, no feijão, essa diferença foi de seis vezes, explicada pela ausência de preparo do solo e de queima dos resíduos na semeadura direta e semeadura direta dessecada, de acordo com Leite (2003). A cobertura do solo (média das condições sob semeadura direta e semeadura direta dessecada) ocasionada pelos resíduos remanescentes de aveia, no feijão, foi 0,21 m² m⁻² maior do que aquela proporcionada pelos resíduos remanescentes de ervilhaca, no milho, explicada pela maior quantidade de massa seca da aveia (5 Mg ha⁻¹) do que de ervilhaca (4 Mg ha⁻¹), conforme Leite (2003), bem como pela maior resistência dos resíduos de aveia à decomposição.

A cobertura do solo proporcionada pela copa das plantas foi menos influenciada do que a referida cobertura proporcionada pelos resíduos culturais, pelo sistema de manejo do solo (Quadro 2). Durante o cultivo do milho, os tratamentos cultivados apresentaram a mesma cobertura, já que as plantas de milho desenvolveram-se uniformemente nos distintos sistemas de manejo, enquanto, para o feijão, houve diferença sob semeadura direta e semeadura direta dessecada em relação ao preparo convencional e semeadura direta queimada. A menor cobertura nestes dois últimos tratamentos, no feijão, deveu-se ao menor vigor inicial das plantas e à fitotoxicidade decorrente da aplicação de herbicidas em uma lavoura próxima que atingiu o feijão nestes tratamentos. Assim, a cobertura do solo pela copa das plantas foi 3,5 vezes maior no milho do que no feijão, na média dos tratamentos cultivados.

Quadro 2. Cobertura do solo proporcionada pelos resíduos culturais (CR) e pela copa das plantas (CC) e tempos para início (Ti) e para a taxa máxima (Tm) da enxurrada, em diferentes sistemas de manejo de um Nitossolo Háplico

Tratamento	Cultivo do milho				Cultivo do feijão			
	CR	CC	Ti	Tm	CR	CC	Ti	Tm
	m ² m ⁻²		min		m ² m ⁻²		min	
SSC	0,00 F	0,00 C	29 CD	57 C	0,00 F	0,00 D	26 C	52 C
PCO	0,06 E	0,51 B	40 B	77 B	0,09 E	0,20 C	31 B	58 B
SDQ	0,29 D	0,44 B	22 D	62 C	0,22 D	0,17 C	25 C	59 B
SDI	0,70 C	0,47 B	64 A	85 A	0,93 C	0,28 B	45 A	71 A
SDD	0,77 B	0,51 B	34 BC	76 B	0,96 B	0,27 B	27 C	66 A
CNM	1,00 A	1,00 A	25 D	57 C	1,00 A	1,00 A	20 D	55 BC
C.V. (%)	4	13	16	6	3	13	7	8

SSC: solo sem cultivo; PCO: preparo convencional; SDQ: semeadura direta sobre resíduos queimados; SDI: semeadura direta; SDD: semeadura direta sobre resíduos dessecados; CNM: campo nativo melhorado. Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem significativamente pelo teste de Duncan a 5 %.

O intervalo de tempo entre o início da chuva simulada e o início da enxurrada foi 95 % maior na semeadura direta do que na média dos demais tratamentos, considerando a média dos dois cultivos (Quadro 2), o que pode ser explicado pela grande cobertura do solo proporcionada pelos resíduos culturais nesse sistema de manejo e pela alta inclinação do terreno na semeadura direta queimada e semeadura direta dessecada (Quadro 1), além da pequena cobertura do solo na semeadura direta queimada. Por outro lado, a pequena ou ausente cobertura do solo no preparo convencional, semeadura direta queimada e solo sem cultivo permitiu o selamento superficial e o rápido decréscimo da taxa de infiltração e rápido aumento da taxa de enxurrada, tanto no milho quanto no feijão, cujos dados concordam com Cogo (1981) e Mello (2002). A tendência de menor tempo para o início da enxurrada no campo nativo, em ambos os cultivos, apesar da cobertura máxima da superfície, é explicada pela maior consolidação natural do solo neste tratamento.

