

# SEÇÃO VI - MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA

## INFILTRAÇÃO DE ÁGUA E PERDAS DE ÁGUA E SOLO POR EROSIÃO INFLUENCIADAS POR DIFERENTES MÉTODOS DE MELHORAMENTO DA PASTAGEM NATIVA GAÚCHA<sup>(1)</sup>

E. A. CASSOL<sup>(2)</sup>, R. LEVIEN<sup>(3)</sup>, Q. de JONG van LIER<sup>(4)</sup> & M. P. BADELUCCI<sup>(5)</sup>

### RESUMO

A paralisação do crescimento da pastagem nativa no período do inverno na região Sul do Brasil tem incentivado técnicas de melhoramento das pastagens. Com o objetivo de estudar a infiltração de água no solo e as perdas de solo e água por erosão influenciadas por métodos de melhoramento da pastagem nativa, realizou-se um estudo em área da Estação Experimental Agronômica da UFRGS, no município de Eldorado do Sul (RS), em um Podzólico Vermelho-Amarelo submetido ao uso prolongado com pastagem nativa, no qual se fez a introdução de uma mistura das espécies hibernais: aveia preta (*Avena strigosa*), azevém (*Lolium multiflorum*) e trevo vesiculoso (*Trifolium vesiculosum*). O delineamento experimental foi completamente casualizado e com cinco tratamentos que diferiram quanto à maneira de introdução das novas espécies: testemunha (a lanço), gradagem, plantio direto, convencional e subsolagem. As parcelas tinham a dimensão de 3,5 x 11,0 m e uma declividade aproximada de 0,107 m m<sup>-1</sup>. Aplicaram-se chuvas simuladas de 64 mm h<sup>-1</sup>, durante 75 min, em três épocas: (a) aos 55 dias do preparo do solo e semeadura, logo após o primeiro pastejo, (b) aos 125 dias do preparo do solo e semeadura, e (c) logo após o segundo pastejo, aos 175 dias do preparo do solo e semeadura. Entre as chuvas simuladas, realizou-se um pastejo por dois dias. A subsolagem apresentou a maior taxa constante de infiltração e a menor taxa constante de enxurrada. As perdas de solo foram pequenas nas três épocas avaliadas. As maiores perdas de água ocorreram na testemunha e as menores na subsolagem, indicando ter sido este último tratamento efetivo em quebrar camadas compactadas subsuperficiais.

**Termos de indexação: erosão, chuva simulada, enxurrada.**

<sup>(1)</sup> Parte da Tese de Mestrado realizada por M.P.B. sob orientação de E.A.C., aprovada no Curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, UFRGS, Porto Alegre (RS). Recebido para publicação em dezembro de 1998 e aprovado em setembro de 1999.

<sup>(2)</sup> Professor Adjunto do Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS. Caixa Postal 776, CEP 90001-970 Porto Alegre (RS) e Pesquisador da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (FEPAGRO), Rua Gonçalves Dias, 570, CEP 90130-060 Porto Alegre (RS). Bolsista do CNPq. E-mail: cassolea@orion.ufrgs.br.

<sup>(3)</sup> Professor Assistente do Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia, UFRGS.

<sup>(4)</sup> Professor Doutor do Departamento de Ciências Exatas da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP. Caixa Postal 9, CEP 13418-900 Piracicaba (SP). Bolsista do CNPq. E-mail: qdjvlier@carpa.ciagri.usp.br.

<sup>(5)</sup> Engenheira-Agrônoma, Mestre em Ciência do Solo, PPGA/UFRGS.

**SUMMARY:** *WATER INFILTRATION AND WATER AND SOIL LOSSES BY EROSION AS AFFECTED BY DIFFERENT METHODS OF NATIVE GRASSLAND IMPROVEMENT*

*The cessation of growth of native forage during winter has encouraged the improvement of native grasslands. Aiming to study water intake rates and soil and water losses by erosion as affected by different methods of native grassland improvement, an experiment was conducted at the Agronomic Experimental Station of the Federal University of Rio Grande do Sul, in Eldorado do Sul, Brazil, on a Paleudult soil under extensive native grassland use. A mixture of winter species of forage, specifically oat (*Avena strigosa*), Italian ryegrass (*Lolium multiflorum*) and arrowleaf clover (*Trifolium vesiculosum*) was introduced. The experimental design was completely randomized with five treatments: zero tillage (control), no-tillage; disking; sub-soiling, and conventional tillage. The dimensions of the experimental plots were 3.5 by 11.0 m, with a slope of approximately 0.107 m m<sup>-1</sup>. Simulated rainfall was applied at an average intensity of 64 mm h<sup>-1</sup>, during 75 minutes at three moments: at 55, 125 and 175 days after soil tillage and sowing. Between these rainfall simulations, a two-day cattle grazing was performed. The sub-soiling treatment showed the highest infiltration rate. Soil loss was very low at all three runs and less water loss by runoff occurred under sub-soiling, while zero tillage showed the highest runoff rates. This indicates that sub-soiling is an effective method of breaking subsurface compacted layers.*

*Index terms: native grasslands, water intake rate, erosion, simulated rainfall, runoff.*

## INTRODUÇÃO

A exploração da pecuária tem grande importância econômica no estado do Rio Grande do Sul. As pastagens naturais constituem a maior fonte de alimentos para os animais e abrangem mais da metade do Estado. Em virtude da paralisação no desenvolvimento da pastagem nativa durante o período hibernar, tem-se incentivado o melhoramento das pastagens com a introdução de espécies que aumentem a produção de massa verde nos meses de maior escassez. Esse melhoramento da pastagem natural reveste-se de importância, por envolver baixos custos e manter ou melhorar a estrutura do solo (Barreto et al., 1986). A consequente melhoria do rendimento quantitativo de forragem é relatada por diversos autores (Castilhos, 1984; Gonzaga, 1986; Fontanelli & Jacques, 1991).

