

EFICÁCIA RELATIVA DE TIPO E QUANTIDADE DE RESÍDUOS CULTURAIS ESPALHADOS UNIFORMEMENTE SOBRE O SOLO NA REDUÇÃO DA EROSÃO HÍDRICA⁽¹⁾

P.R.C. LOPES⁽²⁾, N.P. COGO⁽³⁾ & R. LEVIEN⁽⁴⁾

RESUMO

A eficácia relativa de tipo e quantidade de resíduos culturais espalhados uniformemente sobre uma superfície de solo recém-preparada, com aração e gradagens, na porcentagem de cobertura do solo e na redução da erosão hídrica, foi avaliada em condições de chuva simulada, na Estação Experimental Agrônômica da UFRGS, em Guaíba (RS). Utilizou-se um solo franco-arenoso (Podzólico Vermelho-Amarelo abrupto distrófico petroférico), com declividade média de 7,5%. Os tratamentos principais consistiram em resíduos culturais de milho, trigo e soja - 0, 500, 1.000, 2.000, 4.000, 6.000, 8.000 e 10.000 kg/ha, os quais forneceram cobertura de solo de 0 a 100%. Para uma mesma quantidade de massa de resíduo cultural, as restevras de trigo e milho propiciaram valores de cobertura do solo semelhantes, porém superiores aos da soja. Para uma mesma porcentagem de cobertura do solo, os resíduos culturais de trigo e milho foram similarmente eficazes na redução das perdas de solo e superiores ao da soja. De qualquer forma, os três tipos de resteva foram bastante eficazes no controle da erosão. Valores de cobertura do solo ao redor de 20% foram suficientes para reduzir a erosão em 40 a 60%, em comparação ao solo descoberto.

Termos de indexação: Simulador de chuva, erosão hídrica, cobertura vegetal morta.

SUMMARY: EROSION REDUCTION EFFECTIVENESS OF TYPES AND AMOUNTS OF SURFACE-APPLIED CROP RESIDUES

The effect of types and amounts of crop residues evenly spread on a recently tilled soil surface on the percentage of soil cover and on the reduction of erosion was evaluated under field conditions using simulated rainfall. The experiment was carried out at the Agronomic Experimental Station, of the UFRGS, in Guaíba, State of Rio Grande do Sul, Brazil. A sandy loam soil (Paleudult) with 7.5% slope was used in the study. Main treatments consisted of crop residues of corn, wheat and soybeans, in amounts ranging from 0 to 10,000 kg/ha (0 to approximately 100% of soil coverage). For a same amount of crop residue, both the wheat and the corn residue protected the soil, in terms of percentage of soil cover, better than the soybean residue. Due to this fact, wheat and corn residues were relatively more effective in reducing the soil loss than the soybean residue. Anyway, all residue types were very effective in controlling erosion when compared to the no-residue condition. Values of soil coverage like 20% were sufficient to reduce erosion by 40 to 60% in relation to the bare soil.

Index terms: Rainfall simulator, water erosion, mulch cover.

INTRODUÇÃO

Devido ao cultivo sucessivo de trigo-soja no Rio Grande do Sul e em outros Estados, sem a adoção de práticas conservacionistas adequadas, observa-se um gradativo e acelerado depauperamento das terras agrícolas pela erosão hídrica

do solo. O uso conveniente dos restos da cultura anterior evitaria, em grande parte, os danos provocados por essa erosão, permitindo que o solo mantivesse melhor sua capacidade produtiva.

A cobertura vegetal morta representa uma das maneiras mais simples, eficazes e econômicas de controlar a erosão

(1) Parte da Tese de Mestrado do primeiro autor apresentada à Faculdade de Agronomia da UFRGS, Porto Alegre (RS), realizada em cooperação com o Instituto de Pesquisa de Recursos Naturais Renováveis (IPRNR) da Secretaria da Agricultura do Rio Grande do Sul, com recursos parciais da FINEP. Recebido para publicação em novembro de 1986 e aprovado em janeiro de 1987.

(2) Engenheiro-Agrônomo, estudante do Curso de Pós-Graduação em Agronomia da UFRGS. Atualmente, pesquisador da EMBRAPA, Petrolina (PE).