O maior tempo necessário para a enxurrada atingir a taxa máxima no cultivo do milho ocorreu na semeadura direta e, no feijão, na semeadura direta e semeadura direta dessecada, tendo sido, na média dos dois cultivos, 22 % maior do que foi obtido, em média, no solo sem cultivo, preparo convencional e semeadura direta queimada (Quadro 2). Este comportamento é explicado pela ausência de cobertura e pela baixa rugosidade superficial nos três últimos tratamentos, concordando com dados obtidos por Cogo (1981) e Bertol (1995). Além disso, a ausência de preparo na semeadura direta e semeadura direta dessecada contribuiu para manter a estrutura do solo com melhor qualidade, especialmente em relação ao solo sem cultivo e preparo convencional.

As perdas de água pela enxurrada, embora não tenha sido verificada diferença estatística entre os tratamentos, tenderam a ser maiores no solo sem cultivo e semeadura direta queimada do que na semeadura direta dessecada, cujos valores médios foram 2,4 vezes maiores do que os obtidos nos demais tratamentos, no cultivo do milho (Quadro 3), concordando com Leite (2003). As elevadas perdas de água na semeadura direta dessecada e semeadura direta queimada podem ser atribuídas à grande inclinação do terreno (Quadro 1) e, na semeadura direta queimada, também à baixa cobertura do solo proporcionada pela queima dos resíduos culturais (Quadro 2).

No cultivo do feijão, o solo sem cultivo apresentou perda de água 11 % maior do que a obtida no preparo convencional, campo nativo e semeadura direta queimada e 1,8 e 4,7 vezes superior à obtida na semeadura direta dessecada e semeadura direta, respectivamente, concordando com Leite (2003). A pequena diferença na perda de água verificada no solo sem cultivo e nos tratamentos: preparo convencional, semeadura direta queimada e campo nativo pode ser explicada, no caso do preparo convencional, pelo revolvimento mecânico do solo e, no caso da semeadura direta queimada, pela queima dos resíduos vegetais, fatores que concorreram para que houvesse redução na cobertura do solo em ambos os casos.

Além disso, estes dois últimos tratamentos apresentaram menor cobertura pela copa das plantas de feijão (Quadro 2). Ainda neste cultivo, a baixa perda de água pela enxurrada na semeadura direta dessecada e, principalmente, na semeadura direta, é justificada pela elevada cobertura do solo que teve o efeito de proteger a superfície contra o impacto

Quadro 3. Perdas de água e solo nos cultivos do milho e do feijão em diferentes sistemas de manejo de um Nitossolo Háplico

Tratamento	Cultivo de milho	Cultivo de feijão
Perda de água (% da chuva aplicada)		
SSC	27 A	42 A
PCO	11 CD	33 B
SDQ	24 A	29 B
SDI	5 D	9 D
SDD	22 AB	23 C
CNM	15 BC	32 B
C.V. (%)	33	15
Perda de solo (t ha ⁻¹)		
SSC	6,537 A	25,699 A
PCO	0,542 B	2,567 B
SDQ	0,146 C	0,731 C
SDI	0,094 C	0,034 C
SDD	0,023 C	0,018 C
CNM	0,032 C	0,020 C
C.V. (%)	62	106

SSC: solo sem cultivo; PCO: preparo convencional; SDQ: semeadura direta sobre resíduos queimados; SDI: semeadura direta; SDD: semeadura direta sobre resíduos dessecados; CNM: campo nativo melhorado. Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem significativamente pelo teste de Duncan a 5 %.

das gotas de chuva e, ainda, dificultar o escoamento e facilitar a infiltração da água, concordando com Cogo et al. (1984), Bertol et al. (1997) e Schick et al. (2000a). Na média dos cultivos, as perdas de água passaram de 22,5 % do volume das chuvas aplicadas na ausência da queima (SDD) para 26,5 % das chuvas com a queima dos resíduos (SDQ), diferença que pode ser considerada pequena.

As perdas de água foram maiores no cultivo do feijão do que no cultivo do milho, em todos os tratamentos (Quadro 3). A semeadura direta dessecada apresentou o menor aumento no feijão em relação ao milho, explicado pela ausência de preparo do solo e pela presença da cobertura superficial proporcionada pelos resíduos vegetais. No preparo convencional, a perda de água triplicou a do cultivo do milho para o do feijão, em decorrência do continuado preparo do solo que reduziu a infiltração de água e aumentou a enxurrada superficial. Além disso, analisando a diferença de arquitetura entre as plantas de milho e feijão, observou-se, durante as chuvas simuladas, expressivo fluxo de água pelos colmos no milho, o que contribuiu para que a água atingisse a superfície do solo com mínima energia de impacto, facilitando, assim, a infiltração no solo nessa cultura.