Dentre os métodos de estabelecimento de espécies hibernais na pastagem nativa que não envolvem o preparo convencional do solo, destacam-se os que preconizam alguma movimentação do solo e, conseqüentemente, da vegetação, com cultivo mínimo, e aqueles em que o solo permanece inalterado e apenas a vegetação existente sofre algum preparo, sem cultivo mínimo, como a gradeação e o plantio direto (Nabinger, 1980).

Estudos sobre o melhoramento da pastagem nativa não têm levado em conta aspectos relacionados com a erosão hídrica do solo, bastante importante nas condições de clima subtropical úmido

do Rio Grande do Sul. Em consequência do preparo do solo, visando à introdução de novas espécies forrageiras na pastagem nativa, pode haver desagregação das unidades estruturais do solo que, por sua vez, pode resultar em alterações na rugosidade e na porosidade do solo superficial, influenciando as perdas de água e de solo por erosão.

Além disso, a alteração da flora pode causar diferença significativa na área do solo coberta por folhas, influenciando diretamente na erosão hídrica. É sabido que condições induzidas pelo preparo do solo, como aumento da rugosidade superficial ou da porosidade da camada arável, favorecem a infiltração de água no solo e reduzem a velocidade da enxurrada, alterando as perdas de solo e água por erosão (Larson, 1964; Larson & Gill, 1973; Cogo et al., 1984). O contrário pode acontecer quando se trata de uma situação em que há pastejo de animais. Estes podem alterar a estrutura da camada superficial do solo, contribuindo para a formação de camadas compactadas (Tanner & Mamaril, 1959), que podem diminuir a infiltração da água no solo e acelerar o processo erosivo nas áreas (Rauzi & Hanson, 1966). Chuvas erosivas de inverno, atingindo o solo durante a época de semeadura de espécies melhoradoras da pastagem nativa ou após os pastejos, podem agravar problemas de perdas de solo e de água por erosão.

Embora exista literatura sobre a eficiência da cobertura do solo com pastagem no controle da erosão, principalmente no que diz respeito às perdas de solo (van Doren et al., 1940; Gard et al., 1943;

Haynes & Neal, 1943), tais estudos não tratam especificamente do manejo do solo para a melhoria de pastagens. Este fato levou à execução do presente trabalho, realizado com o objetivo de verificar o efeito das modificações na superfície do solo por diferentes sistemas de preparo para a introdução de espécies melhoradoras em pastagem nativa sobre as taxas de infiltração de água no solo e perdas de solo e água por erosão.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Instalação das parcelas experimentais

O experimento foi realizado na Estação Experimental Agronômica (EEA), pertencente à Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (FA-UFRGS), no município de Eldorado do Sul (RS), no período compreendido entre os meses de maio e novembro de 1995, sob um Podzólico Vermelho-Amarelo distrófico abrupto petroférico (Lopes, 1984), sob pastagem nativa há mais de 15 anos. O solo apresenta teores de argila em torno de 0,30 kg kg<sup>-1</sup> (Quadro 1). No mesmo quadro, são apresentados os valores da densidade do solo com valores considerados típicos para esse tipo de solo e região.

O melhoramento da pastagem nativa, realizado no fim do mês de abril de 1995, consistiu na aplicação de 88 kg ha<sup>-1</sup> de uma mistura de sementes, composta por 60 kg ha<sup>-1</sup> de sementes de aveia preta (*Avena strigosa*), 20 kg ha<sup>-1</sup> de sementes de azevém (*Lolium multiflorum*) e 8 kg ha<sup>-1</sup> de sementes de trevo vesiculoso (*Triflorium vesiculosum*). As sementes do trevo vesiculoso haviam sido inoculadas com estirpes de *Rhizobium* específicas à espécie em questão, na proporção de 0,016 kg de inoculante por kg de semente. A semeadura foi antecedida por uma calagem, aplicando-se 0,75 kg m<sup>-2</sup> de calcário dolomítico com PRNT de 60% a lanço, em toda a área experimental, o que corresponde à necessidade de calcário (NC) de 0,45 kg m<sup>-2</sup> de calcário dolomítico com 100% de PRNT, calculada para a camada de 0-0,20 m. A adubação de plantio e a cobertura nitrogenada foram feitas segundo as recomendações da Comissão de Fertilidade do Solo - RS/SC (1995).

Os tratamentos consistiram em cinco métodos de plantio das espécies melhoradoras: (1) *Testemunha*, com espécies semeadas a lanço sobre a pastagem nativa, sem preparo do solo; (2) *Plantio Direto*, utilizando-se a semeadora - adubadora renovadora de pastagens diretamente sobre a pastagem nativa; (3) *Convencional*, consistindo de uma lavração com arado de discos e três gradagens com grade niveladora, seguido por semeadura das espécies, utilizando-se a semeadora-adubadora Semeato TD300; (4) *Subsolagem*, utilizando-se o subsolador do tipo "Paraplow", seguido da semeadura das espécies com semeadora Semeato TD300, e (5) *Gradagem*, semeando as espécies a lanço diretamente sobre a pastagem nativa e incorporando-as no solo por meio de uma gradagem leve com grade niveladora. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com duas repetições, para os tratamentos testemunha, plantio direto e convencional, e uma repetição, para os demais. As parcelas experimentais tinham dimensões de 11,0 m de comprimento e 3,5 m de largura. A declividade média das parcelas era de 0,107 m m<sup>-1</sup>.