(3) Professor Adjunto do Departamento de Solos da FA/UFRGS, Porto Alegre (RS). Bolsista do CNPq.

(4) Engenheiro-Agrônomo, Pesquisador em Solos do IPRNR - Secretaria da Agricultura do Rio Grande do Sul, Porto Alegre (RS).

do solo. Plantas e resíduos culturais possuem diferentes capacidades em proteger o solo contra a erosão. O efeito dos resíduos culturais no controle da erosão varia com o tipo, quantidade, porcentagem de cobertura do solo, manejo e estágio de sua decomposição. Para uma mesma quantidade de resíduo cultural, verificam-se diferenças na porcentagem de cobertura do solo, dependendo do tipo, estágio de decomposição e forma de aplicação (Wischmeier, 1973; Cogo, 1981; Laflen, 1981).

No Estado do Rio Grande do Sul, trabalhos realizados por Vieira (1977), Eltz (1977) e Saraiva (1978), relacionando perdas de solo por erosão com métodos de preparo do solo e tipos de cultivo, evidenciaram grande redução das perdas nos tratamentos em que os restos da cultura anterior foram mantidos na superfície. Kidder et alii (1983) testaram tipos de resíduos culturais no controle da erosão, verificando que os de trigo foram mais eficazes do que os de soja e milho. Resultados semelhantes foram obtidos por Wischmeier (1973) e Cogo (1981).

Para eficiente controle da erosão, a forma de manejo dos resíduos culturais assume grande importância. Mannering & Meyer (1961), testando métodos de manejo com resteva de milho, concluíram que, para uma mesma quantidade de resíduo cultural, a resteva picada e espalhada uniformemente sobre a superfície do solo foi mais eficaz no controle da erosão do que a resteva picada e semi-incorporada.

O objetivo principal deste trabalho foi avaliar a eficácia relativa de diferentes quantidades dos resíduos culturais de milho, trigo e soja, espalhados uniformemente sobre superfície de solo recentemente preparada, com aração e gradagens, na redução das perdas de solo pela erosão hídrica, sob condições preestabelecidas.

MATERIAL E MÉTODOS

Utilizou-se um solo da unidade de mapeamento São Jerônimo, classificado como Podzólico Vermelho-Amarelo abrupto distrófico petroférico (Brasil, 1973), franco-arenoso, com declividade média de 7,5%. A área experimental, localizada na Estação Experimental Agrônômica da UFRGS, no município de Guaíba (RS), estivera em pousio de junho de 1979 a junho de 1982, quando foi arada e gradeada. A partir dessa data, realizaram-se gradagens periódicas até novembro do mesmo ano. Em dezembro, a área foi novamente arada e gradeada. Em janeiro de 1983, repetiu-se a gradagem por duas vezes, e novamente em fevereiro. Todas essas operações de preparo do solo — cuja finalidade foi eliminar a vegetação espontânea e raízes existentes na área e deixar o solo bastante trabalhado — foram realizadas no sentido transversal ao declive, para evitar maior erosão do solo pelas chuvas naturais. No início de março de 1983, a área foi novamente arada e gradeada, porém no sentido do declive. Cada uma das oito parcelas experimentais, sem repetição de tratamentos, apresentava 11,0 m de comprimento por 3,5 de largura, tendo sido delimitada por chapas galvanizadas e uma calha coletora da enxurrada na sua parte inferior, conforme recomendação do I Encontro Nacional sobre Pesquisa de Erosão com Simuladores de Chuva (Brasil, 1975). Pouco antes da aplicação das chuvas simuladas, em fins de março de 1983, as parcelas foram novamente gradeadas, no sentido do declive, para a aplicação dos tratamentos principais. Estes, consistiram em resíduos culturais de milho, trigo e soja, coletados logo após a colheita, espalhados