No cultivo do milho, as perdas de solo foram 12 vezes maiores no solo sem cultivo do que no preparo convencional e 87 vezes maiores do que a

média dos demais tratamentos, enquanto no de feijão, as referidas diferenças foram, respectivamente, de 10 e 128 vezes (Quadro 3). As maiores perdas de solo no sem cultivo e no preparo convencional, em ambos os cultivos, são explicadas pela maior perda de água pela enxurrada e pela maior concentração de sedimentos no fluxo, a ser discutida adiante, em relação aos demais tratamentos (Quadro 4). Estes resultados mostraram expressivo aumento das perdas de solo com o aumento da intensidade do preparo, concordando com dados obtidos por Mello et al. (2003), Cogo (1981) e Bertol (1995).

No solo sem cultivo, preparo convencional e semeadura direta queimada, as perdas de solo aumentaram, em média, quatro vezes, quando comparado o cultivo do milho com o do feijão (Quadro 3). Além da provável degradação do solo no sem cultivo e preparo convencional, provocada pelo preparo, e na semeadura direta queimada, provocada pelo fogo, a menor cobertura do solo proporcionada pela copa das plantas de feijão (Quadro 2), no segundo ano do experimento, pode ter contribuído para este aumento.

No preparo convencional, as perdas de solo foram 5,8 vezes maiores do que na semeadura direta e, na semeadura direta queimada, elas foram 6,3 vezes maiores do que na semeadura direta dessecada, no cultivo do milho (Quadro 3), enquanto, no cultivo do feijão, as referidas diferenças foram, respectivamente, de 76 e 41 vezes, concordando com Bertoni & Lombardi Neto (1999), Leite (2003) e Mello et al. (2003). A eliminação da cobertura do solo, decorrente do revolvimento mecânico no preparo convencional e da queima na semeadura direta, associada à degradação física do solo ocasionada pelas duas práticas, permitiu que as gotas de chuva, ao incidirem diretamente na superfície do solo, aumentassem sua desagregação e, conseqüentemente, a concentração de sedimentos na enxurrada, conforme constatado também por Cogo (1981), Bertol (1995) e Mello et al. (2003). Assim, de modo geral, as perdas de solo diminuíram não só com o aumento na cobertura do solo, proporcionado pelos resíduos culturais e pelas copas das plantas, mas também, com a diminuição das operações de preparo do solo, em ambos os cultivos, concordando com Levien et al. (1990).

As perdas de solo diminuíram exponencialmente com o aumento da cobertura do solo proporcionada pelos resíduos culturais (Figura 1), atribuídas à diminuição do impacto das gotas de chuva, desagregação das partículas e transporte de sedimentos na enxurrada. A cobertura do solo pelos resíduos culturais também diminuiu a velocidade da enxurrada, o que se refletiu na redução da capacidade de desagregação e transporte de sedimentos pela enxurrada, conforme constatado, também, por Cogo (1981), Bertol (1995) e Mello et al. (2003). Além disso, a cobertura do solo pelos

Quadro 4. Taxa constante de enxurrada (TCE), velocidade da enxurrada (V), concentração de sedimentos na enxurrada (CSEC), taxa de perda de solo (TPS) e índice D₅₀ no intervalo de enxurrada constante, em diferentes sistemas de manejo de um Nitossolo Háplico

Tratamento	TCE	V	CSEC	TPS	D ₅₀
	mm h ⁻¹	cm s ⁻¹	g L ⁻¹	t ha ⁻¹ h ⁻¹	mm
Cultivo do milho					
SSC	28 AB	19,5	34,2 A	9,890 A	1,068
PCO	16 C	11,2	2,9 B	0,528 B	0,693
SDQ	29 A	14,5	1,3 B	0,372 C	0,460
SDI	6 D	-	1,2 B	0,063 D	0,123
SDD	26 AB	-	0,2 B	0,062 D	-
CNM	22 BC	-	0,3 B	0,054 D	0,043
C.V. (%)	28	-	134	99	-
Cultivo do feijão					
SSC	44 A	18,7	50,9 A	22,417 A	1,210
PCO	39 AB	12,5	6,8 B	2,362 B	1,900
SDQ	34 B	13,1	4,0 C	1,394 C	1,087
SDI	13 D	-	0,3 D	0,038 D	0,124
SDD	27 C	-	0,1 D	0,033 D	0,158
CNM	35 B	-	0,1 D	0,020 D	0,111
C.V. (%)	15	-	76	87	-

SSC: solo sem cultivo; PCO: preparo convencional; SDQ: semeadura direta sobre resíduos queimados; SDI: semeadura direta; SDD: semeadura direta sobre resíduos dessecados; CNM: campo nativo melhorado. Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem significativamente pelo teste de Duncan a 5 %. (-) não determinado.