### Chuva simulada e pastejo

Após o preparo e semeadura das espécies melhoradoras, foram feitas três aplicações de chuva simulada e dois pastejos, na seguinte cronologia: a primeira chuva, em junho de 1995, 55 dias após o preparo do solo e semeadura; o primeiro pastejo e a segunda chuva, em agosto de 1995, 120 e 125 dias, respectivamente, após o preparo e semeadura; o segundo pastejo e a terceira chuva, em outubro de 1995, 170 e 175 dias, respectivamente, após o preparo e semeadura. Os pastejos foram feitos com carga de 28 unidades-animal por 3.000 m<sup>2</sup>, durante dois dias e seis horas por dia.

Cada ensaio de chuva simulada constou da aplicação de duas chuvas simuladas de intensidade planejada de 64 mm h<sup>-1</sup>, utilizando um simulador de chuvas do tipo "braços rotativos" (Swanson, 1965), equipado com bicos aspersores do tipo Veejet 80100, calibrado e operado conforme descrito em Cassol & Guerra (1978). A primeira chuva, realizada 24 h antes da segunda, serviu apenas para uniformizar as condições de umidade do solo. No início da segunda, foram feitas as medições. Para determinar

**Quadro 1. Parâmetros físicos do solo das parcelas experimentais, pouco antes da instalação dos tratamentos**

Camada	Densidade do solo	Teor de areia	Teor de silte	Teor de argila
m	kg m <sup>-3</sup>	kg kg <sup>-1</sup>		
0,00 - 0,10	1.501	0,56	0,18	0,26
0,10 - 0,20	1.662	0,55	0,14	0,31

as taxas de erosão e de enxurrada durante as segundas chuvas, foi montado um sistema de calha receptora para material erodido na parte inferior de cada parcela, com uma conexão tubular que conduz a enxurrada para o ponto de coleta e amostragem (EMBRAPA, 1975).

Durante as chuvas simuladas, foram feitas coletas de enxurrada a cada três minutos em frascos de capacidade de um litro, para posterior determinação do teor de sólidos na enxurrada no referido intervalo ( $S$ ,  $\text{kg m}^{-3}$ ). Determinou-se, no mesmo momento, o volume escoado em 5 s ( $V_e$ ,  $\text{m}^3$ ). De posse destes dados, calculou-se, para o referido intervalo de tempo ( $t$ ) durante a chuva, a perda de solo por unidade de área e tempo ( $P$ ,  $\text{kg m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) por meio da equação

$$P = \frac{V_e}{t} \cdot \frac{S}{A} \quad (1)$$

em que  $A$  é a área ( $\text{m}^2$ ) da parcela.

Aos valores de enxurrada observada ( $E$ ,  $\text{mm h}^{-1}$ ) aplicou-se uma correção pelo fato de não terem sido as chuvas aplicadas exatamente  $64 \text{ mm h}^{-1}$ , calculando-se, assim, a enxurrada normalizada ( $E_n$ ,  $\text{mm h}^{-1}$ ):

$$E_n = E \cdot \frac{I_p}{I_o} \quad (2)$$

em que  $I_p$  é a intensidade da chuva planejada ( $64 \text{ mm h}^{-1}$ ) e  $I_o$  ( $\text{mm h}^{-1}$ ) é a intensidade de chuva observada.

De posse dos valores de enxurrada normalizados, por diferença entre a intensidade da chuva planejada e a taxa de enxurrada ajustada, obtiveram-se os valores de infiltração corrigidos para cada intervalo de tempo. Estes foram ajustados à equação

$$i = i_c + \frac{a}{t} \quad (3)$$

em que  $i$  ( $\text{mm h}^{-1}$ ) é a taxa de infiltração após tempo  $t$  (h),  $a$  (mm) é um parâmetro empírico da equação e  $i_c$  ( $\text{mm h}^{-1}$ ) é a taxa constante de infiltração. Os parâmetros  $a$  e  $i_c$  foram estimados neste estudo por ajuste da equação 3 aos valores de infiltração observados no tempo.

As taxas de infiltração após 75 min de chuva foram estimadas por meio da equação 3 ajustada. Calculou-se, ainda, o coeficiente de infiltração após 75 min, que representa a fração da água precipitada que infiltra no solo, obtido a partir das taxas constantes de infiltração, dividindo-se essas taxas pela intensidade de chuva observada.

A perda total de solo observada durante o período da chuva simulada ( $P_o$ ,  $\text{kg m}^{-2}$ ), somatório das perdas calculadas para cada intervalo pela equação 1 e multiplicadas pelo intervalo de tempo, foi normalizada, levando em conta as intensidades médias das chuvas planejadas e observadas e o fator de declividade das parcelas ( $S_p$ ), pela seguinte equação:

$$P_n = P_o (I_p/I_o)^2 (S_m/S_p) \quad (4)$$

em que  $P_n$  ( $\text{kg m}^{-2}$ ) é a perda de solo normalizada e  $S_m$  é o fator de declividade média.  $S_p$  e  $S_m$  são calculados em função do ângulo do declive  $\theta$ , pela equação proposta por Wischmeier & Smith (1978)

