

PERDAS DE SOLO E ÁGUA POR EROSÃO HÍDRICA INFLUENCIADAS POR MÉTODOS DE PREPARO, CLASSES DE DECLIVE E NÍVEIS DE FERTILIDADE DO SOLO⁽¹⁾

N. P. COGO⁽²⁾, R. LEVIEN⁽³⁾ & R. A. SCHWARZ⁽⁴⁾

RESUMO

A erosão é a forma mais prejudicial de degradação do solo. Além de reduzir sua capacidade produtiva para as culturas, ela pode causar sérios danos ambientais, como assoreamento e poluição das fontes de água. Contudo, usando adequados sistemas de manejo do solo e bem planejadas práticas conservacionistas de suporte, os problemas de erosão podem ser satisfatoriamente resolvidos. Com o propósito de obter informações quantitativas sobre o assunto, para servirem de guia nos planejamentos conservacionistas de uso da terra, realizou-se um experimento de erosão sob chuva natural, em Latossolo Vermelho distroférico típico textura muito argilosa, no município de Santo Ângelo, região das Missões (RS), de dezembro de 1994 a maio de 1996, objetivando quantificar as perdas de solo e água causadas por erosão hídrica. Os tratamentos consistiram dos métodos de preparo do solo convencional, reduzido e semeadura direta, avaliados sob as condições “solo com fertilidade corrigida” nas classes de declividade de 0-0,04; 0,04-0,08 e 0,08-0,12 m m⁻¹ (com gradientes médios de, respectivamente, 0,035; 0,065 e 0,095 m m⁻¹) e “solo com fertilidade atual” na classe de declividade de 0,04-0,08 m m⁻¹. As operações de preparo do solo e semeadura foram efetuadas todas transversalmente ao declive, exceto para o tratamento-testemunha (preparo convencional, sem cultivo, continuamente descoberto e sem crosta), no qual as operações de aração e gradagem foram realizadas no sentido do declive. A seqüência de culturas utilizada na avaliação da erosão foi constituída de dois ciclos culturais de soja (*Glycine max*, L.), no período de primavera-verão de 1994/95 e 1995/96, e um de aveia preta (*Avena strigosa*, S.), no período de outono-inverno de 1995. O índice de erosividade das chuvas (EI₃₀) calculado no período experimental (1,5 ano) foi de 10.236 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ e concentrou-se, repetidamente, em 1995 e 1996, nos meses de janeiro a março, perfazendo, acumuladamente nestes duplos períodos, 70 % do total. Perdas significativas de solo por erosão hídrica (até 80 Mg ha⁻¹ em um único ciclo cultural) ocorreram somente no preparo convencional sem cultivo e estabelecido no sentido do declive

⁽¹⁾ Parte da Tese de Mestrado do terceiro autor, apresentada à Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – FA/UFRGS. Realizada com recursos da FAPERGS. Recebido para publicação em junho de 2002 e aprovado em abril de 2003.

⁽²⁾ Professor Adjunto do Departamento de Solos, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – FA/UFRGS. Caixa Postal 15.100, CEP 90001-970 Porto Alegre (RS). Bolsista do CNPq. E-mail: neroli@vortex.ufrgs.br

⁽³⁾ Professor Adjunto do Departamento de Solos, Faculdade de Agronomia, UFRGS. E-mail: renatole@vortex.ufrgs.br

⁽⁴⁾ Engenheiro-Agrônomo, Assistente Técnico da EMATER-RS. Rua Botafogo 1051, CEP 90150-053 Porto Alegre (RS). E-mail: ricardo@emater.tche.br

(testemunha), embora o solo na parcela tenha apresentado um valor de erodibilidade muito baixo (fator K igual a $0,0091 \text{ Mg ha h MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1} \text{ ha}^{-1}$). Sob cultivo, porém em valores bem mais baixos, as perdas de solo continuaram sendo as maiores no preparo convencional (ao redor de $13,0 \text{ Mg ha}^{-1}$ em 1,5 ano), notadamente nas classes de declividade média e alta, ficando o preparo reduzido com as intermediárias (ao redor de $4,0 \text{ Mg ha}^{-1}$ em 1,5 ano) e a semeadura direta com as menores (ao redor de $1,0 \text{ Mg ha}^{-1}$ em 1,5 ano), enquanto as perdas de água foram todas muito baixas e pouco diferenciadas. A condição “solo com fertilidade corrigida” aumentou muito a quantidade de fitomassa aérea produzida pelas culturas e, conseqüentemente, a massa de resíduos culturais, a percentagem de cobertura morta do solo e as perdas de solo por erosão hídrica, especialmente no preparo convencional; contudo, ela praticamente não influenciou as perdas de água. Apesar das operações de preparo do solo e semeadura em contorno, fertilidade do solo melhorada e alta resistência do solo à erosão, o sistema de produção aveia preta-soja em preparo convencional apresentou, em declives superiores a $0,04 \text{ m m}^{-1}$, perdas anuais de solo por erosão muito próximas ao limite tolerável, já no curto comprimento de rampa de 21 m utilizado nas parcelas experimentais deste estudo.

Termos de indexação: erosão hídrica, preparo do solo; sistema de cultivo, declividade do solo, fertilidade do solo.

SUMMARY: SOIL AND WATER LOSSES BY RAINFALL EROSION INFLUENCED BY TILLAGE METHODS, SLOPE-STEEPNESS CLASSES, AND SOIL FERTILITY LEVELS