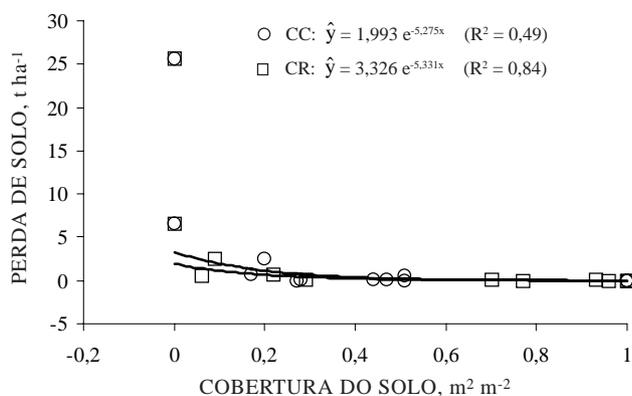


Figura 1. Relação da cobertura do solo proporcionada pelos resíduos culturais (CR) e pela copa das plantas (CC) com as perdas de solo, em diferentes sistemas de manejo de um Nitossolo Háplico.

resíduos culturais foi maior nos sistemas de manejo que não receberam preparo algum, com exceção da semeadura direta queimada, interagindo, assim, com o efeito da consolidação da superfície e promovendo maior resistência do solo à erosão hídrica em sulcos, conforme observado por Dissmeyer & Foster (1982).

As perdas de solo também diminuíram exponencialmente com o aumento da cobertura do solo proporcionado pela copa das plantas (Figura 1). No

entanto, esse efeito foi menor do que aquele proporcionado pelos resíduos culturais, concordando com Wischmeier & Smith (1978). Isto é explicado pelo fato de que as gotas de chuva interceptadas pela copa das plantas, ao caírem, têm sua energia potencial transformada em energia cinética e, ao tocarem a superfície do solo, a energia cinética é transformada em energia mecânica, a qual proporciona a desagregação do solo (Bertoni & Lombardi Neto, 1999). Além disso, a cobertura do solo pela copa das plantas não tem efeito sobre a enxurrada (Wischmeier & Smith (1978).

Os resultados analisados até o momento referem-se ao período inteiro de duração da enxurrada, os quais, possivelmente, sofreram a influência da variação da umidade do solo sobre a enxurrada. Para diminuir em parte essa influência, far-se-á uma abordagem dos dados com base nos resultados obtidos durante o período em que a enxurrada permaneceu constante, com vistas em melhor interpretar os resultados obtidos nos diversos tratamentos estudados, conforme sugerido por Cogo (1981).

No cultivo do milho, a taxa constante de enxurrada ocorrida na semeadura direta foi equivalente a 38 e 21 % da ocorrida no preparo convencional e solo sem cultivo, respectivamente, enquanto, no cultivo do feijão, as referidas equivalências foram, respectivamente, de 33 e 30 % (Quadro 4). A baixa taxa constante de enxurrada

na semeadura direta, em ambos os cultivos, é justificada pela elevada cobertura do solo proporcionada pelos resíduos culturais (Quadro 2) e pela ausência de preparo, o que preservou as propriedades físico-hídricas do solo favoráveis à infiltração, especialmente a macroporosidade superficial, conforme constatado também por Cogo (1981) e Bertol et al. (1997). Comparando as semeaduras diretas com queima e sem queima, apenas no cultivo do feijão, a queima propiciou maior volume de enxurrada do que onde os resíduos não foram queimados, talvez pelo fato de estar o solo neste tratamento, no feijão, mais degradado fisicamente pela queima.

A taxa constante de enxurrada teve aumento de 51 % no cultivo do feijão em relação à do milho, na média dos tratamentos (Quadro 4), o que pode ser atribuído à menor cobertura do solo proporcionada pela copa das plantas de feijão, principalmente no preparo convencional e semeadura direta queimada, em que o efeito da cobertura do solo pelos resíduos também foi menor (Quadro 2) e, ainda, à provável maior degradação física do solo no cultivo do feijão do que no cultivo do milho, especialmente nesses sistemas de manejo.

