

INFLUÊNCIA DA COBERTURA E DA RUGOSIDADE SUPERFICIAL DO SOLO NA VELOCIDADE DA ENXURRADA E NO DIÂMETRO MÉDIO DOS AGREGADOS NELA CONTIDOS ⁽¹⁾

Júlio César Ramos ⁽¹⁾; Ildegardis Bertol ⁽²⁾; Danieli Schneiders ⁽³⁾; Eduardo Zandonadi Gamba ⁽⁴⁾; Mitsui Shinosaki Tanaka ⁽⁴⁾ & Vinicius Marques ⁽⁵⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos do CNPq.

(1) Bolsista CAPES, UDESC, Lages, SC, CEP 88520-000, julio.ramos.ta@gmail.com (apresentador); (2) Professor Associado, Bolsista CNPq, Depto Solos e Recursos Naturais, Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Lages, SC, Av. Luiz de Camões, 2090, CEP 88520-000, a2ib@cav; (3) Doutoranda do Curso de Pós-Graduação em Ciências Agrárias - Ciência do Solo, Bolsista CAPES, UDESC, Lages, SC, CEP 88520-000; (4) Bolsista de Iniciação Científica do CNPq, UDESC, Lages, SC, CEP 88520-000; (5) Bolsista colaborador, UDESC, Lages, SC, CEP 88520-000.

RESUMO: A cobertura e a rugosidade superficial do solo influenciam a velocidade e o diâmetro dos sedimentos da enxurrada. O objetivo do estudo foi determinar a influência da cobertura e da rugosidade superficial do solo na diminuição da velocidade da enxurrada e do diâmetro médio dos sedimentos transportados por ela (índice D_{50}). Os tratamentos estudados foram: SRA) solo coberto com resíduos culturais de azevém (*Lolium multiflor*); SRE) solo coberto com resíduos culturais de ervilhaca (*Vicia sativa*); SEA) solo escarificado, onde se manteve apenas as raízes da cultura do azevém; SEE) solo escarificado, onde se manteve apenas as raízes da cultura da ervilhaca e SDE) solo sem cultivo, descoberto e escarificado. A pesquisa realizada sob condição de chuva simulada, foi desenvolvida no ano de 2012 em um Cambissolo, em Lages-SC. Aplicou-se em cada tratamento, quatro testes de chuva simulada com intensidade controlada de 65 mm h^{-1} e duração de 90 minutos cada, em parcelas experimentais com área útil de $38,5 \text{ m}^2$. Para a velocidade da enxurrada não houve diferença estatística entre as culturas, porém, os tratamentos cultivados diminuíram a velocidade da enxurrada, quando comparados com o SDE. Além disso, os tratamentos com cobertura por resíduos culturais apresentaram maior persistência na redução da velocidade da enxurrada, ao compará-los aos tratamentos escarificados. Para o índice D_{50} dos sedimentos, os tratamentos com cultivo do solo diminuíram o D_{50} (0,386 mm), comparados ao SDE (1,522 mm). A cultura do azevém, independente do manejo, foi mais eficiente na diminuição do D_{50} comparada à ervilhaca.

Termos de indexação: Erosão hídrica. Chuva simulada. Índice D_{50} .

INTRODUÇÃO

A cobertura do solo por resíduos vegetais tem como principal característica, dissipar a energia cinética das gotas de chuva, as quais, quando impactam diretamente sobre o solo, ocasionam a

desagregação das partículas e o encrostamento da superfície do mesmo (DULEY 1939), diminuindo a infiltração de água no solo, aumento o volume e a energia do escoamento. Além de diminuir o volume da enxurrada, os resíduos diminuem a velocidade do escoamento e aprisionam os sedimentos nos espaços existentes entre suas peças (BERTOL et al., 1987), diminuindo, dessa forma, o diâmetro médio dos agregados transportados pelo escoamento superficial, bem como as perdas de solo (BERTOL et al., 1989).