$$S = 0,065 + 4,56 \text{ sen } \theta + 65,41 \text{ sen}^2 \theta \quad (5)$$

### Características físicas do solo e de sua superfície

A rugosidade superficial do solo foi avaliada logo após a semeadura, com duas amostragens por parcela, segundo método de Kuipers (1957), utilizando-se um perfilômetro com 80 pinos em 2,5 m de comprimento. A avaliação da cobertura da superfície do solo oferecida pelas culturas de inverno introduzidas juntamente com a cobertura da pastagem nativa foi efetuada em quatro épocas. A primeira delas ocorreu logo após a emergência das plantas, 35 dias após o preparo do solo e semeadura; a segunda, 55 dias após o preparo do solo e semeadura, imediatamente antes da aplicação do 1º teste de chuva simulada; a terceira, posterior ao segundo pastejo e imediatamente anterior ao 2º teste de chuva simulada, 125 dias após o preparo do solo e semeadura. A última avaliação foi feita posterior ao segundo pastejo e imediatamente anterior ao 3º teste de chuva simulada, 175 dias após o preparo do solo e semeadura.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Rugosidade superficial

Apesar de a literatura indicar que os valores de rugosidade superficial são normalmente maiores em sistemas de manejo que se utilizam de um revolvimento mais intenso da camada arável (Burwell et al., 1966; Zobeck & Onstad, 1987; Cogo et al., 1996; Bertol et al., 1997), os valores obtidos para a rugosidade superficial no presente estudo mostram tendência contrária, embora a diferença não seja estatisticamente significativa (Quadro 2), em decorrência, provavelmente, da alta variabilidade desta característica e do pequeno número de repetições efetuado. Na literatura, não se encontram resultados de determinações desse parâmetro realizadas especificamente no manejo de pastagens que pudessem servir de comparação com os obtidos no presente trabalho. Valores para lavouras de culturas anuais são geralmente bem superiores aos encontrados neste trabalho. Cogo et al. (1996) encontraram valores entre 10 e 20 mm, para um tratamento com escarificação, e em torno de 7 mm, para plantio direto. Bertol et al. (1997) relataram valores ao redor de 10 mm para o plantio direto e entre 40 e 50 mm para tratamentos com revolvimento mais intensivo. As pequenas diferenças e os menores

valores encontrados neste trabalho podem ser explicados pela alta densidade radicular superficial das gramíneas da pastagem nativa, fazendo com que a sua estrutura e rugosidade superficiais sejam dificilmente alteradas.

**Quadro 2. Índice de rugosidade superficial do solo para os diferentes tratamentos da pastagem nativa. Média de duas repetições, para os tratamentos plantio direto, convencional e testemunha, e de uma, nos demais**

Tratamento	Índice de rugosidade superficial <sup>(1)</sup>
	mm
Testemunha	0,5
Plantio direto	1,6
Convencional	1,1
Subsolagem	1,8
Gradagem	0,7

<sup>(1)</sup> Médias não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%.

### Cobertura do solo

As maiores diferenças de cobertura do solo foram observadas na época da primeira avaliação, 35 dias após a semeadura (Quadro 3). Nesta época, as plantas haviam emergido recentemente, de forma que as diferenças de cobertura do solo entre os tratamentos deveram-se praticamente ao efeito das máquinas utilizadas nas operações de preparo do solo e semeadura sobre a cobertura do solo com pastagem nativa.

O tratamento convencional, com a utilização de uma lavração e três gradagens, foi o que deixou o solo mais descoberto e que apresentou a maior destruição da pastagem nativa. A parcela testemunha, pelo contrário, deixou o solo intacto, com maior cobertura. Os tratamentos gradagem, plantio direto e subsolagem, apesar de serem operações de preparo bastante distintas, apresentaram coberturas do solo semelhantes.

Na segunda avaliação, sem que houvesse sido efetuado qualquer pastejo, as plantas introduzidas apresentavam cerca de 10 cm de altura e a pastagem nativa apresentava lento crescimento (início do inverno). A gradagem e o plantio direto não apresentaram diferenças em relação à testemunha. A cobertura do solo proporcionada pelos tratamentos gradagem e plantio direto semelhante à testemunha deveu-se, provavelmente, ao crescimento das espécies de inverno introduzidas e da pastagem nativa durante o intervalo de tempo entre a primeira avaliação de cobertura e a segunda (20 dias).

Nos tratamentos gradagem e plantio direto, a agressão à vegetação nativa na operação de preparo e semeadura foi menor quando comparada à da subsolagem e do convencional. Por essa razão, nestes tratamentos, a pastagem nativa apresentava-se menos alterada, contribuindo para maior cobertura do solo na segunda avaliação. Nos tratamentos subsolagem e plantio convencional, por outro lado, não houve diferenças em relação à cobertura determinada na primeira avaliação, graças à maior mobilização do solo na semeadura, que resultou em maior alteração da pastagem nativa, afetando mais seu crescimento.

Na terceira e na última avaliação, as culturas introduzidas haviam sido pastejadas até à altura aproximada de 10 cm e a pastagem nativa apresentava

**Quadro 3. Cobertura do solo submetido ao melhoramento da pastagem nativa por diferentes métodos de preparo, determinada em quatro épocas ao longo do ciclo vegetativo das culturas. Média de duas repetições, para os tratamentos testemunha, plantio direto e preparo convencional, e de uma, nos demais**

Tratamento	Tempo após a semeadura			
	35 dias	55 dias	125 dias	170 dias
	m <sup>2</sup> m <sup>-2</sup>			
Testemunha	1,00 aA <sup>(1)</sup>	1,00 aA	1,00 aA	1,00 aA
Plantio direto	0,74 bB	0,89 abA	0,87 abA	0,93 aA
Convencional	0,25 cB	0,35 cB	0,62 bA	0,55 bA
Subsolagem	0,72 bB	0,75 bB	0,89 abAB	0,94 aA
Gradagem	0,82 bA	0,78 abA	0,88 abA	0,95 aA