A velocidade da enxurrada sob taxa constante foi avaliada somente nos tratamentos solo sem cultivo, preparo convencional e semeadura direta queimada, uma vez que, nos demais, não foi possível visualizar o escoamento com suficiente nitidez, o qual escoou sob os resíduos culturais. O solo sem cultivo apresentou a maior velocidade da enxurrada (Quadro 4), em ambos os cultivos, justificada pelo preparo do solo e ausência de cultivo que facilitou a formação de sulcos, concordando com Mello (2002). No caso do preparo convencional e semeadura direta queimada, a presença de culturas, em ambos, e a ausência de preparo, no último tratamento, dificultaram a formação de sulcos, reduzindo a velocidade da enxurrada, apesar da ausência de cobertura, em virtude da agregação do solo ocasionada pelas raízes das plantas.

A concentração de sedimentos na enxurrada durante o período de enxurrada constante no cultivo do milho foi 29 vezes maior no solo sem cultivo do que na média dos demais tratamentos, enquanto, no feijão, a referida diferença foi 23 vezes (Quadro 4). Considerando os tratamentos com cultivo, no milho, a referida concentração foi três vezes maior no preparo convencional e semeadura direta queimada do que na semeadura direta e semeadura direta dessecada (embora sem diferença estatística), enquanto, no feijão, ela foi 27 vezes maior, na média dos tratamentos. A elevada concentração de sedimentos na enxurrada, especialmente no solo sem cultivo, no preparo convencional e semeadura direta queimada, em ambos os cultivos, pode ser explicada pela alta velocidade da enxurrada, com grande erosividade e, principalmente, pelo efeito do manejo na predisposição de sedimentos ao transporte, como

demonstrado por Foster (1982). A baixa concentração de sedimentos nas enxurradas formadas nas parcelas submetidas aos demais tratamentos, por outro lado, é atribuída à maior resistência do solo à desagregação, decorrente do efeito combinado da cobertura do solo e da ausência de preparo (Dissmeyer & Foster, 1982).

A concentração de sedimentos na água da enxurrada durante o período em que a vazão permaneceu constante diminuiu exponencialmente com o aumento da cobertura do solo pelos resíduos culturais (Figura 2), explicada pelo efeito da cobertura na retenção das partículas, principalmente de maior tamanho, e, além disso, pelo aumento da tortuosidade nas linhas de escoamento e pela redução na velocidade e, conseqüentemente, na sua capacidade de transporte, conforme constatado também por Bertol (1995) e Mello et al. (2003).

A taxa de perda de solo sob enxurrada constante (Quadro 4) foi influenciada diretamente pela taxa constante de enxurrada e pela concentração de sedimentos na mesma, em ambos os cultivos. No milho, a referida taxa foi 19, 27 e 166 vezes maior no solo sem cultivo do que no preparo convencional, semeadura direta queimada e na média dos demais tratamentos, respectivamente, enquanto, no feijão, as referidas diferenças foram, respectivamente, 9, 16 e 739 vezes. A maior taxa de perda de solo sob enxurrada constante no solo sem cultivo, preparo convencional e semeadura direta queimada é justificada pelo fluxo preferencial em sulcos, os quais foram formados pelas chuvas anteriores (naturais e simuladas) que ocasionaram aumento da capacidade de desagregação e transporte de partículas do solo pela enxurrada, concordando com Bertol et al. (1997).

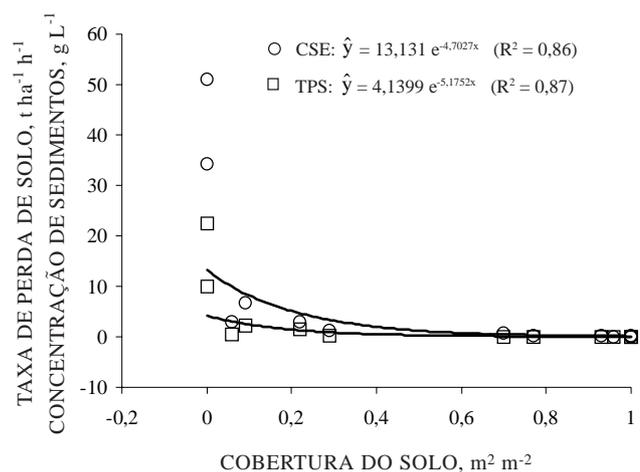


Figura 2. Relação da cobertura do solo proporcionada pelos resíduos culturais com a concentração de sedimentos sob enxurrada constante (CSE) e com a taxa de perda de solo sob enxurrada constante (TPS), em diferentes sistemas de manejo de um Nitossolo Háplico.