uniformemente sobre superfície de solo recém-gradeada, nas quantidades de 0 (tratamento controle), 500, 1.000, 2.000, 4.000, 6.000, 8.000 e 10.000 kg/ha, as quais forneceram porcentagens de cobertura do solo de 0 a 100. Antes da aplicação de cada chuva simulada, o valor da cobertura do solo por resíduo cultural foi determinado pelo método fotográfico, descrito por Mannering (in Lopes, 1984). A umidade do solo foi calculada gravimetricamente, dividindo-se a massa de água da amostra pela massa de partículas. Aplicaram-se chuvas simuladas em cada tratamento de resíduo cultural, utilizando-se o aparelho simulador de chuvas de braços rotativos, com duração de uma hora e intensidade constante de 64,0 mm/h. As chuvas foram primeiramente aplicadas nas parcelas com o resíduo cultural de milho, seguindo a ordem crescente dos níveis de cobertura. Completados os testes, esse resíduo foi retirado manualmente, para que as parcelas perdessem umidade. Dias depois, quando o solo se encontrava com a umidade atual semelhante à registrada no início dos testes, as parcelas foram novamente gradeadas, similarmente ao tratamento com o resíduo cultural de milho, espalhando-se o resíduo cultural de trigo para aplicar a outra série de chuva. Procedimento idêntico foi empregado para o resíduo cultural de soja. Dessa forma, as mesmas parcelas utilizadas com dada dose de um resíduo cultural foram também adotadas para os demais. Isso se deveu à limitação de espaço na área experimental, para estabelecimento das vinte e quatro parcelas idealmente necessárias. Durante a aplicação das chuvas, efetuaram-se amostragens da enxurrada em intervalos regulares de três em três minutos, para determinação das taxas instantâneas de descarga e concentração de sedimentos. A taxa instantânea de perda de solo foi determinada, multiplicando-se a taxa instantânea de enxurrada pela da concentração de sedimentos. Pelo somatório das taxas instantâneas de perdas de solo, obteve-se a erosão total da parcela, sendo a mesma posteriormente convertida para perda de solo por unidade de área. Para a realização do presente trabalho, considerou-se apenas a perda total de solo ocorrida durante os vinte minutos finais de chuva. Esse procedimento foi adotado tendo em vista que, nesse período de ocorrência da chuva, assumiu-se que outros fatores de solo, que não a cobertura vegetal, tais como umidade atual, porosidade total da camada arada e rugosidade superficial, os quais poderiam estar influenciando diferentemente no processo erosivo, teriam em grande parte igualado sua intensidade de ação. Isso porque, segundo Burwell et alii (1966), tais fatores se manifestam com maior intensidade durante o período que antecede a enxurrada. O fator cobertura vegetal morta para cada resíduo cultural estudado foi determinado, dividindo-se a perda total de solo observada sob determinada porcentagem de cobertura pela perda de solo obtida no tratamento sem cobertura (tratamento controle), como sugerido por Cogo (1981). Maiores detalhes sobre este experimento são encontrados em Lopes (1984).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Relação entre quantidade de resíduo cultural e porcentagem de cobertura do solo

A relação entre quantidade de resíduo cultural e sua equivalente porcentagem de cobertura do solo é mostrada na figura 1a, para os resíduos culturais de milho, trigo e soja, espalhados uniformemente sobre a superfície do solo. O aumento na quantidade de resíduo cultural elevou a porcen-

tagem de cobertura do solo nos três tipos de resíduos. Para uma mesma quantidade desse resíduo, a resteva de trigo foi um pouco mais eficaz na cobertura do solo do que a resteva de milho, e ambas mais do que a de soja. Resultados semelhantes foram encontrados por Wischmeier (1973), Laflen (1981) e Cogo (1981). Observa-se ainda que a taxa de aumento na porcentagem de cobertura do solo decresceu com o aumento da quantidade dos resíduos culturais, especialmente a partir de 4.000 kg/ha. Isso se deve à maior sobreposição, naturalmente ocorrida, das peças dos resíduos culturais nas dosagens mais altas, no momento em que foram espalhados manualmente sobre a superfície do solo. Dessa forma, torna-se importante a distribuição uniforme dos resíduos culturais, para maior êxito na proteção ao solo, principalmente para as pequenas quantidades de massa.