<sup>(1)</sup> Médias seguidas de mesmas letras minúsculas, nas colunas, e de mesmas letras maiúsculas, nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%.

crescimento lento. Dessa forma, o efeito de produção de massa verde pelas espécies introduzidas na cobertura do solo foi praticamente anulado pelo pastejo, e a cobertura do solo deveu-se principalmente ao crescimento da pastagem nativa e de inços. Na terceira avaliação, observaram-se diferenças apenas entre a testemunha e o convencional. Os demais tratamentos foram intermediários e não diferiram significativamente quando comparados à testemunha e ao convencional. Na quarta e última avaliação, as diferenças entre esses grupos intermediários (gradagem, plantio direto e subsolagem) acentuaram-se em relação ao convencional e não diferiram da testemunha.

Apenas houve aumentos na cobertura do solo para o plantio direto, subsolagem e plantio convencional ao longo das determinações (Quadro 3). Observou-se que a cobertura do solo foi mais influenciada na época do preparo do solo e sementeira e que, com o passar do tempo, com o crescimento da pastagem nativa e de inços, este efeito foi diminuído.

#### Taxa de infiltração

Os parâmetros que descrevem a taxa de infiltração no tempo (equação 3) encontram-se no

quadro 4, e as taxas e coeficientes de infiltração para uma chuva de intensidade média de 64 mm h<sup>-1</sup>, após 75 min de aplicação, calculadas com base nesta equação, estão no quadro 5. Analisando o efeito dos métodos de melhoramento da pastagem nativa na produção de enxurrada, observam-se dois grupos de tratamentos distintos (Quadro 5): a subsolagem com maior taxa constante de infiltração e os demais tratamentos com menor taxa constante de infiltração.

Este resultado indica que, provavelmente, a camada limitante à infiltração neste experimento foi uma camada mais profunda. O efeito em profundidade das hastas do subsolador, quebrando esta camada, foi, provavelmente, a razão das maiores taxas de infiltração no tratamento subsolagem, em relação aos demais. Outros tratamentos, como o plantio direto, com a abertura de sulcos de plantio espaçados em 0,17 m, apresentaram menores taxas de infiltração de água no solo e maior produção de enxurrada em relação à subsolagem. Conforme relatado por outros autores em condições de lavoura (Larson, 1964; Larson & Gill, 1973; Cogo et al., 1984), os aumentos na rugosidade superficial do solo, o entorramento e os aumentos na porosidade da camada arável favoreceram a infiltração de água no

**Quadro 4. Valores dos coeficientes de ajuste à equação (3): taxa constante de infiltração ( $i_c$ ), parâmetro (a) e coeficiente de ajuste ( $R^2$ ), determinados em três épocas em diferentes métodos de preparo**

Tratamento	$i_c$			a			$R^2$		
	55 d	125 d	175 d	55 d	125 d	175 d	55 d	125 d	175 d
	mm h <sup>-1</sup>			mm					
Testemunha	3,3	-4,6	5,0	6,7	7,9	7,4	0,83	0,64	0,79
Plantio direto	11,1	2,3	14,9	10,5	8,1	9,7	0,76	0,55	0,78
Convencional	12,4	8,0	20,2	10,1	4,2	4,2	0,77	0,88	0,91
Subsolagem	24,5	29,4	42,3	6,3	8,6	5,7	0,97	0,84	0,73
Gradagem	3,6	11,9	5,9	9,7	6,5	8,5	0,80	0,81	0,85

**Quadro 5. Taxas e coeficientes de infiltração para uma chuva de intensidade média de 64 mm h<sup>-1</sup>, após 75 min de aplicação nos métodos de melhoramento da pastagem nativa, 55, 125 e 175 dias após o preparo do solo e sementeira, na média dos tratamentos e das épocas**

Tratamento	Taxa constante de infiltração				Coeficiente constante de infiltração			
	55 d	125 d	175 d	Média	55 d	125 d	175 d	Média
	mm h <sup>-1</sup>							
Testemunha	8,7	1,7	10,9	7,1 b <sup>(1)</sup>	0,14	0,03	0,17	0,11 b
Plantio direto	19,5	8,8	22,7	17,0 b	0,30	0,14	0,35	0,26 b
Convencional	20,5	11,5	23,6	18,5 b	0,32	0,18	0,37	0,29 b
Subsolagem	29,6	36,3	46,8	37,6 a	0,46	0,57	0,73	0,59 a
Gradagem	11,4	17,1	12,7	13,7 b	0,18	0,28	0,20	0,22 b

<sup>(1)</sup> Médias seguidas por mesmas letras minúsculas, na mesma coluna, não diferem estatisticamente a 5% pelo teste de Tukey.

solo e reduziram a velocidade da enxurrada nos tratamentos subsolagem e plantio direto. Corroborando essa hipótese, observou-se uma correlação significativa ( $R^2 = 0,8554$ ) entre a taxa de infiltração após 75 min de aplicação de chuva medida 55 dias após o preparo do solo e a sementeira e a rugosidade superficial logo após a sementeira (Figura 1).

O plantio direto, o plantio convencional e a gradagem, apesar de serem tratamentos de melhoramento da pastagem nativa bem distintos entre si, apresentaram valores de taxas constantes de infiltração e enxurrada estatisticamente iguais aos da testemunha.