A taxa de perda de solo sob enxurrada constante diminuiu exponencialmente com o aumento da cobertura do solo pelos resíduos culturais (Figura 2), explicada do mesmo modo como para a redução da perda total de solo com o aumento da cobertura. Deve-se, no entanto, considerar também o efeito da cobertura superficial pelos resíduos em reduzir a velocidade da enxurrada e, ainda, em reduzir a formação de sulcos nos preparos de solo conservacionistas, conforme constatado por Cogo et al. (1983).

Observando o D_{50} , podem-se distinguir dois grupos de tratamentos, em ambos os cultivos (Quadro 4). O primeiro deles, formado pelo solo sem cultivo, preparo convencional e semeadura direta queimada, apresentou D_{50} cerca de 10 vezes maior do que o segundo grupo, formado pela semeadura direta, semeadura direta dessecada e campo nativo melhorado, na média dos dois cultivos. O maior D_{50} apresentado pelo primeiro grupo de tratamentos é explicado pelo preparo do solo no caso do solo sem cultivo e preparo convencional, conforme argumentado por Cogo et al. (1983) e, no caso da semeadura direta queimada, pela eliminação da cobertura por meio da queima dos resíduos culturais. O preparo do solo, além de fracionar os agregados, reduziu a cobertura e favoreceu a formação de sulcos, os quais permitiram aumento da velocidade da enxurrada que, conseqüentemente, desagregou e transportou partículas de maior diâmetro.

O D_{50} diminuiu exponencialmente com o aumento da cobertura do solo pelos resíduos culturais (Figura 3), pelo fato de a cobertura ter proporcionado dissipação da energia de impacto das gotas de chuva e reduzido a desagregação do solo e, ainda, diminuído a velocidade da enxurrada e sua capacidade de transporte de sedimentos, principalmente os de maior diâmetro ou densidade, concordando com Cogo (1981), Cogo et al. (1983) e Bertol (1995). Além disso, os resíduos culturais filtraram os sedimentos de maior tamanho em suspensão na enxurrada, enquanto os de menor tamanho foram transportados por ela, de acordo com Bertol et al. (1997).

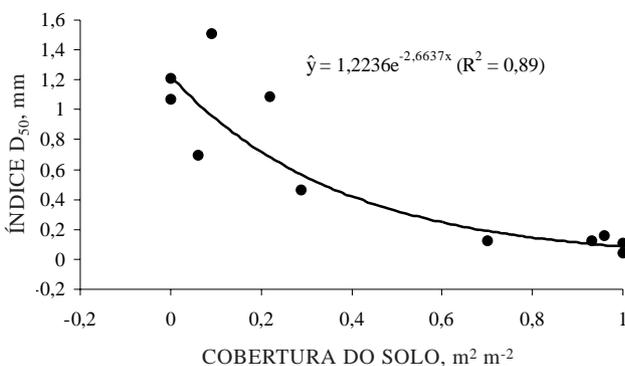


Figura 3. Relação da cobertura do solo proporcionada pelos resíduos culturais com o índice D_{50} , em diferentes sistemas de manejo de um Nitossolo Háplico.

O D_{50} aumentou potencialmente com o aumento da taxa de perda de solo sob enxurrada constante (Figura 4), explicado pelo efeito conjunto da cobertura do solo proporcionada pelos resíduos culturais (Quadro 1) e da velocidade da enxurrada (Quadro 4). Na medida em que a cobertura do solo pelos resíduos diminuiu, houve aumento na velocidade e, conseqüentemente, na capacidade da enxurrada de desagregar e transportar sedimentos de maior diâmetro, ou seja, houve aumento no índice D_{50} .

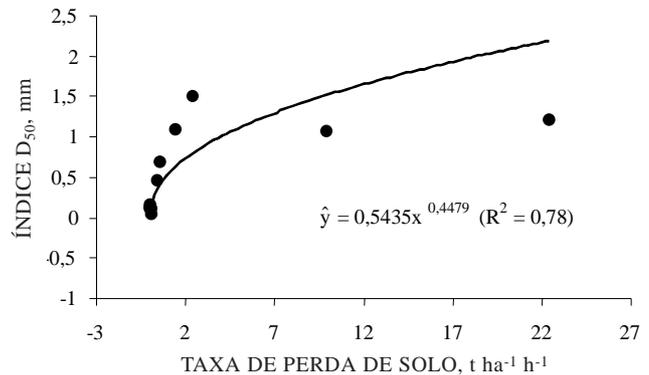


Figura 4. Relação da taxa de perda de solo sob enxurrada constante com o índice D_{50} , em diferentes sistemas de manejo de um Nitossolo Háplico.