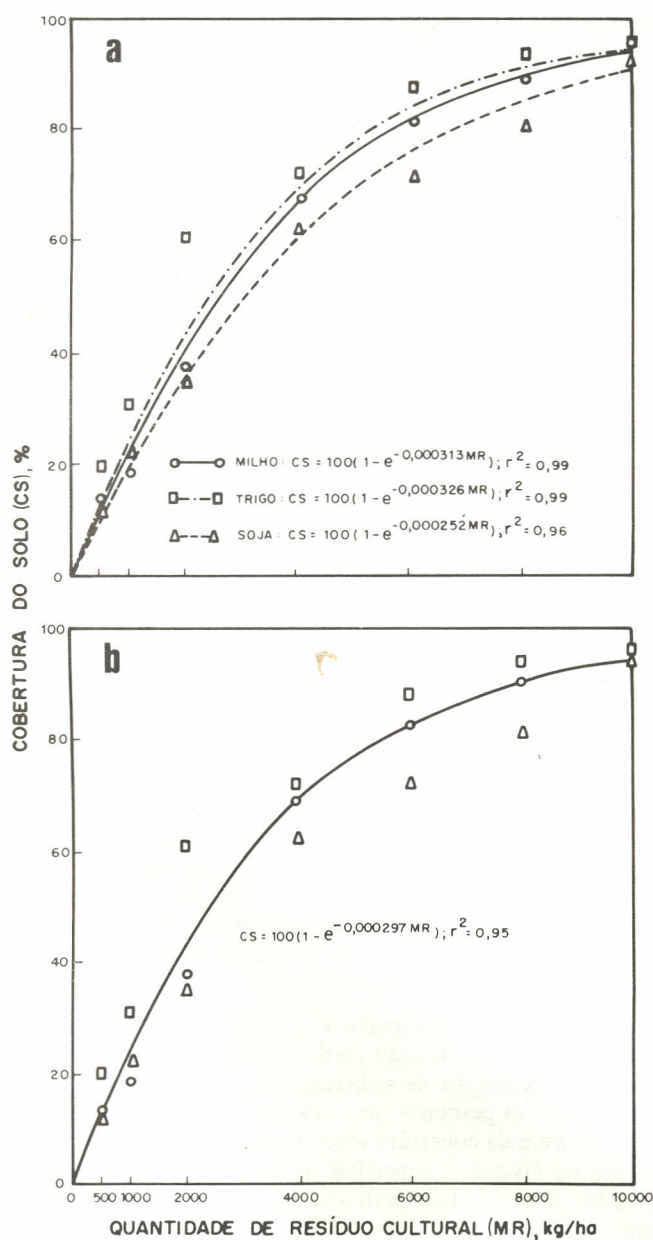


Figura 1. Relação da porcentagem de cobertura do solo com a quantidade de cada resíduo cultural (a) e para a média dos três resíduos (b).

Assim, como se vê na figura 1a, dosagens próximas a 2.000 kg/ha foram suficientes para cobrir ao redor de 40% a superfície do solo.

Os fatores que determinam as diferenças na porcentagem de cobertura do solo entre os resíduos culturais são: tipo, forma, quantidade, estágio de decomposição, maneira de distribuição sobre a superfície e método de preparo do solo. Os tipos de resíduos culturais estudados diferem entre si quanto à forma e densidade. O resíduo cultural de milho é constituído de peças mais grossas, como pedaços de colmo e palha da espiga. O de trigo, de peças finas e compridas, apresentando maior volume do que os demais tipos, em relação à mesma quantidade de massa. O de soja, de pequenos ramos desfolhados, devido ao fácil desprendimento das folhas e a rápida decomposição (pobres em lignina). Assim, os resíduos culturais estudados possuem características que os diferenciam quanto à capacidade em cobrir mais ou menos a superfície do solo. Desse modo, a quantidade de resíduo cultural disponível e a forma como este é manejado é muito importante na manutenção de uma adequada cobertura do solo nos diversos métodos de preparo (Cogo, 1981).

Na figura 1b, encontra-se a curva para a média dos três tipos de resíduos, obtida de uma única análise de regressão com todos os pontos observados: seu comportamento é semelhante ao das curvas individuais, porém o valor do coeficiente que determina o declive de curva difere um pouco daqueles dos coeficientes das curvas individuais (Figura 1a).