Ainda no quadro 5, observa-se que as taxas de infiltração diminuíram, principalmente nos tratamentos com menor revolvimento (plantio direto e testemunha) e em menor grau no convencional, entre os dias 55 e 125, aumentando novamente até o dia 175. A redução das taxas no dia 125 pode ser atribuída ao pastejo realizado no dia 120. Porém, as observações do dia 175 também foram antecedidas por um pastejo e, mesmo assim, as taxas foram superiores. Possivelmente, esse efeito foi causado por uma estabilidade de agregados maior causada pelo estabelecimento das espécies melhoradoras. Também deve ser levada em consideração a maior proteção da superfície observada no tratamento convencional (Quadro 3). Ambos os fatores influenciam o selamento superficial que pode limitar a taxa de infiltração (Gimenez et al., 1992; Chiang et al., 1993).

Para interpretar o efeito dos métodos de melhoramento da pastagem nativa sobre as perdas de solo e água por erosão, deve-se considerar que, na época da aplicação do primeiro teste de chuva simulada, o plantio convencional e a subsolagem apresentaram cobertura do solo significativamente menor que a testemunha (Quadro 3). Esperava-se que tal decréscimo refletisse nas perdas do solo, porém isso aconteceu apenas para o convencional (Quadro 6). Este tratamento apresentou perdas de solo superiores

a  $1.000 \text{ kg ha}^{-1}$ , significativamente superiores aos demais métodos que não diferiram entre si e apresentaram valores todos inferiores a  $400 \text{ kg ha}^{-1}$ . Explica-se esta observação pelo fato de o plantio convencional ter apresentado uma cobertura do solo pela pastagem nativa muito reduzida, deixando 65% da superfície do solo descoberta aos 55 dias do preparo do solo e sementeira, expondo o solo à ação erosiva das chuvas.

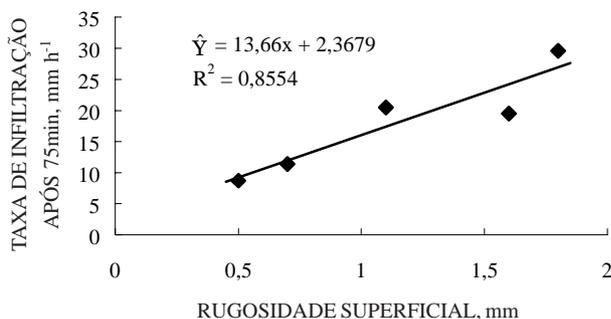
Para a subsolagem, o decréscimo na cobertura do solo foi de 25%, insuficiente para aumentar as perdas de solo em relação à pastagem natural inalterada. A figura 2 mostra que, para as três épocas de avaliação, houve correlação entre a perda do solo e a sua cobertura, porém o decréscimo na perda do solo por unidade de aumento de cobertura foi diminuindo ao longo do tempo. Essa observação pode ser explicada pelo fato de o solo sob pastagem ter sido perturbado na ocasião da sementeira das espécies melhoradoras, resultando na maior perda de solo por erosão. Com o passar do tempo, o sistema radicular da pastagem reestabeleceu-se e desenvolveu-se e as perdas de solo por erosão diminuíram. Com isso, a mesma cobertura do solo resultou em valores de perda de solo mais baixos.

O quadro 6 mostra também que, no segundo e no terceiro teste de aplicação de chuvas simuladas, não houve diferenças significativas nas perdas de solo entre os métodos de melhoramento. O pequeno número de repetições e a grande variação entre as observações podem justificar a não-comprovação de eventuais diferenças existentes.

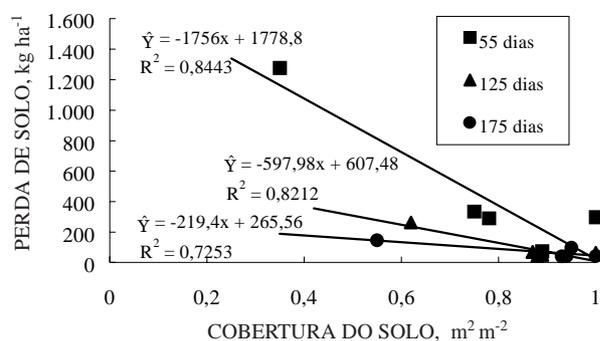
**Quadro 6. Perdas de solo por erosão para uma chuva de intensidade média de  $64 \text{ mm h}^{-1}$ , aplicada durante 75 min e um declive médio de  $0,107 \text{ m m}^{-1}$  nos diferentes métodos de melhoramento da pastagem nativa, 55, 125 e 175 dias após o preparo do solo e sementeira. Média de duas repetições, para os tratamentos testemunha, convencional e plantio direto, e de uma, nos demais**

Tratamento	Perda de solo			
	55 d	125 d	175 d	Total
	kg ha <sup>-1</sup>			
Testemunha	297 bA <sup>(1)</sup>	65 aB	43 aB	405 b
Plantio direto	74 bA	70 aA	40 aA	184 b
Convencional	1.277 aA	262 aB	146 aB	1.685 a
Subsolagem	335 bA	49 aA	42 aA	426 b
Gradagem	291 bA	44 aA	98 aA	433 b

<sup>(1)</sup> Médias seguidas por mesma letra minúscula, nas colunas, e mesmas letras maiúsculas, nas linhas, não diferem estatisticamente a 5% pelo teste de Tukey.