CONCLUSÕES

1. A semeadura direta sobre o solo preparado e corrigido no início do experimento foi mais eficaz do que os demais sistemas de manejo do solo no retardamento dos tempos necessários para a enxurrada iniciar e atingir a taxa máxima de escoamento, em áreas cultivadas com milho e feijão; em áreas cultivadas sob semeadura direta, os tempos necessários para a enxurrada iniciar e atingir sua taxa máxima foram maiores no milho do que no feijão.

2. A semeadura direta sobre o solo preparado e corrigido no início do experimento foi mais eficaz do que os demais sistemas de manejo do solo na redução das perdas de água, tanto no cultivo do milho quanto do feijão; a semeadura direta sobre resíduos culturais queimados provocou perdas de água equivalentes a 26,5 % do volume das chuvas aplicadas, enquanto o mesmo sistema de manejo sobre a condição sem queima proporcionou perdas de água equivalentes a 22,5 % do volume das mesmas chuvas.

3. No milho cultivado sobre resíduos culturais de ervilhaca comum, a semeadura direta sobre o solo preparado e corrigido no início da instalação do experimento reduziu as perdas de solo em 83 % em relação ao preparo de solo convencional, enquanto, no feijão cultivado sobre resíduos culturais de aveia

preta, a referida redução foi de 99 %; embora sem diferença estatística, as perdas de solo foram 21 vezes maiores quando a semeadura direta foi realizada sobre a condição de resíduos culturais queimados do que sobre os resíduos não queimados, na avaliação conjunta dos dados obtidos nas parcelas sob cultivo de milho e feijão; na média de diversos sistemas de manejo envolvendo um tipo de preparo convencional e três tipos de semeadura direta, as perdas de solo foram quatro vezes maiores no feijão cultivado sobre resíduos de aveia preta, após milho, do que no milho cultivado sobre resíduos de ervilhaca comum.

4. Sob enxurrada constante, as diferenças entre sistemas de manejo do solo foram mais bem discriminadas do que no caso do período inteiro de duração da enxurrada, especialmente no que se refere à taxa de perda de solo, a qual apresentou, nos sistemas de semeadura direta, valores menores do que no preparo de solo convencional e, neste, menor do que no solo sem cultivo, tanto em áreas cultivadas com milho quanto nas cultivadas com feijão, cujos valores guardaram relação com a concentração de sedimentos na enxurrada sob taxa constante de escoamento.

5. As perdas de solo diminuíram exponencialmente com o aumento das coberturas do solo proporcionadas pelos resíduos culturais e pelas copas das plantas; o aumento da cobertura do solo pelos resíduos culturais ocasionou diminuição exponencial da concentração de sedimentos na enxurrada e da taxa de perda de solo durante o período de enxurrada constante.

6. O índice D_{50} diminuiu exponencialmente com o aumento da cobertura do solo proporcionada pelos resíduos culturais e aumentou potencialmente com o aumento da taxa de perda de solo durante o período de enxurrada de vazão constante. Por essa razão, o referido índice foi 10 vezes maior no preparo de solo convencional do que na semeadura direta realizada sobre o solo preparado e corrigido no início da instalação do experimento.