*Erosion is the most deleterious form of soil degradation. Besides reducing the productivity capacity for crops, it can cause serious environmental problems, such as sedimentation and pollution of water sources. Yet the use of sound soil management systems and well-planned support conservation practices can solve erosion problems satisfactorily. In order to obtain quantitative information on the subject as guidelines for conservation plans, an erosion experiment under natural rainfall was conducted on a very clayey soil (Typic Haplortox), in Santo Ângelo, region of Missões, Rio Grande do Sul State, Brazil, December 1994 through May 1996, to quantify soil and water losses caused by rainfall erosion. Treatments of conventional tillage, reduced tillage, and no-till were evaluated under conditions of “soil with improved fertility” in slope-steepness classes of 0–0.04, 0.04–0.08, and 0.08–0.12 m m^{-1} (with average slope gradients of, respectively, 0.035, 0.065, and 0.095 m m^{-1}) and of “soil with actual fertility” in the 0.04–0.08 m m^{-1} slope-steepness class. A crop sequence of two soybean (*Glycine max*, L) cycles (spring-summer 1994/95 and 1995/96) followed by black oat (*Avena strigosa*, S.) (fall-winter 1995) was used for an evaluation of erosion. Tillage and planting operations were performed along contour lines in all plots, except for the Wischmeier’s unit plot, where plowing and disking operations were performed up and down the slope. The calculated rainfall erosivity index EI_{30} of the experimental period (1,5 year) was $10.236 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$. Both in 1995 and 1996 a concentration in the period between January and March accumulated 70% of the total rainfall. Only under conventional tillage with no cropping and in vertical direction (control plot) there were great soil losses by rainfall erosion (up to 80 Mg ha^{-1} in a single crop cycle), although the soil in the plot presented a very low erodibility value (K-factor of $0.0091 \text{ Mg ha h MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1} \text{ ha}^{-1}$). Under cropping, though in much lower values, soil losses were also highest in conventional tillage (about 13.0 Mg ha^{-1} in 1,5 years), markedly in medium and high slope-steepness classes. Intermediate soil losses were associated with reduced tillage (about 4.0 Mg ha^{-1} in 1,5 year), and the lowest with no-till (about 1.0 t ha^{-1} in 1,5 year), while water losses were all very low and little differentiated. The condition “soil with improved fertility” greatly increased the crop aerial biomass, consequently the crop residue mass and, thus, the percentage of mulch covering the soil and soil loss by rainfall erosion, especially in the conventional tillage, although it did not appreciably affect water losses. In spite of tillage and planting operations along contours, improved soil fertility, and a relative high resistance of soil to erosion, the black oat-soybean crop in conventional tillage presented annual soil losses by rainfall erosion that lay very close to the tolerable level on slopes steeper than 0.04 m m^{-1} , even in the short slope-length of 21 m used in the experimental plots of this study.*

Index terms: water erosion; soil tillage; cropping system, slope steepness, soil fertility.

INTRODUÇÃO

Fundamentalmente, o processo de erosão hídrica do solo pela água da chuva é condicionado pelos fatores chuva, solo, topografia, cobertura e manejo e práticas conservacionistas de suporte (Hudson, 1977). No estado do Rio Grande do Sul, a erosividade das chuvas concentra-se mais na época de implantação e desenvolvimento das culturas de primavera-verão (Cogo et al., 1978; Lima et al., 1992), o que aumenta o potencial de erosão hídrica nesse período. Em decorrência do uso de métodos de preparo com relativa intensa mobilização do solo em algumas regiões, os riscos de erosão são bastante aumentados.

O uso de métodos de preparo e semeadura com baixo grau de mobilização do solo e com manutenção dos resíduos culturais na superfície e, ou, semi-incorporados ao solo (genericamente chamados de "preparos de solo conservacionistas") cresceu expressivamente no Rio Grande do Sul na última década, com predominância do preparo reduzido e sem preparo ou semeadura direta (Farias & Ferreira, 1996).

A cobertura do solo proporcionada pelos resíduos culturais deixados na superfície tem ação direta e efetiva na redução da erosão hídrica, em virtude da dissipação de energia cinética das gotas da chuva, a qual diminui a desagregação das partículas de solo e o selamento superficial e aumenta a infiltração de água. Ela atua ainda na redução da velocidade do escoamento superficial e, conseqüentemente, da capacidade erosiva da enxurrada (Sloneker & Moldenhauer, 1977; Cogo, 1981). A percentagem de cobertura do solo proporcionada pelas restevras das culturas é fator fundamental na redução das perdas de solo por erosão hídrica (Sloneker & Moldenhauer, 1977), obtendo-se boa eficácia já com 30 % de cobertura (Cogo, 1981; Lopes et al., 1987). No entanto, a persistência dessa proteção ao solo irá depender do grau de incorporação dos resíduos culturais, bem como do método de preparo e, ou, de semeadura empregado.

Diversas pesquisas têm demonstrado a eficácia dos preparos conservacionistas de solo no controle da erosão, com reduções de 50 a 95 % nas perdas de solo, em relação ao preparo convencional. E, dentre os preparos conservacionistas mais investigados, as perdas de solo na semeadura direta têm, de modo geral, sido menores do que nos preparos reduzidos (Cogo, 1981; Eltz et al., 1984; Rio Grande do Sul, 1985; Santana et al., 1994). No entanto, as perdas de água, de modo geral, têm sido variadas e bem menos influenciadas pela cobertura superficial morta do que as perdas de solo (Cogo, 1981; Bertol et al., 1989; Alves et al., 1995), podendo ser superiores ora na semeadura direta (Vieira et al., 1978), ora no preparo reduzido, ora no preparo convencional (Nunes et al., 1987), ou mesmo semelhantes entre os diferentes métodos de preparo

do solo (Bertol, 1994), dependendo de condições, tais como: regime de chuva, tipo de solo, topografia e seqüência/rotação cultural utilizada no sistema global de manejo do solo da propriedade.

A inclinação do declive do terreno é outro fator que influencia fortemente as perdas de solo e água por erosão hídrica, pois, à medida que ela aumenta, aumentam o volume e a velocidade da enxurrada e diminui a infiltração de água no solo. Com isso, aumenta a capacidade de transporte das partículas de solo pela enxurrada, assim como a própria capacidade desta de desagregar solo, por ação de cisalhamento, principalmente quando concentrada nos sulcos direcionados no sentido da pendente do terreno.

O objetivo principal da presente pesquisa foi avaliar as perdas de solo e água causadas por erosão hídrica, sob chuva natural, em diferentes métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo, num solo muito argiloso situado na região das Missões, RS. De posse dos resultados obtidos após análise, poderão ser feitas recomendações de manejo do solo que sejam as mais eficazes tanto para a redução da erosão hídrica, quanto para a preservação do ambiente.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada na microbacia do rio Lageado Atafona, situada a 10 km da sede do município de Santo Ângelo, na região das Missões (RS), numa área aproximada de 2,5 ha, em solo Latossolo Vermelho distroférrico típico (Brasil, 1999) textura muito argilosa (650 g kg⁻¹ de argila na camada de 0-20 cm de profundidade). A área experimental situava-se dentro de uma área maior de lavoura, a qual por anos vinha sendo explorada com a sucessão trigo-soja, sob preparo convencional de solo (uma aração com arado de discos, seguida de duas ou mais gradagens niveladoras com grade também de discos), encontrando-se bastante degradada, física, química e biologicamente, além de apresentar alto grau de infestação com plantas invasoras no momento da instalação do experimento.