**Figura 1. Relação entre a taxa de infiltração após 75 min, 55 dias após o preparo do solo e sementeira, e a rugosidade superficial medida logo após o preparo e sementeira.**



**Figura 2. Relação entre a perda de solo e a cobertura do solo 55, 125 e 175 dias após o preparo do solo e semeadura.**

As perdas de solo foram pequenas em todas as épocas avaliadas e no total das três épocas e não diferiram significativamente entre a maioria dos tratamentos testados. Apenas no plantio convencional, na época da primeira chuva simulada, as perdas foram maiores. Mesmo assim, comparando com resultados de perdas de solo obtidos em preparos convencionais com culturas anuais, este valor ainda é pequeno e mostra a eficácia da pastagem no controle da erosão, conforme também verificaram Cassol (1984) e Eltz et al. (1984).

Nos diferentes tratamentos de melhoramento da pastagem nativa, a testemunha e a gradagem apresentaram maiores perdas de água por enxurrada (Quadro 7), enquanto a subsolagem apresentou as menores perdas.

**Quadro 7. Perdas de água por enxurrada para uma chuva de intensidade média de 64 mm h<sup>-1</sup>, aplicada durante 75 min e um declive médio de 0,107 m m<sup>-1</sup> nos métodos de melhoramento da pastagem nativa, 55, 125 e 175 dias após o preparo do solo e semeadura. Média de duas repetições, para os tratamentos testemunha, convencional e plantio direto, e de uma, nos demais**

Tratamento	Perda de água			
	55 d	125 d	175 d	Média
	m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>			
Testemunha	0,71	0,79	0,69	0,73 a <sup>(1)</sup>
Plantio direto	0,50	0,68	0,47	0,55 b
Convencional	0,46	0,72	0,49	0,56 b
Subsolagem	0,44	0,27	0,20	0,30 c
Gradagem	0,63	0,53	0,65	0,61 ab
Média	0,55	0,65	0,52	

<sup>(1)</sup> Médias seguidas por mesma letra minúscula, na mesma coluna, não diferem estatisticamente a 5% pelo teste de Tukey.

O decréscimo nas perdas de água na maioria dos tratamentos em relação à testemunha é consequência direta das maiores taxas constantes de infiltração nos três testes de aplicação das chuvas simuladas (Quadro 5). Dessa forma, os mesmos fatores que influenciaram as diferenças entre as taxas de infiltração de água no solo e as taxas de enxurrada para os métodos de melhoramento foram também os que influíram nas perdas de água, sendo o principal deles a quebra de camadas compactadas pelos implementos nas operações de preparo do solo e semeadura, comuns em solos com pastagens submetidas ao pastejo direto de animais. O efeito de compactação superficial do solo submetido ao pastejo direto por animais, bem como sua influência na diminuição das taxas de infiltração de água no solo, é relatado em vários estudos (Alderfer & Robinson, 1947; Robinson & Alderfer, 1952; Schneider et al., 1981; Trein et al., 1991).

## CONCLUSÕES

1. A rugosidade superficial foi pequena e não houve diferença significativa entre os tratamentos realizados com operações de preparo e semeadura por diferentes métodos de melhoramento da pastagem nativa. No entanto, observou-se uma correlação significativa entre a taxa constante de infiltração e a rugosidade superficial do solo.

2. A cobertura da superfície do solo foi reduzida pelos métodos de melhoramento logo após o preparo do solo e semeadura, tendo ocorrido as maiores modificações no tratamento convencional. Apenas este tratamento não restabeleceu a cobertura original até o fim das observações (170 dias após semeadura). Houve correlação entre a perda do solo e a sua cobertura, porém o decréscimo na perda do solo por unidade de aumento de cobertura foi diminuindo ao longo do tempo.

3. Entre os tratamentos avaliados, a subsolagem apresentou as maiores taxas constantes de infiltração de água no solo e as menores taxas de enxurrada. Este tratamento foi efetivo em quebrar camadas compactadas subsuperficiais. Em consequência, as maiores perdas de água ocorreram na testemunha, onde não houve nenhum revolvimento do solo.

4. As perdas de solo registradas pela pastagem submetida aos métodos de melhoramento foram pequenas, tendo as maiores perdas ocorrido no plantio convencional, considerando a reduzida cobertura do solo. As menores perdas ocorreram no plantio direto, em razão da boa cobertura e, provavelmente, da maior estabilidade dos agregados.