A rugosidade representa o enrugamento da superfície do solo, sendo caracterizada pelo conjunto das microondulações do terreno ou, mais precisamente, pelas microelevações e microdepressões na superfície, bem como a sua distribuição espacial (CORREA et al., 2012). Devido o revolvimento do solo pelo preparo mecânico, o aumento da rugosidade superficial ocasiona um aumento da porosidade interna do solo (ALLMARRAS et al., 1966), aumentando a infiltração de água (BERTOL, 1989), o armazenamento interno (CURRENCE & LOVELY, 1970), além do armazenamento de água na superfície diminuindo desta forma, as perdas e o volume da enxurrada e, conseqüentemente, as perdas de solo, devido à retenção dos sedimentos nas microdepressões da superfície do solo. Além disso, a rugosidade superficial do solo apresenta grande importância na redução da velocidade do escoamento superficial e sua capacidade de desagregar o solo (BERTOL et al., 1989).

O objetivo do trabalho foi determinar a influência da cobertura do solo e da rugosidade superficial do solo na velocidade da enxurrada e no diâmetro médio dos sedimentos presentes na enxurrada.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada em uma área experimental no Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV/UDESC), em Lages (SC). A altitude média de Lages é 953 m, e segundo Köeppen, o clima da

região é do tipo Cfb (mesotérmico), com uma precipitação média anual de 1.600 mm de chuva.

O solo da área experimental é um CAMBISSOLO HÚMICO Alumínico léptico, e com uma declividade média do terreno de $0,134 \text{ m m}^{-1}$. A unidade experimental, ou parcela, era composta por uma área útil de $38,5 \text{ m}^2$, com dimensão de 11,0 m de comprimento no sentido do declive e 3,5 m de largura. Cada parcela é delimitada na extremidade superior e nas laterais por chapas galvanizadas com 0,2 m de altura, cravadas 0,1 m no solo. A extremidade inferior da parcela era delimitada por uma calha coletora de enxurrada, que no momento dos testes de chuva simulada, estava conectada a um cano de PVC que conduzia a enxurrada até o local de coleta (trincheira), localizado 6 m abaixo.

Os tratamentos estudados compostos por duas repetições foram: T1) solo com a superfície coberta com resíduos vegetais da cultura do azevém (*Lolium multiflorum*) e com rugosidade mínima; T2) solo com a superfície coberta com resíduos vegetais da cultura da ervilhaca (*Vicia sativa*) e com rugosidade mínima; T3) solo escarificado onde se manteve apenas as raízes da cultura do azevém; T4) solo escarificado onde se manteve apenas as raízes da cultura da ervilhaca e T5) solo sem cultivo, descoberto e escarificado.

A pesquisa foi conduzida sob condição de chuva simulada, utilizando um aparelho simulador de chuva com braços rotativos Tipo Empuxo (BERTOL ET AL., 2013), que cobria simultaneamente duas parcelas espaçadas entre si 3,5 m. Foram aplicados quatro testes de chuva simulada com intensidade controlada e planejada de 65 mm h^{-1} , e duração de 90 minutos cada. O intervalo entre os testes foi de aproximadamente 30 dias, sendo que o primeiro teste foi realizado imediatamente após o preparo do solo.

A velocidade de escoamento foi medida após 70 minutos de início da chuva simulada, quando a taxa de enxurrada era constante, conforme metodologia descrita por Bertol (1995). Foram demarcados os 6 m centrais das parcelas e, na extremidade superior dos 6 m, jogava-se o corante azul de metileno (2%) e se cronometrava o tempo necessário para que ele percorresse até a extremidade inferior dos 6 m.

A coleta das amostras para determinação do diâmetro médio de sedimentos transportados pela enxurrada (índice D_{50}) fez-se conforme recomendações descritas por Cogo et al. (1983), coletando-se as amostras de enxurrada aos 80 minutos de duração de cada chuva simulada. Para quantificar o diâmetro dos sedimentos, utilizou-se um conjunto de peneiras com aberturas de malha de 4,75; 2; 1; e 0,25 mm. Nessa ordem, estas peneiras foram colocadas sobre um balde com capacidade para 2 L e, após, o conjunto todo era posicionado

sob o fluxo até o completo preenchimento do referido recipiente. Os sedimentos que ficavam retidos nas peneiras eram transferidos para potes plásticos, levados a estufa a 50° C para secagem. O conteúdo do recipiente (balde) era levado para laboratório, onde lá, era passado pelo conjunto de peneiras com abertura de malhas de 0,53; 125 e 0,038 mm. Para o cálculo do índice D_{50} , utilizou-se um procedimento semelhante ao adotado por Gilley et al. (1987). O D_{50} dos sedimentos contidos na enxurrada é um valor numérico, em que 50% da massa dos sedimentos apresentam tamanho maior do que esse valor e os outros 50% da massa dos sedimentos apresentam tamanho menor.