Os tratamentos avaliados foram três métodos de preparo do solo, estabelecidos em três classes de declividade do terreno e dois níveis de fertilidade do solo, conforme a seguir detalhado.

Os métodos de preparo do solo foram: (a) convencional - uma aração, efetuada com arado, montado, de três discos, reversível, operado à profundidade média de 0,20 m, seguida de duas gradagens niveladoras, efetuada com grade excêntrica de discos, de arrasto, operada à profundidade média de 0,08 m; (b) preparo reduzido - uma escarificação, efetuada com escarificador, montado, com sete hastes parabólicas munidas de

ponteiras estreitas, com disco de corte de resíduos à frente de cada haste, operado à profundidade média de 0,18 m, seguida de uma gradagem niveladora, efetuada com a mesma grade empregada após a aração, e (c) sementeira direta - sementeira das culturas diretamente no solo, efetuada por meio da utilização de semeadoras-adubadoras específicas a cada cultura.

As classes de declividade do solo foram: (a) 0-0,04 m m⁻¹, (b) 0,04-0,08 m m⁻¹ e (c) 0,08-0,12 m m⁻¹, com gradientes médios de, respectivamente, 0,035; 0,065 e 0,095 m m⁻¹.

Os níveis de fertilidade do solo foram: (a) solo com fertilidade atual (sem aplicação de calcário e adubo) e (b) solo com fertilidade corrigida (com aplicação única de calcário no início do experimento e de adubo - N, P e K - a cada plantio).

Em maio de 1994, com base na análise de solo feita em laboratório da Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solo do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (ROLAS-RS/SC), foi realizada a correção da acidez do solo, aplicando-se superficialmente 5 Mg ha⁻¹ de calcário dolomítico, a lanço, seguido da incorporação do calcário ao solo por meio de preparo do solo convencional (uma aração e duas gradagens), em toda a área experimental, exceto nas parcelas da classe de declividade intermediária, destinadas a receber, mais tarde, no período de primavera-verão, os tratamentos de preparo do solo sob a condição "solo com fertilidade atual". Logo a seguir, foi implantada a cultura da aveia preta (*Avena strigosa*, S.) - safra de 1994, com o objetivo de uniformizar a área experimental e proporcionar cobertura ao solo.

Em outubro de 1994, após a colheita da aveia preta, foram instaladas, em cada classe de declividade, as três parcelas principais de preparo do solo, com 24 m de comprimento, no sentido do declive, por 50 m de largura, correspondendo cada uma delas a um método de preparo do solo. Cada parcela de preparo, por sua vez, foi dividida ao meio, no sentido do declive, para estabelecer as duas condições (níveis) de fertilidade do solo pretendidas, a saber: "solo com fertilidade atual" e "solo com fertilidade corrigida", como já mencionado. Logo a seguir, foram instaladas as unidades experimentais propriamente ditas (parcelas de erosão), com dimensões efetivas de 4 m de largura por 21 m de comprimento, no sentido do declive, destinadas à avaliação das perdas de solo e água por erosão hídrica, sendo as operações de preparo do solo e sementeira realizadas todas transversalmente ao declive, exceto na parcela do tratamento-testemunha ou "parcela-padrão", a qual foi preparada no sentido da pendente, conforme explicado abaixo. Observaram-se 13 parcelas de erosão, cada uma delas correspondendo a um tratamento, sem repetição, de acordo com as limitações, tais como: distância do experimento da sede de trabalho, área física, pessoal, recursos financeiros e dificuldade do trabalho.

Nas classes de declividade de 0-0,04 e 0,08-0,12 m m⁻¹, as parcelas de erosão foram instaladas somente na condição "solo com fertilidade corrigida", porém contemplando os três métodos de preparo do solo, enquanto, na classe de declividade de 0,04-0,08 m m⁻¹, foram também instaladas na condição "solo com fertilidade atual". Na classe de declividade intermediária, foi ainda instalada a parcela-padrão ou testemunha, porém com as dimensões padrões de 3,5 m de largura por 22 m de comprimento, sendo preparada convencionalmente (uma aração e duas gradagens), no sentido do declive, a cada implantação de uma cultura, e mantida permanentemente descoberta e sem crosta (Wischmeier & Smith, 1978).

Nos tratamentos associados à condição "solo com fertilidade corrigida", os adubos (N, P₂O₅ e K₂O) foram aplicados antes do preparo do solo e da implantação das culturas, manualmente, a lanço, nas quantidades indicadas pelos resultados da análise de solo feita em laboratório (ROLAS-RS/SC).

A aveia preta foi semeada em 20/05/1994 e 11/05/1995, sendo colhida, para grãos, em 26/10/1994 e 19/10/1995, respectivamente. A soja foi semeada em 8/12/1994 e 30/12/1995, sendo colhida em 6/04/1995 e 7/05/1996, respectivamente. Tais culturas foram semeadas, sempre, transversalmente ao declive.

A sementeira da aveia preta foi efetuada por meio de uma semeadora de fluxo contínuo, de arrasto, com 13 linhas, espaçadas de 0,18 m, na profundidade de 0,03 m. A semeadora possuía sulcador tipo discos duplos para sementes e roda compactadora em formato de "V".

Para a sementeira da soja, foi empregada uma semeadora de precisão, de arrasto, com cinco linhas espaçadas de 0,45 m. A sementeira possuía um disco de corte para resíduos, sulcador para sementes tipo discos duplos e roda compactadora em formato de "V". Na sementeira direta, utilizou-se sulcador de adubo tipo facão para a abertura do sulco. Nos demais métodos de preparo do solo, tal sulco foi aberto com sulcador do tipo discos duplos. A profundidade média de trabalho do órgão sulcador foi de 0,06 m.

O controle de plantas invasoras foi efetuado por meio da aplicação de herbicidas de contato, para a aveia, e seletivo, para a soja, empregando-se um pulverizador de barras tratorizado. A colheita das culturas foi efetuada por meio de colhedora autopropelida de grãos, dotada de picador-distribuidor de palhas.

Após a colheita, antes dos preparos primários (aração e escarificação) e depois dos preparos secundários e, ou, de sementeira das culturas, foram coletadas amostras dos resíduos culturais presentes na superfície do solo, para quantificação da produção de matéria seca (em estufa com circulação forçada

de ar, a 60 °C). Nessas mesmas ocasiões, foram tomados dois diapositivos por parcela, com a finalidade de avaliar a percentagem de cobertura do solo pelo método fotográfico (Lafren et al., 1981).

