

DISTÂNCIA ENTRE TERRAÇOS USANDO O COMPRIMENTO CRÍTICO DE RAMPA EM DOIS PREPAROS CONSERVACIONISTAS DE SOLO⁽¹⁾

I. BERTOL⁽²⁾, N. P. COGO⁽³⁾ & E. A. CASSOL⁽³⁾

RESUMO

Nos preparos conservacionistas de solo, os resíduos e a rugosidade diminuem o escoamento superficial e permitem aumentar a distância entre os terraços, em relação aos preparos convencionais, apesar do aumento da consolidação da superfície que ocorre especialmente na semeadura direta. Os terraços devem ter uma distância tal que o escoamento superficial não ocasione a remoção do resíduo e o aumento da erosão ou que o volume de água que escoar entre um terraço e outro seja armazenado ou drenado pelo canal. Utilizando chuva simulada e fluxos extras de água no período de 1992 a 1994, na Estação Experimental Agronômica da UFRGS, em Eldorado do Sul (RS), determinaram-se distâncias entre terraços para os tratamentos sem preparo do solo e escarificação, na presença dos resíduos culturais de milho, trigo e trigo + milho, em Podzólico Vermelho-Amarelo com 0,066 m m⁻¹ de declividade, com base nos critérios da falha do resíduo cultural e na capacidade de armazenamento de água no canal. Pelo critério da capacidade de armazenamento de água no canal, a menor distância entre terraços (27 a 43 m) ocorreu no tratamento escarificação com o resíduo de milho, enquanto a maior (44 a 60 m) foi no sem preparo com resíduo de milho. Pelo critério da falha do resíduo cultural, no entanto, a menor distância (106 a 130 m) verificou-se no tratamento sem preparo com resíduo de trigo e a maior (328 a 483 m) no tratamento sem preparo com resíduo de milho.

Termos de indexação: sistema sem preparo do solo, sistema escarificação do solo.

⁽¹⁾ Trabalho desenvolvido com recursos parciais do Departamento de Solos da UFRGS e da FAPERGS. Recebido para publicação em abril de 1999 e aprovado em fevereiro de 2000.

⁽²⁾ Professor do Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade para o Desenvolvimento do Estado de Santa Catarina - UDESC, Caixa Postal 281, CEP 88520-000 Lages (SC). Bolsista de pesquisa do CNPq. E-mail a2ib@cav.udesc.br.

⁽³⁾ Professor do Departamento de Solos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Caixa Postal 776, CEP 90001-970 Porto Alegre (RS). Bolsista do CNPq.

SUMMARY: *DISTANCE BETWEEN TERRACES USING CRITICAL SLOPE LENGTH IN TWO SOIL CONSERVATION TILLAGE SYSTEMS*

In conservation tillage systems, the residue cover and surface soil roughness decrease runoff and allow increased terrace distance, as compared to conventional tillage systems, in spite of the increase of surface consolidation which occurs especially in no-tillage systems. The distance between terraces should not allow runoff between them since this would cause residue removal and increased erosion as well as a runoff volume or rate higher than the terraces' channel capacity. The distance between terraces was determined at the Agronomic Experimental Station at the UFRGS, in Eldorado do Sul (RS), Brazil, from 1992 to 1994. Simulated rainfall and extra inflow on no-tillage and chiseling systems were used with corn, wheat and corn + wheat residues, in a Paleodult soil with 0.066 m m⁻¹ slope steepness. Based on the criterion of water storage capacity at the terrace channel, the smallest distance between terraces (27 to 43 m) was determined for chiseling with the corn residue, and the largest distance (44 to 60 m) for no-tillage with corn residue. Based on the criterion of residue failure, the smallest distance between terraces (106 to 130 m) was for no-tillage with wheat residue and the largest distance (328 to 483 m) for no-tillage with corn residue.

Index terms: soil no-tillage system, soil chiseling system.

