

pe-ok

INFLUÊNCIA DA COBERTURA VEGETAL MORTA NA REDUÇÃO DA VELOCIDADE DA ENXURRADA E NA DISTRIBUIÇÃO DE TAMANHO DOS SEDIMENTOS TRANSPORTADOS⁽¹⁾

P. R. C. LOPES⁽²⁾, N. P. COGO⁽³⁾ & E. A. CASSOL⁽⁴⁾

RESUMO

O efeito da porcentagem de cobertura do solo com resíduos culturais na redução da velocidade do escoamento superficial da água e distribuição de tamanho dos sedimentos erodidos, foi avaliado em condições de chuva simulada, na Estação Experimental Agrônômica da UFRGS, em Guaíba (RS). A área utilizada para o estudo encontra-se em solo franco-arenoso (Podzólico Vermelho-Amarelo-distrófico abrupto petroférico), com 7,5% de declividade. Os tratamentos principais consistiram em resíduos culturais de milho, trigo e soja, espalhados uniformemente sobre superfície de solo preparada convencionalmente, em porcentagens de cobertura do solo de 0 a 100%. Independente do tipo de resíduo cultural utilizado, o aumento na porcentagem de cobertura do solo diminuiu acentuadamente a velocidade do escoamento superficial da água, com a resteva de trigo mostrando-se mais eficaz. A porcentagem de sedimentos de maior tamanho transportados na enxurrada e os valores do índice D_{50} diminuíram com o aumento da porcentagem de cobertura do solo em todos os tipos de resíduos culturais estudados, e cresceram com o aumento da velocidade do escoamento superficial da água.

Termos de indexação: Erosão hídrica, cobertura vegetal morta, enxurrada; velocidade, escoamento superficial; tamanho dos sedimentos na enxurrada.

SUMMARY: INFLUENCE OF CROP RESIDUE MULCH ON WATER FLOW VELOCITY AND SIZE DISTRIBUTION OF ERODED SOIL SEDIMENTS

The effect of the percentage of soil cover with crop residue mulch on the reduction of the water flow velocity and on the size distribution of eroded soil sediments, was investigated under field conditions using simulated rainfall. The experiment was carried out at the Agronomic Experimental Station of the Universidade Federal do Rio Grande do Sul, in Guaíba, State of Rio Grande do Sul, Brazil. The soil used in the experiment was a São Jerônimo sandy loam (Paleudult) with 7.5% slope. The main treatments consisted of crop residue mulch of corn, wheat, and soybeans evenly spread over a recently, conventionally tilled soil surface. The proportion of mulch varied from zero to 100% soil cover for each treatment. The increase in the percentage of soil cover with mulch resulted in a decrease in the water flow velocity, regardless of residue type. The percentage of larger size sediments transported in the runoff water and the values of the D_{50} index decreased with the increase in soil cover for all residue types, and increased with the increase in the water flow velocity.

Index terms: Water erosion, crop residue mulch, runoff velocity, size of sediments in the runoff water.

(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 de Agricultura do Rio Grande do Sul, com recursos parciais da FINEP. Recebido para publicação em dezembro de 1986 e aprovado em abril de 1987.

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

(3) Professor Adjunto do Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia da UFRGS. Caixa Postal 776, 90001 Porto Alegre (RS). Bolsista do CNPq.

(4) Engenheiro-Agrônomo, pesquisador em solos do IPRNR - Sec. Agric./RS e Professor do Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia da UFRGS, Porto Alegre (RS).

INTRODUÇÃO

A utilização do solo para exploração de culturas anuais, em geral, vem sendo feita inadequadamente no que diz respeito às práticas de manejo do solo, ocasionando um acentuado depauperamento das terras agrícolas pela erosão. Dessa forma, é de grande importância fazer uma estimativa da quantidade de sedimentos produzidos pela erosão em determinada área, bem como conhecer suas características físicas para uma adequada seleção de práticas de manejo, visando ao controle da erosão e poluição das águas.