A delimitação, superior e lateral, das parcelas de erosão foi feita, construindo-se, com enxada manual, pequenos camalhões de solo, logo após a semeadura das culturas, com aproximadamente 0,20 m de altura e 0,30 m de base, tendo sido compactados por meio de pisoteio com os pés e pressão efetuada com a enxada, para evitar seu desmoronamento pela ação das chuvas, bem como a entrada de água de fora para dentro e a saída dela de dentro para fora da parcela. Esta forma de delimitação das parcelas de erosão permitiu que os tratos culturais, posteriores à semeadura, pudessem ser executados normalmente, sem restrições ao uso regular de trator e implementos agrícolas. Na parcela-padrão (testemunha), em que não houve cultivo, tal delimitação foi efetuada com chapas galvanizadas, cravadas no solo à profundidade média de 0,10 m.

Na extremidade inferior de cada parcela de erosão, foi instalado um sistema coletor de enxurrada, constituído por uma calha metálica, a qual recebia, e conduzia, para um tubo de PVC com 0,10 m de diâmetro e 4,0 m de comprimento, o material erodido proveniente das parcelas até os tanques coletores (um de decantação e um de suspensão), de amianto, com capacidade de 1.000 L cada um, localizados numa trincheira aberta um pouco abaixo das parcelas.

Após a ocorrência de uma chuva erosiva, retirava-se a maior quantidade possível do sedimento "grosso" existente no tanque de decantação, pesava-se tal material e retirava-se dele uma amostra. A seguir, media-se a altura da água de enxurrada nos tanques coletores (de decantação e de suspensão), homogeneizava-se manualmente o material erodido (água de enxurrada e sedimento "fino") e retiravam-se dele duas amostras. As amostras com os sedimentos "grosso" (partículas mais grosseiras de solo) e "fino" (partículas mais finas de solo e água de enxurrada), coletadas em campo, eram levadas ao laboratório, para determinar a concentração de sedimento na enxurrada, e para calcular, posteriormente, as quantidades de solo e água perdidas por erosão, em cada chuva erosiva, em cada tratamento, seguindo o procedimento descrito por Cogo (1978). As coletas para as avaliações de erosão foram realizadas durante o ciclo da cultura da soja em duas safras (1994/95 e 1995/96) e da aveia preta em uma safra (1995), perfazendo um período total de avaliação de 1,5 ano (dezembro de 1994 a maio de 1996).

Próximo à área experimental, instalou-se um pluviógrafo para registrar a distribuição temporal da quantidade das chuvas ocorridas, para posteriores cálculos da intensidade e erosividade, tendo sido utilizado o índice EI₃₀ (Wischmeier, 1959), para

caracterizar o último fator, considerado adequado para estimar o potencial erosivo das chuvas para a região onde foi realizada a presente pesquisa (Moraes et al., 1988).

Em decorrência da variação nos gradientes de declive entre as parcelas de erosão, mesmo dentro de uma mesma classe de declividade do terreno, os resultados observados de perda de solo foram ajustados para os gradientes de declive médios de cada classe, a saber: 0,035; 0,065 e 0,095 m m⁻¹, respectivamente, para as classes de declividade de 0-0,04 m m⁻¹, 0,04-0,08 m m⁻¹ e 0,08-0,12 m m⁻¹, bem como para o comprimento de rampa padrão de 22 m. Os resultados assim apresentados permitirão, após novos ajustes dos dados de perda de solo para a declividade-padrão de 0,09 m m⁻¹, efetuar comparações diretas com os dados de erosão de outras pesquisas que, também, tenham usado as características da parcela-padrão ou unitária, definida por Wischmeier & Smith (1978). Os ajustes de dados neste trabalho foram feitos com base no método desenvolvido por estes últimos autores, e seu melhor detalhamento pode ser encontrado em Cogo (1981).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quantidade de resíduos culturais e equivalente percentagem de cobertura do solo

Os resultados dessas variáveis encontram-se no quadro 1. Observa-se que, antes do preparo do solo (AP), os menores valores de massa seca (60 °C) dos resíduos culturais e equivalentes percentagens de cobertura foram encontrados nos tratamentos estabelecidos na condição "solo com fertilidade atual", independentemente da cultura e do método de preparo e, ou, de semeadura utilizado, o que é lógico. Entretanto, tais diferenças causadas pelos níveis de fertilidade do solo, em termos de massa, foram mais acentuadas para o resíduo cultural da soja, a qual produziu maior quantidade de resíduos (até o dobro) do que a aveia preta, enquanto, em termos de percentagem de cobertura do solo, as diferenças foram mais acentuadas para o resíduo cultural da aveia preta.

Após as operações de preparo do solo e, ou, de semeadura (DS), a massa seca de resíduos culturais remanescente na superfície do solo e sua equivalente percentagem de cobertura foram reduzidas, em média, em 93, 76 e 17 %, respectivamente nos preparos convencional, reduzido e semeadura direta, em relação aos valores existentes antes de tais operações, independentemente do tipo de resíduo cultural e nível de fertilidade do solo. Tais reduções podem ser explicadas pela atuação diferenciada dos instrumentos de preparo utilizados.

Resultados semelhantes foram encontrados por Cogo (1981) e Lopes et al. (1987), podendo, no entanto, algumas diferenças entre tipos de resíduo cultural serem devidas a diferenças na densidade, morfologia e tamanho das peças constituintes dos mesmos, dependendo o último fator do grau de fragmentação dos resíduos pelo picador de palhas utilizado na colhedora.

Erosividade das chuvas

O potencial de erosão hídrica de determinado local ou região pode ser caracterizado por meio da avaliação da erosividade das chuvas e sua distribuição temporal. Tais resultados, obtidos neste estudo, estão apresentados na figura 1. No período de avaliação da erosão (1,5 ano - dezembro de 1994 a maio de 1996), o valor absoluto calculado do índice de erosividade (EI_{30}) foi de $10.236 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$, com a distribuição relativa temporal acumulada mostrada na figura 1. Observa-se claramente que a erosividade das chuvas praticamente concentrou-se em uma única época do ano, repetidamente, em 1995 e 1996, nos seus três primeiros meses (janeiro a março), com um valor acumulado nestes duplos períodos de, aproximadamente, 70 % do total ocorrido durante o período experimental. Em que pese o pequeno tempo de avaliação da erosividade neste estudo, pode-se, em princípio, dizer que o período de alto risco de erosão para o local em questão é o compreendido entre janeiro e março.