Relação entre perdas de solo e porcentagem de cobertura por resíduos culturais

No que diz respeito às perdas de solo entre os tratamentos (Figura 2a), verifica-se que o aumento na porcentagem de cobertura do solo reduziu acentuadamente as perdas por erosão, principalmente nos níveis com até 40% de cobertura. Esses dados concordam com os obtidos por Wischmeier (1973), Meyer et alii (1970) e Cogo (1981). Isso se deve à proteção da superfície do solo que o resíduo cultural oferece contra o impacto direto das gotas da chuva, bem como à diminuição da velocidade do escoamento superficial da água e, conseqüentemente, da sua capacidade de transporte. Em adição, o resíduo cultural serve como uma barreira física para o aprisionamento das partículas de solo desagregadas, causando-lhes a deposição e, conseqüentemente, reduzindo a erosão.

Comparando as perdas de solo entre os três tipos de resíduos culturais (Figura 2a), verifica-se que a maior perda absoluta ocorreu no tratamento com o de milho, seguida do tratamento com o de trigo e, por último, com o de soja. Contudo, não se pode utilizar esses dados como estão apresentados para a avaliação da eficácia relativa dos resíduos culturais na redução da erosão. Esse tipo de avaliação deve ser feito, utilizando-se o fator cobertura vegetal morta, como se verá adiante. As diferenças nas perdas absolutas de solo ocorridas entre os resíduos culturais, principalmente aquelas verificadas no tratamento controle (zero por cento de cobertura), foram possivelmente devidas às diferenças constatadas visualmente nas condições físicas de superfície, induzidas pela maneira como as parcelas experimentais foram preparadas (ver Material e Métodos). Dessa forma, no momento em que se aplicou o primeiro teste de chuva (correspondente ao resíduo cultural de milho), observou-se que a superfície se apresentava bastante desagregada: as

partículas de solo, estavam, em grande parte, já prontamente disponíveis para o transporte pela enxurrada, resultando em maior perda absoluta de solo. Para a aplicação da chuva nos tratamentos com o resíduo cultural de trigo, foi retirado o de milho manualmente, das parcelas, e estas foram gradeadas apenas uma vez, repetindo-se a operação para o resíduo cultural de soja. Assim, pode-se inferir que as diferenças nas perdas absolutas de solo ocorridas sob zero por cento de cobertura (tratamentos controles), foram devidas aos diferentes graus de pulverização da camada arada e ao aumento do grau de consolidação da superfície, à medida que as chuvas subseqüentes foram sendo aplicadas. Certamente, parte desse efeito foi também transferido para as parcelas com os demais níveis de cobertura. Porém, como já referido, esses resultados não devem ser diretamente utilizados para estabelecer a eficácia relativa dos três tipos de resíduos culturais na redução da erosão. Como se verá, através do fator cobertura vegetal morta, a eficácia relativa de tais resíduos apresentou comportamento completamente inverso, sendo esta, porém, a maneira correta de expressar sua eficácia relativa na redução da erosão.