INTRODUÇÃO

O terraceamento é uma prática conservacionista constituída por terraços e, às vezes, canais escoadouros. O terraço, por sua vez, é a estrutura para controle das perdas de solo mais utilizada pelos agricultores. É composto pelo conjunto de um dique e um canal, construídos perpendicular ao declive com o objetivo de diminuir o comprimento de rampa. Conseqüentemente, ele diminui o volume e a velocidade do escoamento superficial, o que reduz as perdas de solo por erosão, as quais são depositadas no canal. Além disso, obriga a execução das demais operações de manejo do solo em contorno no terreno.

A distância entre terraços deve ser tal que a enxurrada não alcance velocidade erosiva entre eles. Em preparos convencionais de solo, esta distância pode ser estabelecida por dois métodos básicos. O primeiro leva em conta a declividade do terreno e o tipo de solo e pode ser calculado por várias técnicas, dentre elas aquela sugerida por Bertoni & Lombardi Neto (1985). O segundo, com base na Equação Universal de Perdas de Solo (USLE) e Equação Universal de Perdas de Solo Revisada (RUSLE), leva em conta os limites de tolerância de perda de solo e os seguintes fatores: erosividade da chuva, erodibilidade do solo, grau e comprimento de rampa e cobertura e manejo do solo (Wischmeier & Smith, 1978; Foster & Highfill, 1983). No entanto, apenas o segundo método, especialmente a RUSLE, considera a quantidade e o tipo de resíduos culturais e a rugosidade na superfície do solo, já que, nos preparos convencionais, os resíduos são incorporados ao solo e a rugosidade superficial é muito baixa. Assim, as

distâncias entre terraços, calculadas para os preparos convencionais de solo, são muito curtas, raramente chegando a quarenta ou cinquenta metros em declividades moderadas.

Nos preparos conservacionistas de solo, a presença de resíduos culturais, a rugosidade e a maior consolidação da superfície modificam o comportamento do escoamento superficial (Cogo, 1981; Bertol, 1994; Bertol, 1995). Nesse caso, a distância entre terraços é maior do que nos preparos convencionais, razão por que a distância entre terraços pode ser estabelecida com base no volume (para terraços de absorção) ou taxa (para terraços de drenagem) de escoamento superficial. Isso torna necessário quantificar o escoamento superficial para as inúmeras combinações de erosividade das chuvas, erodibilidade dos solos, declividades e comprimentos de rampa e, principalmente, sistemas de cultivo, manejo, tipos e quantidades de cobertura do solo.

O escoamento superficial depende da infiltração de água no solo e, conseqüentemente, de todos os fatores que a influenciam. Assim, em geral, ele é menos influenciado do que as perdas de solo pelo tipo de preparo (Cogo, 1981; Bertol, 1994), já que o solo apresenta limitada capacidade de infiltração de água. Manejando o solo sob várias rotações de culturas, Hussein (1978) obteve taxas médias de escoamento equivalentes a 46 e 68% da chuva nos tratamentos com semeadura sem preparo do solo. Também no sem preparo do solo, com 30% de cobertura superficial por resíduo cultural de milho, Cogo (1981) quantificou o escoamento superficial em 72% da chuva. Bertol (1995), no sem preparo do solo, registrou taxas de escoamento equivalentes a 60, 22

e 42% da taxa de chuva na presença de resíduos culturais de trigo, milho e trigo + milho, respectivamente. O escoamento superficial pode ser expressivo no sem preparo do solo, especialmente quando for submetido a chuvas de alta erosividade e, principalmente, longos comprimentos de rampa e, ou, declividades acentuadas, onde os resíduos culturais podem ser removidos da superfície do solo pelo escoamento (Foster et al., 1982a,b; Bertol, 1995; Bertol et al., 1997a).