A quantidade e o tamanho dos sedimentos transportados na enxurrada são função da velocidade do escoamento superficial da água e sua turbulência, os quais, por sua vez, são influenciados pela rugosidade superficial, declividade e cobertura do solo. O agente de transporte mais importante no processo de erosão hídrica é o escoamento superficial da água (Meyer & Wischmeier, 1969). O aumento da porcentagem de cobertura do solo por resíduo cultural diminui acentuadamente a velocidade desse escoamento, pois o resíduo serve como uma barreira física, aumentando a tortuosidade do fluxo e impedindo que a água escoe livremente (Meyer & Mannering, 1971).

Os sedimentos erodidos são normalmente constituídos de partículas primárias individualizadas (areia, silte e argila) e partículas secundárias (agregados de partículas primárias) (Swanson et alii, 1965). A distribuição dos sedimentos transportados na enxurrada varia de acordo com seu tamanho e com a textura do solo. Os sedimentos originários de solos coesivos são constituídos de partículas primárias e secundárias, enquanto os de solos não coesivos são constituídos principalmente de partículas primárias (Young, 1980).

Os fatores que influenciam as características dos sedimentos erodidos são: tipo do processo erosivo dominante (erosão em sulcos e entressulcos), tipo de solo, condições físicas de superfície, grau e comprimento do declive, tipo de chuva e cobertura do solo por resíduos culturais (Cogo et alii, 1983). Geralmente, o aumento da porcentagem de cobertura do solo por resíduo cultural diminui a velocidade do escoamento superficial da água e, assim, sua capacidade de transportar sedimentos de maior tamanho. O resíduo cultural retém o material mais grosseiro entre as partes que o compõem (Young, 1980). A rugosidade superficial do solo induzida pelo preparo e pelo grau de consolidação da superfície influenciam grandemente a distribuição de tamanho dos sedimentos erodidos (Alberts et alii, 1980; Cogo, 1981).

O objetivo principal deste trabalho foi verificar a influência da cobertura do solo por resíduos culturais de milho, trigo e soja na redução da velocidade do escoamento superficial da água, bem como na distribuição de tamanho dos sedimentos erodidos.

MATERIAL E MÉTODOS

Utilizou-se um solo da unidade de mapeamento São Jerônimo, classificado como Podzólico Vermelho-Amarelo distrófico abrupto petroférico (Lopes, 1984), franco-arenoso, com 7,5% de declividade. O trabalho foi realizado na Estação Experimental Agrônômica da UFRGS, no município de Guaíba (RS), sobre uma área que se encontrava em pousio de junho de 1979 até junho de 1982, quando foi

arada e gradeada. A partir daí, realizaram-se gradagens periódicas até novembro. Em dezembro, a área foi novamente arada e gradeada. Em janeiro e fevereiro de 1983, repetiu-se a gradagem por duas vezes a cada mês. Todas essas operações de preparo do solo tinham a finalidade de eliminar a vegetação espontânea e raízes existentes na área, bem como deixar o solo bastante trabalhado, tendo sido todas realizadas no sentido transversal ao declive para evitar maior erosão causada pelas possíveis chuvas naturais. No início de março de 1983, a área foi novamente arada e gradeada, porém no sentido do declive, conforme filosofia de obtenção do fator C da equação universal de perdas de solo (Wischmeier & Smith, 1978). As parcelas experimentais foram em número de oito, sem repetição de tratamentos; cada uma delas, com 11,0 m de comprimento por 3,5 m de largura, foi delimitada por chapas galvanizadas e uma calha coletora da enxurrada na parte inferior da parcela, conforme recomendações do I Encontro Nacional Sobre Pesquisa de Erosão com Simuladores de Chuva (Brasil, 1975). Imediatamente antes da aplicação dos testes com o simulador de chuva, em fins de março de 1983, as parcelas foram novamente gradeadas, no sentido do declive, para aplicação dos tratamentos principais. Estes consistiram em resíduos culturais de milho, trigo e soja, nas dosagens de 0; 0,5; 1,0; 2,0; 4,0; 6,0; 8,0 e 10,0 t/ha, espalhados uniformemente sobre a superfície recém-gradeada. Os níveis equivalentes de cobertura, obtidos pelo método fotográfico descrito por Mannering (in Lopes, 1984), variaram de 0 a 100%. A umidade do solo antecedente às chuvas aplicadas foi determinada gravimetricamente.