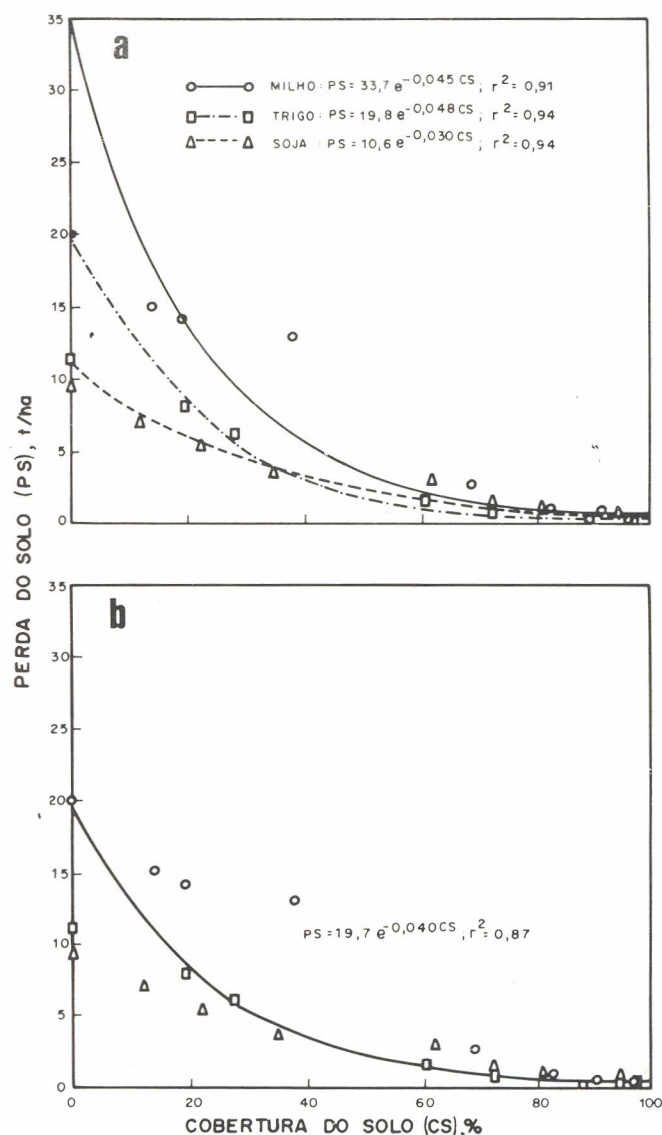


Figura 2. Relação da perda de solo ocorrida durante os vinte minutos finais de chuva com a cobertura do solo de cada resíduo cultural (a) e para a média dos três resíduos (b).

Na figura 2b, observa-se a curva para a média dos três tipos de resíduos culturais, originada de uma única análise de regressão com todos os pontos observados: seu comportamento foi semelhante ao das curvas individuais, porém o valor do coeficiente que determina seu declive difere um pouco dos valores dos coeficientes das curvas individuais (Figura 2a).

Para condições similares de chuva, tipo de solo e relevo, o efeito da cobertura do solo na redução da erosão é influenciado pelo tipo de resíduo cultural, percentagem de cobertura do solo, manejo do resíduo e tipo de preparo do solo, o qual tem grande influência nas condições físicas da superfície. Deve-se ter muito cuidado, portanto, na interpretação de dados de perda de solo, levando-se em conta somente a percentagem de cobertura vegetal, devido a sua inter-relação com outras variáveis que podem estar presentes, aparentemente não influenciando o processo erosivo.

Relação do fator cobertura vegetal morta com a percentagem de cobertura do solo por resíduos culturais

O fator cobertura vegetal morta mostra a relação entre a perda de solo observada sob dada percentagem de cobertura e a perda sob zero por cento de cobertura (tratamento controle). Essa relação foi feita para cada um dos três tipos de resíduo cultural. As curvas obtidas por regressão encontram-se nas figuras 3a e 3b, utilizando-se os dados de perda de solo mostrados nas figuras 2a e 2b respectivamente.

O resíduo cultural de trigo mostrou-se um pouco mais eficaz na redução das perdas de solo do que o de milho (Figura 3a), enquanto o de soja se mostrou o menos eficaz. Esses resultados concordam com os obtidos por Wischmeier (1973), Laflen (1981) e Cogo (1981). Isso ocorreu em vista de os resíduos culturais de trigo e milho formarem uma barreira física mais eficaz no aprisionamento das partículas de solo do que o de soja, causando maior deposição e, conseqüentemente, controlando melhor a erosão. As diferenças na eficácia relativa dos diferentes tipos de resíduos culturais na redução das perdas de solo são também constatadas pelas diferenças nos valores do coeficiente b da equação $FCV = e^{-bCS}$. Do exposto, pode-se verificar que a eficácia relativa da cobertura do solo por resíduos culturais varia com o tipo de resíduo, sendo também fortemente influenciada pelas interações com as condições físicas de superfície, notadamente a rugosidade superficial e o grau de pulverização da camada arada. O efeito da cobertura do solo também é mais acentuado nas percentagens mais baixas (40 a 50), a partir da qual os resultados diferem pouco entre si. Pelas curvas da figura 3a, verifica-se que 20% de cobertura do solo com os resíduos culturais de trigo e milho reduziu a erosão aproximadamente 60%, enquanto com o de soja essa redução foi ao redor de 40%.