A análise estatística dos resultados foi realizada pela variância a 5% de probabilidade e, depois de detectada significância, compararam-se os tratamentos por contrastes ortogonais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise estatística estão apresentados na tabela 1. Houve diferença estatística entre os tratamentos e entre os contrastes para a velocidade de escoamento e para o diâmetro médio dos sedimentos perdidos na enxurrada.

Tabela 1 – Análise de variância dos contrastes ortogonais, com o coeficiente de variação (CV) e o F calculado (F calc.) da análise da variância (ANOVA).

Número do contraste	Fonte de variação	F calc.	
		VE	D_{50}
	Tratamento	8,9*	9,2*
1	SDE versus Demais	5,3*	22,9*
2	(SRA+SRE) versus (SEA+SEE)	2,4 ^{NS}	0,9 ^{NS}
3	SRA versus SRE	0,4 ^{NS}	5,5*
4	SEA versus SEE	1,2 ^{NS}	7,5*
	Cv (%)	31,3	55,7

SRA: solo coberto por resíduo de azevém; SRE: solo coberto por resíduo de ervilhaca; SEA: solo escarificado com raiz de azevém; SEE: solo escarificado com raiz de ervilhaca e SDE: solo descoberto escarificado.

Dentre os tratamentos, a menor velocidade média de escoamento foi encontrada no solo coberto com resíduos de azevém (SRA), com velocidade de $3,7 \text{ cm s}^{-1}$, e a maior foi do tratamento solo descoberto escarificado (SDE) com velocidade de $16,5 \text{ cm s}^{-1}$ (tabela 2). A redução da velocidade da enxurrada é importante, já que ela exerce grande influência na energia final do escoamento (Bertol et al., 2010).

Ao se analisar o contraste 1 (SDE versus demais), observa-se diferença estatística entre os grupos comparados. A velocidade da enxurrada no

tratamento SDE foi 2,9 vezes maior do que a média dos tratamentos com culturas, demonstrando a importância das culturas na diminuição da velocidade do escoamento, independente do manejo de superfície, concordando com Bertol et al. (2006).

A menor eficiência do tratamento SDE no controle da velocidade da enxurrada se deve a baixa resistência do solo à desagregação, além do solo estar exposta a ação direta das gotas de chuva sem nenhuma proteção, ocasionando um selamento da superfície, formando rapidamente sulcos que, por sua vez, permitiram o livre escoamento da enxurrada.

Apesar de condicionar uma velocidade de enxurrada menor até os últimos testes, não houve diferença entre os resíduos de azevém e ervilhaca sobre a superfície em comparação aos solos escarificados apenas com as raízes das mesmas culturas (contraste 2). Da mesma forma, não houve diferença entre as culturas (contrastes 3 e 4), independente do manejo de superfície, discordando de Lopes et al. (1987).

Tabela 2 – Velocidade do escoamento superficial em cada teste de chuva simulada, bem como a velocidade média de cada tratamento e de cada teste de chuva.

Tratamento	Teste 1	Teste 2	Teste 3	Teste 4	Média
	----- cm s ⁻¹ -----				
SRA	2,7	2,6	4,8	4,6	3,7
SRE	2,7	3,1	4,7	5,6	4,0
SEA	2,9	3,6	7,4	10,3	6,0
SEE	2,9	5,6	10,5	17,4	9,1
SDE	8,6	17,5	16,2	23,9	16,5
Média	3,9	6,5	8,7	12,3	

SRA: solo coberto por resíduo de azevém; SRE: solo coberto por resíduo de ervilhaca; SEA: solo escarificado com raiz de azevém; SEE: solo escarificado com raiz de ervilhaca; SDE: solo descoberto escarificado.