Aplicou-se uma chuva simulada para cada tipo e dose de resíduo cultural, utilizando o aparelho simulador de chuva de braços rotativos, com duração de uma hora e intensidade constante de 64,0 mm/h, perfazendo um total de vinte e quatro chuvas. As chuvas foram primeiramente aplicadas nas parcelas com o resíduo cultural de milho, seguindo a ordem crescente dos níveis de cobertura. Completados os testes, o resíduo foi retirado manualmente das parcelas, para que estas perdessem o excesso de umidade. Dias depois, quando o solo se encontrava com a umidade semelhante à existente no início dos testes, as parcelas foram gradeadas da mesma forma como feito para o resíduo cultural de milho, e espalhou-se o de trigo, para aplicar-se outra série de chuvas. Procedimento idêntico foi utilizado para o resíduo cultural de soja. Assim, as mesmas parcelas utilizadas com os níveis de cobertura para um tipo de resíduo cultural foram também adotadas para os demais tipos. Isso se deveu à limitação de espaço na área experimental para locar as 24 parcelas idealmente necessárias.

Durante a aplicação das chuvas, a velocidade do escoamento superficial da água foi medida, cronometrando-se o tempo de deslocamento de um corante (azul-de-metileno a 5%) ao longo de um segmento de 6,0 m sobre a parcela. Dividindo-se a distância percorrida pelo tempo gasto no percurso, obteve-se a velocidade do escoamento superficial da água. Aos 50 minutos a partir do início de cada chuva, coletaram-se amostras diretamente da enxurrada para determinar a distribuição de tamanho dos sedimentos erodidos. Um conjunto de quatro peneiras de 13 cm de diâmetro e 5 cm de altura, com abertura de malha de 2,00; 1,00; 0,50 e 0,250 mm, foi acoplado a um balde plástico com capacidade de aproximadamente 2,5 litros, através de um suporte metálico. Esse conjunto foi colocado embaixo do fluxo da enxurrada, por alguns segundos, até encher o balde. O material retido em cada peneira foi transferido para latas

de alumínio, identificado, levado ao laboratório e posto a secar em estufa a 105°C. O material que passou pela peneira de 0,250 mm foi guardado em um balde plástico para posterior fracionamento; no laboratório, foi agitado e passado em um conjunto de três peneiras com abertura de malha de 0,105; 0,053 e 0,037 mm. Os sedimentos retidos em cada peneira foram colocados em latas de alumínio, identificados e postos a secar em estufa a 105°C. Ao material que passou pela peneira de 0,037 mm, adicionou-se 1,0 ml de solução de alúmen de potássio a 2%, para que as partículas sólidas precipitassem; o sobrenadante foi aspirado e o material sólido transferido para latas de alumínio, identificado e levado à estufa a 105°C. A fração dos sedimentos em cada classe de tamanho foi calculada, dividindo-se o peso seco dos sedimentos em cada classe de tamanho pelo peso seco total, e multiplicando-se por 100 para expressar o resultado em porcentagem. Conhecendo as porcentagens de sedimentos nas diversas classes de tamanho, determinou-se o índice D_{50} : ele expressa o tamanho no qual 50% dos sedimentos são maiores e 50% são menores do que o referido tamanho (Cogo et alii, 1983). Em um gráfico (Figuras 3 a 5), no qual a porcentagem acumulada de sedimentos está na ordenada e as classes de tamanho na abscissa, plotaram-se os pontos correspondentes a cada tratamento e traçaram-se as curvas de distribuição de tamanho dos sedimentos. Da porcentagem de sedimentos (na ordenada) correspondente a 50%, traçou-se uma linha horizontal até o ponto em que ela interceptasse cada curva e, posteriormente, descendo-se verticalmente até as classes de tamanho (na abscissa), obteve-se o valor D_{50} . O tamanho de sedimentos que coincidia com a linha baixada verticalmente, da curva até a abscissa, correspondia ao índice D_{50} . Maiores detalhes sobre este experimento são encontrados em Lopes (1984).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Velocidade do escoamento superficial da água