A rugosidade da superfície é outro fator muito importante a considerar na redução da erosão, principalmente em baixas percentagens de cobertura do solo. Sugere-se, portanto, que em pesquisas futuras sejam medidos outros parâmetros, além da cobertura vegetal, que melhor descrevam as condições físicas de superfície induzidas pelos métodos de preparo do solo. Isso permitirá melhor avaliação de cada fator separadamente.

A figura 3b mostra a curva obtida para a média dos três tipos de resíduos culturais, originada de uma única análise de regressão com todos os pontos observados: seu comportamento foi semelhante ao das curvas individuais, porém o

valor do coeficiente que determina seu declive difere um pouco dos valores dos coeficientes das curvas individuais.

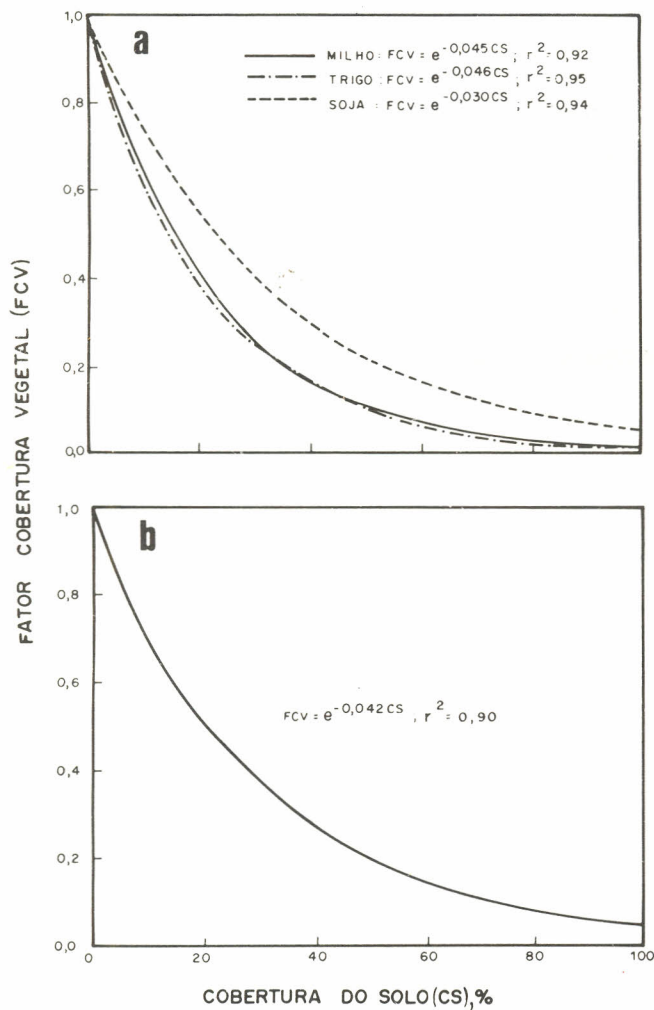


Figura 3. Relação do fator cobertura vegetal morta com a porcentagem de cobertura do solo para cada resíduo cultural (a) obtida com os dados da perda de solo ocorrida durante os vinte minutos finais de chuva e para a média dos três resíduos (b) obtida com os dados da perda de solo ocorrida durante os vinte minutos finais de chuva.

CONCLUSÕES

Os resultados permitem concluir que, para uma mesma quantidade de massa, os resíduos culturais aplicados apresentaram a seguinte ordem decrescente de porcentagem de cobertura do solo: trigo-milho-soja; dosagens de resíduo cultural de 3.000 kg/ha foram, em média, suficientes para cobrir a superfície do solo em até 50%; o aumento na porcentagem de cobertura do solo diminuiu acentuadamente as perdas absolutas de solo por erosão nos três tipos de resíduos culturais, principalmente nos níveis com até 40% de cobertura; o resíduo cultural de trigo mostrou-se um pouco mais eficaz na redução das perdas de solo do que o de milho, e os dois bem mais do que o de soja, porém todos os resíduos foram altamente eficazes no controle da erosão hídrica; índices de cobertura do solo de apenas 20% foram suficientes para reduzir as perdas de solo em 40 a 60%, em relação às perdas totais ocorridas sob solo descoberto; e, a cobertura

do solo com resíduos culturais mostrou-se uma prática simples e eficaz no controle da erosão hídrica.