Dependendo da época de semeadura das culturas do período de primavera-verão, principalmente quando ocorre atraso, tal período pode coincidir com o início de desenvolvimento das culturas estabelecidas nestas associadas estações. Isto aumenta mais ainda o risco de erosão, especialmente quando se utilizam preparos de solo que o mobilizam muito, como o

convencional, ficando o solo pouco protegido da ação das chuvas e de suas enxurradas associadas, tanto pelas plantas, quanto pelos resíduos culturais. O que pode acontecer, porém não desejado, nesses casos, é a coincidência do período de alto risco de erosão (período de elevada erosividade das chuvas) com o período crítico de erosão da cultura (período de pouca proteção ao solo, propiciada pelas plantas em crescimento), quando então ocorrem as grandes erosões. Há, pois, que atentar-se para não haver coincidência desses períodos, especialmente quando neles é também escassa a cobertura do solo por resíduos culturais.

Perdas de solo e água de acordo com os métodos de preparo e classes de declividade do solo

Os resultados dessas variáveis estão apresentados no quadro 2. Tomando por base a cultura da soja, a qual foi avaliada em dois ciclos, verifica-se que as perdas de solo e água variaram muito entre os anos agrícolas de 1994/95 e 1995/96, de acordo com a variação observada nos valores absolutos (Quadro 2) e na distribuição da erosividade das chuvas (Figura 1), em todos os tratamentos avaliados, com os maiores valores ocorrendo no segundo ano de cultivo desta cultura (safra de 1995/96). Em tal safra, registrou-se, aproximadamente, 45 % da erosividade total ocorrida no período de estudo. Na safra de 1994/95, registrou-se, aproximadamente, 35 % da erosividade total. A maior erosividade das chuvas observada no período relativo às culturas de primavera-verão coincidiu com os resultados obtidos por Cogo et al. (1978) e Lima et al. (1992).

Embora a erosividade das chuvas no ciclo da soja da safra de 1995/96 tenha sido apenas 10 % superior

Quadro 1. Massa seca (60 °C) de resíduos culturais superficiais de aveia preta e soja e equivalente percentagem de cobertura do solo, após a colheita e antes do preparo de solo (AP) e depois da semeadura (DS), nos tratamentos de preparo e níveis de fertilidade do solo, na classe de declividade de 0,04-0,08 m m⁻¹

Preparo do solo e nível de fertilidade	Massa de resíduo				Cobertura do solo			
	Aveia preta		Soja		Aveia preta		Soja	
	AP	DS	AP	DS	AP	DS	AP	DS
	kg ha ⁻¹				%			
Semeadura direta, sfa ⁽¹⁾	1.803	1.581	3.210	2.736	87	72	83	60
Semeadura direta, sfc ⁽²⁾	2.281	2.045	5.326	3.717	95	75	92	74
Reduzido, sfa	2.075	676	3.741	668	76	24	89	15
Reduzido, sfc	2.185	653	4.303	742	93	27	90	24
Convencional, sfa	2.039	179	2.923	139	66	9	88	6
Convencional, sfc	2.277	176	4.373	270	94	11	90	9

⁽¹⁾ sfa - solo com fertilidade atual. ⁽²⁾ sfc - solo com fertilidade corrigida.

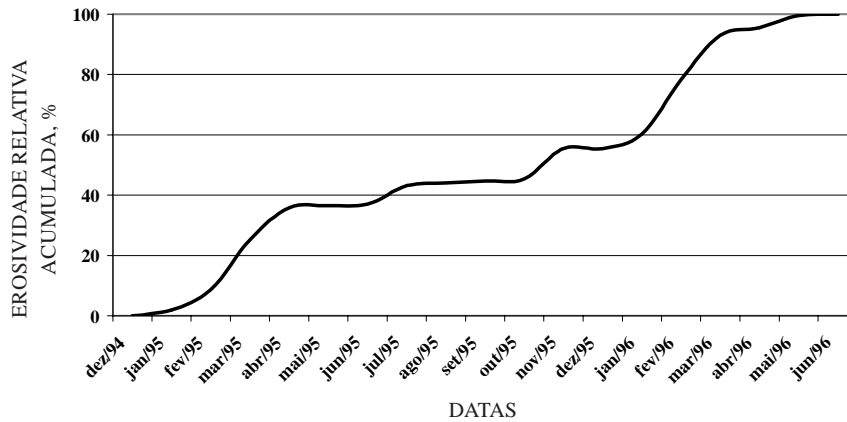


Figura 1. Distribuição relativa acumulada temporal da erosividade (índice EI_{30}) das chuvas no período experimental (ciclos culturais da soja avaliados para erosão: 8/12/94 a 6/04/95 e 30/12/95 a 7/05/96; ciclo cultural da aveia preta avaliado para erosão: 11/05/95 a 19/10/95).

à da safra de 1994/95, o aumento nas perdas de solo foi muito maior, independentemente do método de preparo do solo e classe de declividade do terreno, chegando, até, a 800 % (Quadro 2). Isto pode ser explicado pelas diferenças na distribuição temporal da erosividade das chuvas e no estágio de crescimento das culturas.

Na safra da soja de 1994/95, a erosividade das chuvas concentrou-se mais no período entre os 60 dias após a semeadura e a colheita, correspondendo a 75 % do total da erosividade ocorrida no ciclo da cultura (Figura 1). Nesta safra, no entanto, no período referido, a cultura da soja já estava plenamente estabelecida e propiciando ampla e boa cobertura ao solo.

Por outro lado, na safra de 1995/96, a erosividade das chuvas concentrou-se mais nos primeiros 30 dias após a semeadura da soja, correspondendo, apenas, a 40 % do total ocorrido no ciclo da cultura (contra os 75 % na safra de 1994/95), porém, desta vez, ocorrendo quando o solo se encontrava ainda muito pouco protegido pela cultura, o que favoreceu muito as perdas de solo e água por erosão, especialmente no preparo convencional. Estes resultados evidenciam a importância do suprimento de elevada cobertura vegetal ao solo, seja por plantas, seja por seus resíduos, naqueles períodos de maior erosividade das chuvas, para o eficaz controle da erosão hídrica (Wischmeier & Smith, 1978).

Em relação à cultura da aveia preta, avaliada apenas em um ciclo (safra de 1995), no período de outono-inverno, verifica-se, no quadro 2, que as perdas de solo e água foram muito baixas, comparadas às da cultura da soja, em todos os tratamentos estudados. Isto deveu-se à erosividade muito baixa das chuvas ocorrida durante o ciclo cultural desta cultura (Figura 1), correspondendo, apenas, a 20 % do total ocorrido durante o período

experimental, além do que esta relativamente baixa quantidade de energia erosiva atuou no solo entre os 60 dias após a semeadura e a colheita, quando a cultura já propiciava ampla e boa cobertura ao solo.