O efeito da porcentagem de cobertura do solo por resíduo cultural sobre a velocidade do escoamento superficial da água é mostrado na figura 1. O aumento da porcentagem de cobertura do solo, independente do tipo de resíduo

utilizado, diminuiu acentuadamente a velocidade do escoamento superficial da água, concordando com os dados encontrados por Mannering & Meyer (1961), Meyer & Mannering (1963), Cogo (1981) e Laflen & Colvin (1981). Isso se deve a que o resíduo cultural, em contato direto com a superfície do solo, atua como uma barreira física ao livre escoamento da enxurrada, aumentando a tortuosidade do fluxo e permitindo-lhe que se acumule mais uniformemente. Assim, quanto maior a quantidade de resíduo cultural sobre a superfície, maior a redução da velocidade da enxurrada, o que é desejável no controle da erosão hídrica.

Comparando os resultados entre os tipos de resíduos culturais estudados, nota-se que, para porcentagens similares de cobertura do solo, a velocidade do escoamento superficial da água foi menor no tratamento com o resíduo cultural de trigo, enquanto os de milho e soja mostraram efeitos semelhantes. Isso deve ter ocorrido por apresentar o resíduo cultural de trigo maior quantidade de peças constituintes do que os demais tipos, para porcentagens similares de cobertura do solo, fazendo com que esse tipo de resíduo tenha maior área de contato com a superfície do solo, tornando-o mais eficaz na redução da velocidade da enxurrada.

O aumento da velocidade do escoamento superficial da água é favorecido por determinadas condições, como aumento do grau e comprimento do declive, ausência de resíduo cultural na superfície do solo e presença e direção das marcas deixadas por máquinas e implementos agrícolas utilizados no preparo do solo. A rugosidade superficial do solo apresenta grande importância na redução da velocidade do escoamento superficial da água; portanto, seu efeito interativo com a cobertura vegetal do solo assume grande importância na redução da capacidade de transporte da enxurrada e, conseqüentemente, no controle da erosão.

Na figura 2 é apresentada uma curva média para os três tipos de resíduos culturais estudados, obtida 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 lhe determina o declive difere um pouco dos coeficientes das curvas individuais (Figura 1).

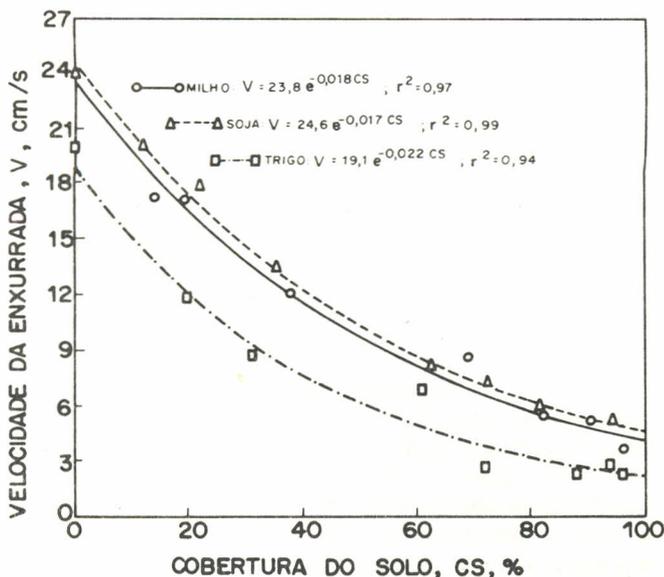


Figura 1. Relação da velocidade do escoamento superficial da água com a porcentagem de cobertura do solo por resíduo cultural.