Dentre os tratamentos, o solo coberto com resíduos de azevém (SRA) apresentou o menor índice D_{50} (0,054 mm) e o solo descoberto escarificado (SDE) o maior (1,522 mm), com uma diferença de quase 30 vezes entre eles (tabela 3).

O contraste 1 (SDE *versus* demais) apresentou diferença estatística para o índice D_{50} entre o tratamento SDE (1,522 mm) e a média dos tratamentos com cultivo do solo (0,387 mm). Assim, as culturas influenciaram o D_{50} dos sedimentos erodidos.

A diminuição no D_{50} ocasionada nos tratamentos com culturas está relacionada à cobertura do solo em alguns casos, mas, principalmente, ao aumento da resistência do solo a desagregação que é consequência do aumento do teor de matéria

orgânica e da atividade biológica no solo. Também, as raízes das culturas que proporcionam maior estabilidade aos agregados em água influenciam o D_{50} , diminuindo o desprendimento de partículas ou micro agregados, conforme destacado por Barbosa et al. (2010).

O contraste 2 não apresentou diferença estatística, provavelmente, devido a maior eficiência da cultura do azevém em relação à cultura da ervilhaca, comprovada através da significância encontrada nos contrastes 3 e 4, deduzindo que, a não diferença dos manejos está relacionada à diferença entre as culturas, pois, independentemente do manejo, o azevém proporcionou menores valores de D_{50} do que a ervilhaca. O azevém diminuiu em 78% o D_{50} em relação à ervilhaca quando agrupados ambos os manejos. Separadamente, o SRA diminuiu quase 90% o D_{50} em relação ao SRE e, o SEA, diminuiu 71% o D_{50} em relação ao SEE.

Tabela 3 – diâmetro dos sedimentos perdidos na enxurrada (índice D_{50}) em cada teste de chuva simulada, bem como a média de cada tratamento e de cada teste de chuva.

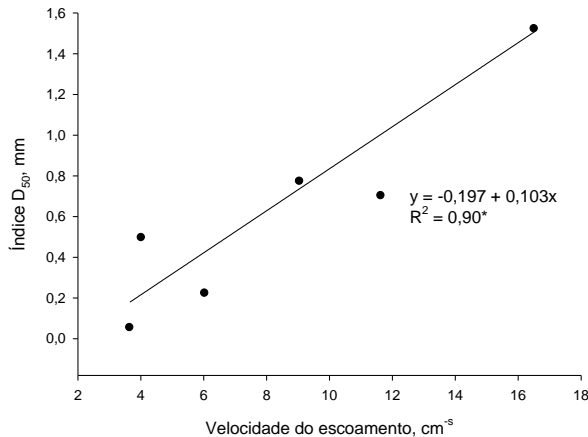
Tratamento	Teste 1	Teste 2	Teste 3	Teste 4	Média
	----- mm -----				
SRA	0,045	0,049	0,070	0,053	0,054
SRE	0,118	0,547	0,612	0,706	0,496
SEA	0,030	0,035	0,035	0,792	0,223
SEE	0,337	0,279	1,445	1,030	0,773
SDE	0,766	0,840	1,988	2,493	1,522
Média	0,259	0,350	0,830	1,015	

SRA: solo coberto por resíduo de azevém; SRE: solo coberto por resíduo de ervilhaca; SEA: solo escarificado com raiz de azevém; SEE: solo escarificado com raiz de ervilhaca; SDE: solo descoberto escarificado.

Com o passar do tempo, houve aumento do D_{50} nos testes, partindo de 0,259 mm no primeiro teste para 1,05 mm na quarta chuva simulada. Tal comportamento está de acordo com o exposto por Bertol et al. (2010), devido a diminuição da cobertura e da rugosidade superficial do solo, facilitando o aumento da velocidade da enxurrada e a consequente desagregação do solo.

A influência da velocidade da enxurrada no D_{50} pode ser observada na figura 1 que mostra a correlação positiva entre as duas variáveis (R^2 de 0,90).