Em comparação à erosão verificada na parcela-padrão, preparada convencionalmente no sentido do declive e mantida continuamente descoberta, as culturas da soja e aveia preta, também estabelecidas sob preparo convencional, porém transversalmente ao declive, reduziram, em média, em 80 % as perdas de solo e em 50 % as perdas de água (Quadro 2). O efeito combinado de redução da erosão dos fatores cobertura vegetal e preparo do solo e semeadura em contorno foi mais pronunciado durante o ciclo da cultura da aveia do que do da soja, podendo este fato ser explicado pela distribuição temporal acumulada da erosividade das chuvas diferenciadas nos ciclos destas culturas (Figura 1), por possíveis diferenças no teor de água no solo antecedente às chuvas entre as duas épocas do ano e, certamente, pelas diferenças inerentes ao tipo de cultura, tais como: sistema radicular, espaçamento, população e rapidez de crescimento das plantas.

O tratamento-testemunha (parcela-padrão) também apresentou perdas por erosão bem menores no período de primavera-verão de 1994/95 do que no de 1995/96 (Quadro 2). Isto pode ser atribuído à erosividade das chuvas um pouco mais elevada no segundo período de avaliação, mas, provavelmente, ele foi devido mais ao efeito do uso anterior da terra (efeito residual), muito presente no primeiro período de avaliação e pouco no segundo. Isto porque a área experimental para esta pesquisa vinha por anos sendo cultivada com culturas anuais, além de apresentar alto grau de infestação com plantas invasoras no início do experimento, predominantemente do tipo gramíneas. E isto pode ter influenciado muito, e positivamente, a estrutura do solo,

conseqüentemente sua erodibilidade, diminuindo-a, comparada à condição física do solo existente no segundo período de observação, quando o efeito residual do uso da terra certamente já havia diminuído muito, o que pode ter favorecido bastante as perdas por erosão no segundo ano agrícola.

Dentre os métodos de preparo do solo avaliados, o sem preparo ou semeadura direta foi o mais eficaz no controle da erosão, independentemente das classes de declividade (Quadro 2). Na menor classe de declividade, as perdas de solo foram relativamente baixas e semelhantes entre os preparos (o maior valor observado no preparo reduzido foi considerado estranho, porém não pode ser explicado). No entanto, nas classes de declividade mais elevadas, as diferenças nas perdas de solo entre os preparos cresceram consideravelmente, porém de forma diferenciada, sendo o efeito mais pronunciado no preparo convencional, intermediário no preparo reduzido e menor na semeadura direta. O aumento da erosão com o aumento da declividade do terreno se deve ao aumento da capacidade erosiva da enxurrada nos declives mais acentuados, decorrente do aumento de sua velocidade, especialmente quando o solo é intensamente mobilizado e apresenta baixa cobertura superficial, ficando sujeito à formação de sulcos, selos e, ou, crostas, os quais dificultam a infiltração de água no solo e favorecem o escoamento superficial.

Nas classes de declividade mais elevadas, a eficácia da semeadura direta na redução da perda de solo foi, em média, 90 e 70 %, respectivamente, em relação ao preparo convencional e reduzido (Quadro 2), justificada tanto pela presença de resíduos culturais na superfície do terreno, que lhe proporcionaram uma cobertura média de 75 % após a semeadura (Quadro 1), quanto pela reconsolidação da superfície do solo, dada a ausência de preparo neste tratamento. No preparo convencional e no reduzido, a cobertura do solo por resíduos culturais foi, respectivamente, em média, de 9 e 24 % (Quadro 1), com as perdas de solo no último sendo 65 % menores do que no primeiro, na média das classes de declividade (Quadro 2). Este fato pode ser atribuído aos diferentes graus de proteção do solo propiciados pelas restevias das culturas anteriores, aliado à ação diferenciada dos instrumentos de preparo utilizados, onde o preparo reduzido, embora com menor grau de mobilização do solo do que o convencional, visivelmente apresentava maior rugosidade superficial do solo. Isto também concorreu para que o preparo reduzido tendesse a apresentar as menores perdas de água no experimento, na média dos tratamentos estudados (Quadro 2).

Tomando por base os dados de perda de solo da parcela-padrão (ajustados para a declividade de $0,09 \text{ m m}^{-1}$ - o comprimento de rampa já era de 22 m, o que dispensou o ajuste para esta variável),

Quadro 2. Perdas de solo e água por erosão, por ciclo cultural e no somatório dos ciclos, considerando os métodos de preparo e classes de declividade do solo, na condição “solo com fertilidade corrigida”

Cultura - Safra Chuva (mm) ⁽¹⁾ EI ₃₀ ⁽²⁾	Soja (1994/95)		Aveia (1995)		Soja (1995/96)		Total	
	545 3.798		455 1.800		726 4.638		1.726 10.235	
Preparo do solo ⁽³⁾	Solo	Água	Solo	Água	Solo	Água	Solo	Água
	kg ha ⁻¹	mm	kg ha ⁻¹	mm	kg ha ⁻¹	mm	kg ha ⁻¹	mm
Declividade de 0-0,04 m m ⁻¹								
Semeadura direta	188	4,3	111	3,2	679	30,3	978	37,8
Reduzido	543	7,9	163	2,8	2.068	20,2	2.774	30,9
Convencional	473	11,0	124	1,8	616	31,2	1.213	44,0
Declividade de 0,04-0,08 m m ⁻¹								
Semeadura direta	273	4,6	115	3,3	649	36,8	1.037	44,7
Reduzido	412	6,0	142	2,8	3.839	41,8	4.393	50,6
Convencional	1.715	12,1	87	1,8	9.770	43,6	11.572	57,5
Parcela-padrão	7.913	34,8	1.085	12,4	50.287	78,8	59.285	121,0
Declividade de 0,08-0,12 m m ⁻¹								
Semeadura direta	216	7,4	156	2,2	1.160	35,4	1.532	45,0
Reduzido	799	4,5	147	2,6	3.229	25,1	4.175	32,2
Convencional	1.427	11,7	127	2,9	11.497	46,9	13.051	61,5

⁽¹⁾ Inclui as chuvas erosivas e não-erosivas ocorridas no período de estudo. ⁽²⁾ MJ mm ha⁻¹ h⁻¹, para o ciclo em questão, calculado somente com base nas chuvas erosivas. ⁽³⁾ Efetuado em contorno, exceto na parcela-padrão, o qual foi no sentido do declive.

coletados durante o período de avaliação da erosão (1,5 ano), o valor médio anual calculado do fator K - erodibilidade do solo foi de $0,0091 \text{ t ha h MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1} \text{ ha}^{-1}$, o qual pode ser considerado muito baixo, porém consistente para solos do tipo latossólico, como o utilizado no experimento, cuja microagregação e mineralogia próprias conferem-lhes elevada resistência à ação dos agentes erosivos.