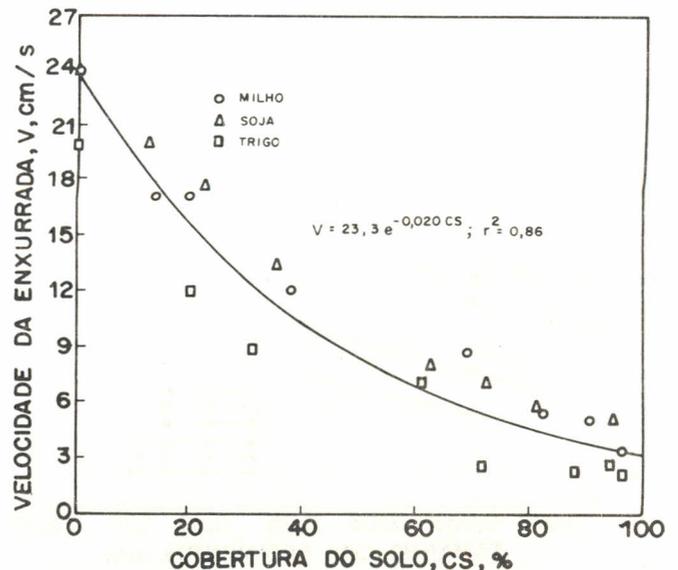


Figura 2. Relação da velocidade do escoamento superficial da água com a porcentagem de cobertura do solo por resíduo cultural (média para os três resíduos estudados).

Distribuição de tamanho dos sedimentos erodidos

As curvas de distribuição da porcentagem acumulada dos sedimentos erodidos nas diferentes classes de tamanho, em relação à porcentagem de cobertura do solo com os resíduos culturais estudados, são mostradas nas figuras 3 a 5. De modo geral, o aumento da porcentagem de cobertura do solo diminuiu a porcentagem de sedimentos de maior tamanho, em relação aos de menor tamanho, concordando com Young (1980) e Cogo et alii (1983). Isso se deve a que o resíduo cultural sobre a superfície serve como uma barreira física, retendo entre suas partes constituintes os sedimentos de maior tamanho, que, de outra forma, seriam transportados pela enxurrada. Adicione-se a esse fato o de que, com o aumento da cobertura do solo, diminui a velocidade da enxurrada e, conseqüentemente, sua capacidade de transporte.

De acordo com Alberts et alii (1980), a porcentagem de material grosseiro transportado na enxurrada decresce

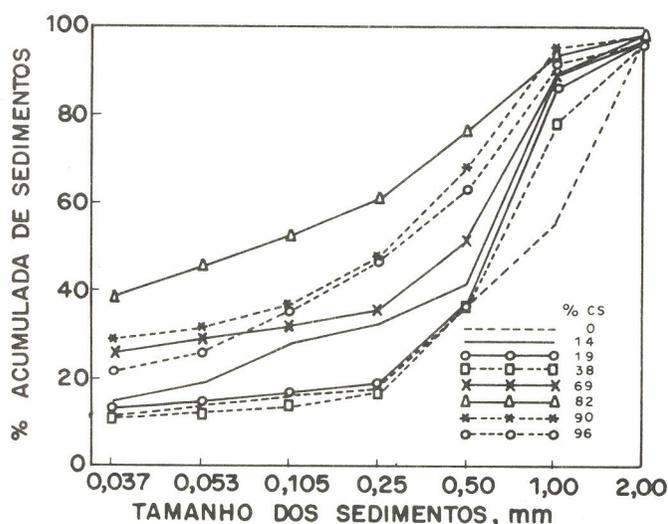


Figura 3. Distribuição de tamanho dos sedimentos erodidos aos 50 minutos de ocorrência da chuva, nos tratamentos de cobertura do solo (CS) com o resíduo cultural de milho.