LITERATURA CITADA

- BERTOL, I.; BEUTLER, J.F.; LEITE D. & BATISTELA, O. Propriedades físicas de um Cambissolo Húmico afetadas pelo tipo de manejo do solo. *Sci. Agric.*, 58:555-560, 2001.
- BERTOL, I. Comprimento crítico de declive para preparos conservacionistas de solo. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 185p. (Tese de Doutorado)
- BERTOL, I.; COGO, N.P. & MIQUELLUTI, D.J. Sedimentos transportados pela enxurrada relacionados à cobertura e rugosidade superficial do solo e taxa de descarga. *Pesq. Agropec. Gaúcha*, 3:199-206, 1997.
- BERTOL, I.; COGO, N.P. & LEVIEN, R. Relações da erosão hídrica com métodos de preparo do solo, na ausência e na presença de cobertura por resíduo cultural de trigo. *R. Bras. Ci. Solo*, 11:187-192, 1987.
- BERTOL, I.; LEITE, D.; GUADAGNIN, J.C. & RITTER, S.R. Erosão hídrica em um Nitossolo Háplico submetido a diferentes sistemas de manejo sob chuva simulada. II - Perdas de nutrientes e carbono orgânico. *R. Bras. Ci. Solo*, 28:1045-1054, 2004.
- BERTOL, I.; MELLO, E.L.; GUADAGNIN, J.C.; ZAPAROLLI, A.L.V. & CARRAFA, M.R. Nutrient losses by water erosion. *Sci. Agric.*, 60:581-586, 2003.
- BERTONI, J. & LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. 4.ed. São Paulo, Ícone, 1999. 355p.
- COGO, N.P. Effect of residue cover, tillage induced roughness, and slope length on erosion and related parameters. West Lafayette, Purdue University, 1981. 346p. (Tese de Doutorado)
- COGO, N.P.; MOLDENHAUER, W.C. & FOSTER, G.R. Effect of crop residue, tillage induced roughness, and runoff velocity on size distribution of eroded soil aggregates. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 47:1005-1008, 1983.
- COGO, N.P.; MOLDENHAUER, W.C. & FOSTER, G.R. Soil loss reductions from conservation tillage practices. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 48:368-373, 1984.
- DISSMEYER, G.E. & FOSTER, G.R. Estimating the cover management factor (C) in the universal soil loss equation for forest conditions. *J. Soil Water Conserv.*, 36:235-240, 1981.
- DULEY, F.L. Surface factor affecting the rate of intake of water by soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 4:60-64, 1939.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Recomendações gerais do encontro sobre uso do simulador de chuva em pesquisa de conservação do solo no Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PESQUISA DE EROSÃO COM SIMULADORES DE CHUVA, 1975. Londrina. Resumos. Londrina, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1975. p.107-120.
- FORSYTHE, W. Física de suelos: Manual de laboratorio. San José, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1975. 209p.
- FOSTER, G.R. Modeling the erosion process. In: BASSELMAN, J.A., ed. Hydrological modeling of small Watersheds. American Society of Agricultural Engineering, 1982. p.297-300.
- HARTWIG, R.O. & LAFLEN, J.M. A meterstick method for measuring crop residue cover. *J. Soil Water Conserv.*, 33:90-91, 1978.
- LEITE, D. Erosão hídrica sob chuva simulada em um Nitossolo Háplico submetido a diferentes manejos. Lages, Universidade do Estado de Santa Catarina, 2003. 100p. (Tese de Mestrado)
- LEVIEN, R.; COGO, N.P. & ROCKENBACH, C.A. Erosão na cultura do milho em diferentes sistemas de cultivo anterior e métodos de preparo do solo. *R. Bras. Ci. Solo*, 14:73-80, 1990.
- MELLO, E.L. Erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo do solo sob chuva simulada. Lages, Universidade do estado de Santa Catarina, 2002. 88p. (Tese de Mestrado)

- MELLO, E.L.; BERTOL, I.; ZAPAROLLI, A.L.V. & CARRAFA, M.R. Perdas de solo e água em diferentes sistemas de manejo de um Nitossolo Háptico submetido à chuva simulada. *R. Bras. Ci. Solo*, 27:901-909, 2003.
- RANEY, W.A. & ZINGG, A.W. Principles of tillage. In: USDA. *Yearbook of Agriculture*. Washington, 1957. p.277-281.
- SLONEKER, L.L. & MOLDENHAUER, W.C. Measuring the amounts of crop residue remaining after tillage. *J. Soil Water Conserv.*, 32:231-236, 1977.
- SCHICK, J.; BERTOL, I.; BATISTELA, O. & BALBINOT JUNIOR, A.A. Erosão hídrica em Cambissolo Húmico aluminico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo. I - Perdas de solo e água. *R. Bras. Ci. Solo*, 24:427-436, 2000a.
- SCHICK, J.; BERTOL, I.; BALBINOT JUNIOR, A.A. & BATISTELA, O. Erosão hídrica em Cambissolo Húmico aluminico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo. II - Perdas de nutrientes e carbono orgânico. *R. Bras. Ci. Solo*, 24:437-447, 2000b.
- SWANSON, N.P. Suggestions for use the rotating-boom field plot rainfall simulator to obtain data for application of the soil loss equation. Paraná, FAO, University of Nebraska, 1975. 6p. (Relatório de Consultoria)
- WISCHMEIER, W.H. & SMITH, D.D. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. Washington, USDA., 1978. 58p. (Agricultural Handbook, 537)