Figura 1 – relação entre a velocidade da enxurrada com o diâmetro médio dos sedimentos perdidos pela enxurrada (índice D_{50}).



CONCLUSÕES

O cultivo do solo reduz a velocidade da enxurrada quando comparado a um solo sem cultivo, descoberto e escarificado.

A velocidade da enxurrada influencia o diâmetro médio dos agregados, da mesma forma que as culturas e o cultivo do solo.

A cultura do azevém é mais eficiente na diminuição do diâmetro médio dos agregados transportados pela enxurrada do que a cultura da ervilhaca.

REFERÊNCIAS

ALLMARAS, R. R.; BURWELL, R. E. & LARSON, W. E. **Total porosity and roughness of the interrow zone as influenced by tillage.** [s. l.]: ARS: USDA, 22p. (Cons. Res. Report, 7), 1966.

BARBOSA, F.T.; BERTOL, I.; LUCIANO, R.V. & PAZ-FERREIRO, J. Proporção e tamanho de sedimentos e teor de carbono orgânico na enxurrada e no solo para dois cultivos e duas formas de semeadura. **R. Bras. Ci. Solo**, 34:1.701-1.710, 2010.

BERTOL, I.; COGO, N.P. & LEVIEN, R. Relações da erosão hídrica com métodos de preparo do solo, na ausência e na presença de cobertura por resíduo cultural de trigo. **R. Bras. Ci. Solo**, 11: 187-192, 1987.

BERTOL, I.; COGO, N.P. & LEVIEN, R. Cobertura morta e métodos de preparo do solo na erosão hídrica em solo com crosta. **R. Bras. Ci. Solo**, 13:373-379, 1989.

BERTOL, I. **Comprimento crítico de declive para preparos conservacionistas de solo.** Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 185p. (Tese de Doutorado).

BERTOL, I.; AMARAL, A. J.; VÁZQUEZ, E. V.; GONZÁLEZ, A. P.; BARBOSA, F. T. & BRIGNONI, L. F. Relações da rugosidade superficial do solo com o volume de chuva e com a estabilidade de agregados em água. **R. Bras. Ci. Solo**, 30: 543-553, 2006.

BERTOL, I.; VÁZQUEZ, E. V. ; GONZÁLEZ, A. P.; COGO, N. P. ; LUCIANO, R. V. & FABIAN, E. L. . Sedimentos transportados pela enxurrada em eventos de erosão hídrica em um solo Nitossolo Háplico. **R. Bras. Ci. Solo**, 34: 245-252, 2010.

BERTOL, I.; BERTOL, C. & BARBOSA, F.T. Simulador de chuva tipo empuxo com braços movidos hidráulicamente: fabricação e calibração. **R. Bras. Ci. Solo**, 36: 6. 1905-1910, 2013.

COGO, N.P.; MOLDENHAUER, W.C. & FOSTER, G.R. Effect of crop residue, tillage-induced roughness, and runoff velocity on size distribution of eroded soil aggregates. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 47:1005-1008, 1983.

CORREA, I. M. C.; BERTOL, I.; RAMOS, J. C. & TAKIZAWA, M.M. Rugosidade da superfície de um cambissolo húmico relacionada com o preparo e compactação do solo sob chuva natural. **R. Bras. Ci. Solo**, 36: 567-576, 2012.

CURRENCE, H. D. & LOVELY, W. G. The analysis of soil surface roughness. **Trans. Am. Soc. Agric. Eng.**, 13: 710-714, 1970.

DULEY, F.L. Surface factors effecting the rate of intake of water by soil. **Soil sci. Amer. Proc.**, 4:60-64, 1939.

GILLEY, J.E.; FINKNER, S.C. & VARVEL, G.E. Size distribution of sediment as affected by surface residue and slope length. **Trans. Am. Soc. Agron. Eng.**, 30: 1419-1424, 1987.

LOPES, P. R. C.; CASSOL, E. A. & COGO, N. P. Influência da cobertura vegetal morta na redução da velocidade de enxurrada e na distribuição de tamanho de sedimentos transportados. **R. bras. Ci. Solo**, 11: 193-197, 1987.