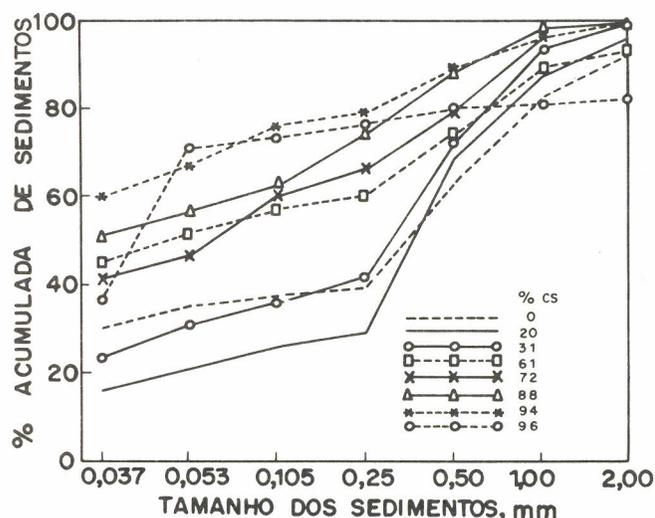


Figura 4. Distribuição de tamanho dos sedimentos erodidos aos 50 minutos de ocorrência da chuva, nos tratamentos de cobertura do solo (CS) com o resíduo cultural de trigo.

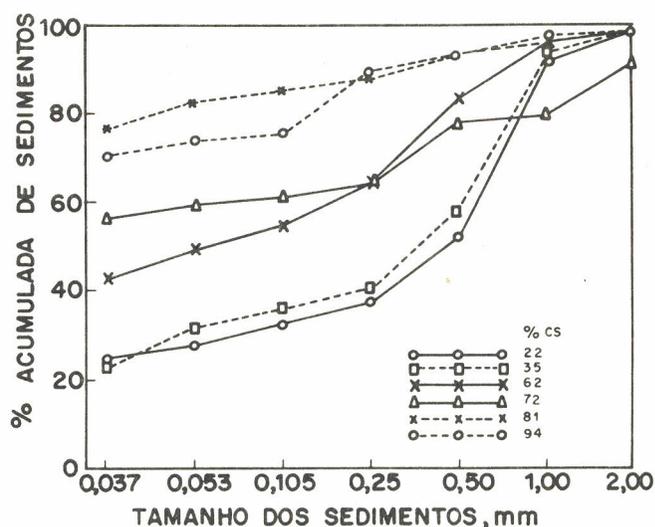


Figura 5. Distribuição de tamanho dos sedimentos erodidos aos 50 minutos de ocorrência da chuva, nos tratamentos de cobertura do solo (CS) com o resíduo cultural de soja.

com o aumento da cobertura do solo, aumentando sobretudo a porcentagem de material mais fino. Comparando as curvas nas figuras 3 a 5, nota-se que seu comportamento foi bastante semelhante para os três tipos de resíduos culturais estudados; contudo, os tratamentos com os resíduos culturais de trigo (Figura 4) e soja (Figura 5) mostraram maior tendência em diminuir a porcentagem de sedimentos maiores, com o aumento da cobertura do solo. Vários fatores influem na redução de tamanho dos sedimentos erodidos. Entre eles, os mais importantes são o grau de pulverização da camada arada, a rugosidade superficial do solo e a cobertura do solo por resíduo cultural. Assim, a maneira como as parcelas experimentais foram preparadas, tanto no início dos testes de chuva quanto no intervalo de uma série de chuva para outra (especificado em Material e Métodos), possivelmente tenha tido alguma influência nos resultados obtidos. Todavia, visto que a rugosidade superficial diminui com o tempo e aumento das operações de preparo do solo, a importância relativa da cobertura no aprisionamento dos sedimentos erodidos aumenta com as chuvas subsequentes.