Em relação às perdas de água, elas foram bem menos influenciadas pelos métodos de preparo do que as perdas de solo (Quadro 2), independentemente das classes de declividade, concordando com trabalhos de Cogo (1981), Bertol et al. (1989) e Levien et al. (1990). As diferenças nas perdas de água foram pequenas dentro de uma mesma classe de declividade, mas mostraram tendência de serem um pouco maiores no preparo convencional e um pouco menores no preparo reduzido, ficando a semeadura direta em posição intermediária.

Considerando o total de chuva precipitado no período experimental, as perdas de água por erosão, sob cultivo, foram, de modo geral, muito baixas (menores do que 4 %), porém próximas às obtidas em outros estudos em que foi utilizado o mesmo tipo de solo (Rio Grande do Sul, 1985), nos quais o preparo e a semeadura foram efetuados no sentido do declive.

Embora o tratamento-testemunha, ou parcela-padrão (convencional sem cultivo, realizado no sentido do declive), tenha apresentado perda de água duas vezes maiores do que o tratamento convencional com cultivo (com a presença das culturas de aveia preta e soja e estabelecido em contorno), tal perda pode também ser considerada ainda muito baixa (aproximadamente apenas 7 % do total precipitado).

Vale ressaltar o fato de que as perdas anuais de solo verificadas com o sistema de produção aveia preta-soja em preparo convencional, nos declives superiores a $0,04 \text{ m m}^{-1}$ (ao redor de $12,5 \text{ Mg ha}^{-1}$ em 1,5 ano, em média), praticamente atingiram o limite tolerável para o tipo de solo utilizado no estudo (13 a $15 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, segundo Bertoni & Lombardi Neto, 1993 e Bertol & Almeida, 2000), já no curto comprimento de rampa de 21 m utilizado no experimento, mesmo com as operações de preparo do solo e semeadura tendo sido realizadas em contorno, efetuada a melhoria da fertilidade do solo e ser este um solo relativamente muito resistente à erosão hídrica.

Mesmo as perdas relativamente baixas de solo verificadas no preparo reduzido (ao redor $4,2 \text{ Mg ha}^{-1}$ em 1,5 ano, em média) e na semeadura direta (ao redor de $1,2 \text{ Mg ha}^{-1}$ em 1,5 ano, em média), também em declives superiores a $0,04 \text{ m m}^{-1}$, podem ser consideradas preocupantes, tendo em vista o curto comprimento de rampa de 21 m do qual elas provieram (Quadros 2 e 3).

Deduz-se desses fatos a necessidade de dar-se muita atenção às práticas conservacionistas de suporte, principalmente os terraços, quando as lavouras são estabelecidas em declives longos e, ou, inclinados, para garantir o adequado controle da erosão e, ao mesmo tempo, disciplinar o movimento das águas de escoamento superficial ou enxurrada.

Perdas de solo e água de acordo com os níveis de fertilidade do solo

O efeito da fertilidade do solo sobre a erosão pode ser verificado pela análise dos resultados apresentados

Quadro 3. Perdas de solo e água por erosão nas diferentes safras das culturas de aveia preta e soja, considerando os métodos de preparo e níveis de fertilidade do solo, na classe de declividade $0,04 - 0,08 \text{ m m}^{-1}$

Cultura - Safra	Semeadura direta		Preparo reduzido		Preparo convencional	
	sfc ⁽¹⁾	sfa ⁽²⁾	sfc	sfa	sfc	sfa
Perda de solo, kg ha^{-1}						
Soja - 1994/95	273	566	412	545	1.715	5.741
Aveia - 1995	115	488	142	136	87	748
Soja - 1995/96	649	1.722	3.839	1.953	9.770	24.450
Total	1.037	2.776	4.393	2.634	11.572	30.939
Perda de água, mm						
Soja - 1994/95	4,6	5,4	6,0	6,4	12,1	17,2
Aveia - 1995	3,3	12,2	2,8	3,7	1,8	6,0
Soja - 1995/96	36,8	47,2	41,8	34,1	43,6	46,9
Total (%) ⁽³⁾	2,6	3,8	2,9	2,6	3,3	4,1

⁽¹⁾ Solo com fertilidade corrigida. ⁽²⁾ Solo com fertilidade atual. ⁽³⁾ Perda de água na forma de enxurrada, em percentagem da chuva, relativo ao total precipitado no período.

no quadro 3. É evidente a maior erosão sob a condição “solo com fertilidade atual”, especialmente em relação às perdas de solo, as quais aumentaram, aproximadamente, 200 %, em relação àquelas verificadas sob a condição “solo com fertilidade corrigida”, tanto na semeadura direta, quanto no preparo convencional (o preparo reduzido apresentou valor estranho, o qual não pode ser explicado), apesar da grande diferença nos valores absolutos de tais perdas nesses preparos. Isto pode ser facilmente explicado, de modo indireto, pela grande influência que a fertilidade do solo tem, tanto na produção de fitomassa da parte aérea das culturas e, conseqüentemente dos resíduos culturais (Quadro 1), quanto de raízes, afetando muito o grau de cobertura do solo (Quadro 1) e a qualidade de sua estrutura (agregação e resistência à desagregação).

Deduz-se deste fato a importância de efetuar-se a calagem e a adubação do solo por ocasião do estabelecimento de determinada cultura, nas quantidades recomendadas pela análise de solo em laboratório, para garantir adequada fertilidade ao solo e, conseqüentemente, elevada produção de fitomassa. Sem dúvida alguma, a fertilidade do solo é um dos requerimentos básicos mais importantes na conservação do solo e da água e, conseqüentemente, do meio ambiente.

CONCLUSÕES

1. O solo utilizado no estudo apresentou um índice de erodibilidade muito baixo e, conseqüentemente, uma alta resistência à erosão hídrica.