## LITERATURA CITADA

- ALDERFER, R.B. & ROBINSON, R.R. Runoff from pastures in relation to grazing intensity and soil compaction. *J. Am. Soc. Agron.*, 39:948-957, 1947.
- BARRETO, I.L.; VINCENZI, M.L. & NABINGER, C. Melhoramento e renovação de pastagens. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C. & FARIA, V.P. Pastagens: Fundamentos de exploração racional. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1986. p.295-309.
- BERTOL, I.; COGO, N.P. & LEVIEN, R. Erosão hídrica em diferentes preparos do solo logo após as colheitas de milho e trigo, na presença e na ausência dos resíduos culturais. *R. Bras. Ci. Solo*, 21:409-418, 1997.
- BURWELL, R.E.; ALLMARAS, R.R. & SLONEKER, L.L. Structural alteration of soil surfaces by tillage and rainfall. *J. Soil Water Conserv.*, 21:61-63, 1966
- CASSOL, E.A. Erosão do solo: influência do uso agrícola, do manejo e preparo do solo. Porto Alegre, Secretaria da Agricultura, 1984. 40 p. (Publicação IPRNR, 15)
- CASSOL, E.A. & GUERRA, M. Calibração do primeiro aparelho simulador de chuvas de braços rotativos no Rio Grande do Sul. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2., Passo Fundo, 1978. Anais. Passo Fundo, CNPT/EMBRAPA, 1978. p.29-39.
- CASTILHOS, Z.M.S. Produção e composição botânica de uma pastagem natural submetida a tratamentos de introdução de trevo-vesiculoso cv. Yuchi (*Trifolium vesiculosum* Savi), ceifa e queima. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1984. 111 p. (Tese de Mestrado)
- CHIANG, S.C.; RADCLIFFE, D.E. & MILLER, W.P. Hydraulic properties of surface seals in Georgia soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 57:1418-1426, 1993.
- COGO, N.P.; FOSTER, G.R. & MOLDENHAUER, W.C. Flow rates soil erosion relationships as affected by wheat residue cover: an attempt to define slope length limits for conservation tillage. *R. Bras. Ci. Solo*, 20:475-483, 1996.
- 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.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC-CFS-RSCC. Recomendações de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. 3.ed. Passo Fundo, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul, 1995. 223p.
- van DOREN, C.A.; BURLISON, W.L.; GARD, L.E. & FUELLEMAN, R.F. Effect of soil treatment and grazing management on the productivity, erosion, and runoff from pasture land. *J. Am. Soc. Agron.*, 32:877-887, 1940.
- ELTZ, F.L.F.; CASSOL, E.A.; SCOPEL, I. & GUERRA, M. Perdas de solo e água por erosão em diferentes sistemas de manejo e coberturas vegetais em solo Laterítico Bruno-Avermelhado distrófico (São Jerônimo) sob chuva natural. *R. Bras. Ci. Solo*, 8:117-125, 1984.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Recomendações gerais do encontro sobre o uso do simulador de chuva em pesquisa de conservação do solo no Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PESQUISA DE EROSÃO COM SIMULADORES DE CHUVA, 1., Londrina, 1975. Anais. Londrina, IAPAR, 1975. p.107-120.
- FONTANELLI, R.S. & JACQUES, A.V.A. Melhoramento de pastagem nativa com introdução de espécies temperadas. *Pesq. Agropec. Bras.*, 26:1787-1793, 1991.
- GARD, L.E.; FUELLEMAN, R.F.; van DOREN, C.A. & KAMMLADE, W.G. Runoff from pasture land as affected by soil treatment and grazing management and its relationship to botanical and chemical composition and sheep production. *J. Am. Soc. Agron.*, 35:332-346, 1943.
- GIMENEZ, D.; DIRKSEN, C.; MIEDEMA, R.; EPPINK, L.A.A.J. & SCHOONDERBEEK, D. Surface sealing and hydraulic conductances under varying-intensity rains. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 56:234-242, 1992.
- GONZAGA, S.S. Produção e composição botânica de uma pastagem natural submetida a tratamentos de introdução de trevo-vesiculoso cv. Yuchi. (*Trifolium vesiculosum* Savi), ceifa e queima avaliada sob duas intensidades de pastejo. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1986. 137p. (Tese de Mestrado)
- HAYNES, J.L. & NEAL, O.R. The effect of certain pasture practices on runoff and production of protective cover. *J. Am. Soc. Agron.*, 35:205-211, 1943.
- KUIPERS, H. A relief meter of soil cultivation studies. *Neth. J. Agric. Sci.*, 5:255-262, 1957.
- LARSON, W.E. Soil parameters for evaluating tillage needs and operations. *Soil Sci. Soc. Proc.*, 28:118-122, 1964.
- LARSON, W.E. & GILL, W.E. Soil physical parameters for designing new tillage systems. In: CONSERVATION TILLAGE, 1973, Ankeny. Proceedings. Ankeny, Soil Conservation Society of America, 1973. p.13-22.
- LOPES, P.R.C. Relações da erosão com tipos e quantidades de resíduos culturais espalhados uniformemente sobre o solo. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1984. 116p. (Tese de Mestrado)
- NABINGER, C. Técnicas de melhoramento de pastagens naturais no Rio Grande do Sul. In: SEMINÁRIO SOBRE PASTAGENS "DE QUE NECESSITAMOS". Porto Alegre, 1980. Anais. Porto Alegre, FARSUL, 1980. p.28-58.
- RAUZI, F. & HANSON, C.L. Water intake and runoff as affected by intensity of grazing. *J. Range Manag.*, 19:351-356, 1966.
- ROBINSON, R.R. & ALDERFER, R.B. Runoff from permanent pastures in Pennsylvania. *Agron. J.*, 44:459-462, 1952.
- SCHNEIDER, P.; SCOPEL, I. & KLAMT, E. Efeito de pastagem cultivada submetida a diferentes intensidades de pastejo, em propriedades físicas de um solo Laterítico Hidromórfico. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 3., Recife, 1981. Anais. Recife, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1981. p.343-350.
- SWANSON, N.P. Rotating-boom rainfall simulator. *Trans. Am. Soc. Agric. Eng.*, 8:71-72, 1965.
- TANNER, C.B. & MAMARIL, C.P. Pasture soil compaction by animal traffic. *Agron. J.*, 51:329-331, 1959.
- TREIN, C.R.; COGO, N.P. & LEVIEN, R. Métodos de preparo do solo na cultura do milho e ressemeadura do trevo, na rotação aveia+trevo/milho, após pastejo intensivo. *R. Bras. Ci. Solo*, 15:105-111, 1991.
- WISCHMEIER, W.H. & SMITH, D.D. Prediction rainfall erosion losses; a guide to conservation planning. Washington, USDA, 1978. 58p. (Agricultural Handbook, 537)
- ZOBECK, T.M. & ONSTAD, C.A. Tillage and rainfall effects on random roughness: a review. *Soil Till. Res.*, 9:1-20, 1987.