Índice D_{50}

O efeito da porcentagem de cobertura do solo pelos resíduos culturais estudados sobre o índice D_{50} é mostrado na figura 6. De modo geral, houve uma tendência nítida de diminuir-lhe o valor com o aumento da porcentagem da cobertura do solo. Esse valor depende da distribuição de tamanho dos sedimentos erodidos. Quanto maior a porcentagem de sedimentos maiores, maior o índice D_{50} . Portanto, os mesmos fatores que influenciaram o comportamento das curvas de distribuição de tamanho dos sedimentos erodidos, certamente influenciaram os valores de tal índice.

O efeito da velocidade do escoamento superficial da água sobre o índice D_{50} é mostrado na figura 7. De modo geral, houve uma tendência nítida de aumento nos valores desse índice com o aumento da velocidade do escoamento superficial da água, nos três tipos de resíduos culturais. Isso se deve a que o aumento da velocidade do escoamento superficial da água aumenta sua capacidade de transportar os sedimentos de maior tamanho, aumentando, assim, o valor do índice D_{50} .

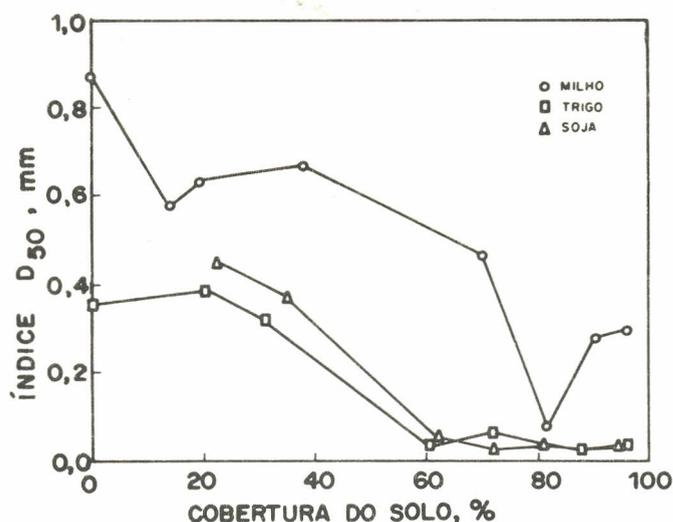


Figura 6. Relação do índice D₅₀, determinado aos 50 minutos de decorrência da chuva, com a porcentagem de cobertura do solo por resíduo cultural.

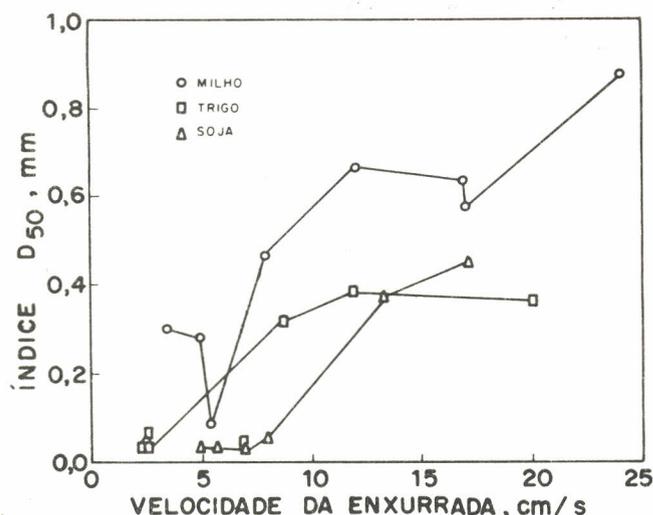


Figura 7. Relação do índice D₅₀, determinado aos 50 minutos de decorrência da chuva, com a velocidade do escoamento superficial da água nos tratamentos estudados.