2. O período do ano com o maior potencial de erosão hídrica foi o compreendido entre janeiro e março, induzindo maior erosão na cultura da soja do que na da aveia preta, independentemente dos tratamentos estudados.

3. A melhoria da fertilidade do solo pela calagem e adubação aumentou muito a produção de fitomassa aérea das culturas e, conseqüentemente, a massa de resíduos culturais, em todos os tratamentos estudados, com efeito pronunciado na redução das perdas de solo, notadamente no preparo convencional.

4. As perdas de solo por erosão hídrica foram as mais elevadas no preparo convencional, intermediárias no preparo reduzido e mais baixas na semeadura direta, independentemente dos tratamentos estudados, enquanto as perdas de água foram todas muito baixas e similares, mas tendendo a serem maiores no preparo convencional, intermediárias na semeadura direta e menores do preparo reduzido.

5. O aumento da perda de solo com o aumento dos valores das classes de declividade do terreno foi maior no preparo convencional do que no preparo reduzido e na semeadura direta.

6. O sistema de produção aveia preta-soja em preparo convencional, mesmo com as operações de preparo do solo e semeadura em contorno, melhoria da fertilidade do solo e alta resistência deste à erosão, apresentou perdas anuais de solo por erosão, em declives superiores a 0,04 m m⁻¹, muito próximas do limite tolerável, já no curto comprimento de rampa de 21 m utilizado nas parcelas experimentais deste estudo.

AGRADECIMENTOS

À equipe técnica do Escritório Municipal da EMATER, em Santo Ângelo (RS), pelo indispensável auxílio nos trabalhos de campo; aos Professores Paulo Schneider e Carlos Alberto Bissani, do Departamento de Solos da UFRGS, pelo apoio, e à FAPERGS, pelo financiamento da pesquisa.

LITERATURA CITADA

- ALVES, A.G.C.; COGO, N.P. & LEVIEN, R. Relações da erosão do solo com a persistência da cobertura vegetal morta. R. Bras. Ci. do Solo, 19:127-132, 1995.
- BERTOL, I.; COGO, N.P. & LEVIEN, R. Cobertura morta e métodos de preparo do solo na erosão hídrica em solo com crosta. R. Bras. Ci. do Solo, 13:373-379, 1989.
- BERTOL, I. Erosão hídrica em Cambissolo húmico distrófico sob diferentes preparos do solo e rotação de culturas. R. Bras. Ci. do Solo, 18:267-271, 1994.
- BERTOL, I. & ALMEIDA, J.A. Tolerância de perda de solo por erosão para os principais solos do estado de Santa Catarina. R. Bras. Ci. do Solo, 24:657-668, 2000.
- BERTONI, J. & LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. São Paulo, Ícone, 1993. 355p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Empresa Nacional de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília, 1999. 412p.
- COGO, N.P.; DREWS, C.R. & GIANELLO, C. Índice de erosividade (valor EI30) das chuvas dos municípios de Guaíba, Ijuí e Passo Fundo. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2., Passo Fundo, 1978. Anais. Passo Fundo, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1978. p.145-152.
- COGO, N.P. Uma contribuição à metodologia de estudo das perdas por erosão em condições de chuva natural: I - Sugestões gerais, medição de volume, amostragem e quantificação de solo e água da enxurrada. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2., Passo Fundo, 1978. Anais. Passo Fundo, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1978. p.75-97.
- 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)

- ELTZ, F.L.F.; CASSOL, E.A.; GUERRA, M. & ABRÃO, P.U.R. Perdas de solo e água por erosão em diferentes sistemas de manejo e coberturas vegetais em solo São Pedro (Podzólico Vermelho Amarelo) sob chuva natural. R. Bras. Ci. Solo, 8:245-249, 1984.
- FARIAS, A.D. & FERREIRA, T.N. Evolução do sistema plantio direto. Inf. EMATER-RS, p.1-4, 1996. (Série Soja/Solos)
- HUDSON, N.W. Soil conservation. Ithaca, Cornell University Press, 1977. 320p.
- LAFLEN, J.M.; AMEMIYA, M. & HINTZ, E.A. Measuring crop residue cover. J. Soil Water Conserv., 36:341-343, 1981.
- 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.
- LIMA, V.S.; CASSOL, E.A. & SEVERO, M.D.A. Determinação da erosividade das chuvas nos municípios de Ijuí e São Borja, RS, no período de 1982-1991. In: SALÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 4., Porto Alegre, 1992. Resumos. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1992. v.1, p.185.
- LOPES, P.R.; COGO, N.P. & LEVIEN, R. Eficácia relativa de tipo e quantidade de resíduos culturais espalhados uniformemente sobre o solo na redução da erosão hídrica. R. Bras. Ci. Solo, 11:71-75, 1987.
- MORAIS, L.F.B.; MUTTI, L.S.M. & ELTZ, F.L.F. Índices de erosividade correlacionados com perdas de solo no Rio Grande do Sul. R. Bras. Ci. Solo, 12:281-284, 1988.
- NUNES FILHO, J.; SOUSA, A.R.; MAFRA, R.C. & JACQUES, F.O. Efeito do preparo do solo sobre as perdas por erosão e produção de milho num Podzólico Vermelho-Amarelo eutrófico de Serra Talhada (PE). R. Bras. Ci. Solo, 11:183-186, 1987.
- RIO GRANDE DO SUL. Secretaria da Agricultura. Manual de Conservação do Solo. 2.ed. Porto Alegre, 1985. 228p.
- SANTANA, D.P.; PEREIRA FILHO, I.A.; SANS, L.M.A.; CRUZ, J.C. & ALVARENGA, R.C. Perda de solo e água e modificações de características de um Latossolo Vermelho-Escuro submetido a diferentes métodos de manejo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 10., Florianópolis, 1994. Resumos. Florianópolis: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 1994. 428p.
- SLONEKER, L.L. & MOLDENHAUER, W.C. Measuring the amounts of crop residue remaining after tillage. J. Soil Water Conserv., 32:231-236, 1977.
- VIEIRA, M.J.; COGO, N.P. & CASSOL, E.A. Perdas por erosão, em diferentes sistemas de preparo do solo, para a cultura da soja em condições de chuva simulada. R. Bras. Ci. Solo, 2:209-214, 1978.
- WISCHMEIER, W.H. A rainfall erosion index for a universal soil loss equation. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 23:246-249, 1959.
- WISCHMEIER, W.D. & SMITH, D.D. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. Washington, USDA, 1978. 58p. (Agriculture Handbook, 537).