AGRADECIMENTOS

Aos Engenheiros-Agrônomos Elemer Antonino Cassol e Mara Denise de Azambuja, respectivamente Professor do Departamento de Solos da UFRGS e Pesquisadora do IPRNR da Secretaria da Agricultura do Estado do Rio Grande do Sul, pelas valiosas sugestões e acompanhamento nos trabalhos de campo. Às equipes de apoio à pesquisa em conservação do solo do IPRNR da Secretaria da Agricultura do Estado do Rio Grande do Sul e do Departamento de Solos da UFRGS, especialmente a Charles Robert Svendsen, Carlos Alberto Rockenbach e José Alberto Cardoso do Prado, pela colaboração nos trabalhos de campo. À Estação Experimental Agronômica da UFRGS, onde foi realizado o presente trabalho, pelas facilidades concedidas.

LITERATURA CITADA

- BRASIL. Ministério da Agricultura. Levantamento de reconhecimento dos solos do Rio Grande do Sul. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisas Pedológicas. Recife, 1973. 431p. (Boletim 30)
- BRASIL. Recomendações gerais do encontro para uso do simulador de chuva em pesquisa de conservação do solo no Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PESQUISA DE EROSIÃO COM SIMULADORES DE CHUVA, 1., Londrina, 1975. Londrina, IAPAR, EMBRAPA, 1975. p.107-120.
- BURWELL, R.E.; ALLMARAS, R.R. & SLONEKER, L.L. Structural alteration of soil surface by tillage and rainfall. J. Soil. Wat. Cons., Ankeny, 21:61-63, 1966.
- COGO, N.P. Effect of residue cover, tillage-induced roughness, and slope length on erosion and related parameters. West Lafayette, Indiana, Purdue University, 1981. 346p. (Tese de Doutorado)
- ELTZ, F.L.F. Perdas por erosão sob precipitação natural em diferentes manejos de solo e coberturas vegetais. I. Solo da unidade de mapeamento São Jerônimo: primeira etapa experimental. Porto Alegre, RS, UFRGS, 1977. 97p. (Tese de Mestrado)
- KIDDER, E.H.; STAUFFER, R.S. & DOREN, C.A. van. Effect on infiltration of surface mulches of soybean residue, corn stover and wheat straw. Agric. eng., Michigan, 24:155-159, 1943.
- LAFLEN, J.M. Residue coverage - residue weight relationships. Iowa State University, 1981. 8f. (Monografia)
- LOPES, P.R.C. Relações da erosão com tipos e quantidades de resíduos culturais espalhados uniformemente sobre o solo. Porto Alegre, RS, UFRGS, 1984. 119p. (Tese de Mestrado)
- MANNERING, J.V. & MEYER, L.D. The effect of different methods of cornstalk residue management on runoff and erosion as evaluated by simulated rainfall. Proc. Soil Sci. Soc. Am., Madison, 25:506-510, 1961.
- MEYER, L.D.; WISCHMEIER, W.H. & FOSTER, G.R. Effect of various rates of surface mulch on infiltration and erosion. Proc. Soil Sci. Soc. Am., Madison, 27:84-86, 1970.
- SARAIVA, O.F. Perdas por erosão sob precipitação natural em diferentes manejos de solo e coberturas vegetais. I. Solo da unidade de mapeamento São Jerônimo, - segunda etapa experimental. Porto Alegre, RS, UFRGS, 1978. 126p. (Tese de Mestrado)
- VIEIRA, M.J. Perdas por erosão sob diferentes sistemas de preparo do solo para a cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merr.) em condições de chuva simulada. Porto Alegre, RS, UFRGS, 1977. 108p. (Tese de Mestrado)
- WISCHMEIER, W.H. Conservation tillage to control water erosion. In: NATIONAL CONSERVATION TILLAGE CONFERENCE, Ankeny, 1973. Proceedings. Ankeny, Soil Conservation Society of America, 1973. p.133-141.