CONCLUSÕES

Os resultados encontrados permitem concluir que:

O aumento da porcentagem de cobertura do solo por resíduos culturais diminuiu acentuadamente a velocidade do escoamento superficial da água, independente do tipo de resíduo cultural utilizado, tendo, no entanto, a resteva de trigo mostrado maior eficácia.

O aumento da cobertura do solo mostrou tendência de diminuir a porcentagem de sedimentos de maior tamanho em relação aos de menor tamanho.

O aumento da cobertura do solo mostrou tendência de diminuir os valores do índice D₅₀.

O aumento da velocidade do escoamento superficial da água tendeu a aumentar os valores do índice D₅₀.

E a cobertura do solo por resíduos culturais mostrou-se uma forma simples e eficaz de reduzir a capacidade de transporte dos sedimentos erodidos pela enxurrada.

AGRADECIMENTOS

À UFRGS e FINEP, pelas facilidades e recursos financeiros; aos Eng^{os}-Agr^{os} Renato Levien e Mara Denise de Azambuja, do IPRNR-SA/RS, pela valiosa contribuição na execução da presente pesquisa; às equipes de apoio à pesquisa do IPRNR-SA/RS e do Departamento de Solos da UFRGS, especialmente aos Técnicos Agrícolas José Alberto Cardoso do Prado e Carlos Alberto Rockenbach, respectivamente, pelo auxílio nos trabalhos de campo, e à Estação Experimental Agronômica da UFRGS, pelas facilidades concedidas.

LITERATURA CITADA

- ALBERTS, E.E.; MOLDENHAUER, W.C. & FOSTER, G.R. Soil aggregates and primary particles transported in rill and interill flow. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Madison, 44:590-595, 1980.
- 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 EROSÃO COM SIMULADORES DE CHUVA, 1., Londrina, 1975. Londrina, IAPAR, EMBRAPA, 1975. p. 107-120.
- 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)
- COGO, N.P.; MOLDENHAUER, W.C. & FOSTER, G.R. Effect of crop residue, tillage-induced roughness, and runoff velocity on size distribution of eroded soil aggregates. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Madison, 44:1005-1008, 1983.
- LAFLEN, J.M. & COLVIN, T.S. Effect of crop residue on soil loss from continuous corn cropping. *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, 24:605-609, 1981.
- LOPES, P.R.C. Relações da erosão com tipos e quantidades de resíduos culturais espalhados uniformemente sobre o solo. Porto Alegre, RS, Faculdade de Agronomia-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. & MANNERING, J.V. Crop residue as surface mulches for controlling erosion on sloping land under intensive cropping. *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, 6:322-323, 327, 1963.
- MEYER, L.D. & MANNERING, J.V. The influence of vegetation mulch on soil erosion. In: INTERNATIONAL SEMINAR OF HYDROLOGY PROFESSORS, 3., West Lafayette, Indiana, 1971. Biological effects in hydrological cycle. West Lafayette, Purdue University, 1971. p. 355-366.
- MEYER, L.D. & WISCHMEIER, W.H. Mathematical simulation of the process of soil erosion by water. *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, 12:754-758, 762, 1969.
- SWANSON, N.P.; DEDRICK, A.R. & HAISE, H.R. Evaluation of mulches on water erosion control. *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, 8:438-440, 1965.
- WISCHMEIER, W.H. & SMITH, D.D. Predicting rainfall erosion losses; a guide to conservation planning. Washington, USDA, 1978. 58p. (Agricultural Handbook, 537)
- YOUNG, R. Characteristical of eroded sediment. *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, 23:1139-1146, 1980.