O objetivo deste estudo foi estabelecer a distância entre terraços em preparos conservacionistas de solo, com base nos critérios da capacidade dos canais dos terraços de armazenar a água do escoamento superficial e do transporte de resíduos culturais.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado num Podzólico Vermelho-Amarelo textura argilo-franco-arenosa no horizonte A, localizado na Estação Experimental Agrônômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, em Eldorado do Sul (RS), no período de 1992 a 1994. O solo apresentava 200 g kg^{-1} de argila, 560 de areia, 240 de silte, 21 g kg^{-1} de matéria orgânica, $0,38 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ de porosidade total e densidade do solo de $1,59 \text{ Mg m}^{-3}$ na camada de 0-10 cm de profundidade, com declividade média de $0,066 \text{ m m}^{-1}$.

A área experimental foi preparada com uma aração mais três gradagens e cultivada com aveia (*Avena strigosa*) em maio de 1992. Após a colheita da aveia, em novembro de 1992, foi cultivada com milho (*Zea mays*), semeado sem preparo do solo sobre o resíduo da aveia, no mesmo sentido do declive, com espaçamento de um metro entre fileiras e cinco plantas por metro linear. Em abril de 1993, o milho foi colhido e produziu 12 Mg ha^{-1} de resíduo cultural. A unidade experimental, constituída de uma parcela com $3,5 \times 11 \text{ m}$, foi instalada, conforme consta em EMBRAPA (1975). Utilizaram-se oito parcelas, distribuídas num delineamento experimental completamente casualizado, tendo sido as chuvas simuladas com um simulador de chuvas de braços rotativos (Swanson, 1975).

Sobre o resíduo de milho recém-colhido com automotriz, foram instalados os seguintes tratamentos de preparo do solo, em duas repetições: (a) solo sem preparo, com o resíduo cultural de milho (SSPm) - 12 Mg ha^{-1} do resíduo de milho foram mantidos na superfície e o solo não foi preparado, resultando numa cobertura de $0,95 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$; (b) escarificação, com o resíduo cultural de milho (EScm) - 12 Mg ha^{-1} do resíduo de milho foram mantidos na superfície e o solo foi preparado com um escarificador a 15-20 cm de profundidade no mesmo sentido do declive. A distância entre as hastes do escarificador foi de 30 cm, resultando numa cobertura de $0,78 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ após o preparo.

Sobre estes tratamentos, foi aplicada a seguinte série de chuvas simuladas, com intensidade constante de 64 mm h^{-1} : (a) primeira chuva, com duração suficiente para que o escoamento superficial alcançasse taxa constante; (b) dez a quinze minutos após o término da primeira chuva, aplicou-se a segunda chuva, com duração de dez minutos, e (c) imediatamente após o término da segunda chuva, aplicou-se a terceira chuva, com duração de sessenta minutos ininterruptos, constituída de seis segmentos com duração de dez minutos cada um, simultaneamente à aplicação de seis níveis de fluxo de água limpa, com duração de dez minutos cada um. A aplicação dos fluxos extras de água teve o objetivo de simular comprimentos de rampa mais longos. Estes fluxos extras foram adicionados na cabeceira das parcelas experimentais, como recomendado por Swanson & Dedrick (1966).

Em maio de 1993, após o final dos testes de chuva simulada, foi cultivado trigo (*Triticum aestivum*) na área experimental, semeado sem preparo do solo. Em novembro de 1993, o trigo foi colhido e produziu $2,6 \text{ Mg ha}^{-1}$ de resíduo cultural. Após a colheita do trigo, foram instalados os seguintes tratamentos de preparo do solo, também em duas repetições: (a) solo sem preparo, com o resíduo cultural de trigo (SSPt) - instalado sobre as parcelas de um tratamento do cultivo de milho anterior, das quais havia sido retirado o resíduo de milho antes do teste de chuva simulada. Os $2,6 \text{ Mg ha}^{-1}$ do resíduo de trigo recém-colhido foram mantidos na superfície e o solo não foi preparado, resultando numa cobertura de $0,90 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$; (b) escarificação, com os resíduos culturais de trigo + milho (ESCt + m) - instalado sobre as parcelas do tratamento "EScm", nas quais havia ainda cerca de $2,7 \text{ Mg ha}^{-1}$ do resíduo de milho remanescente do cultivo anterior. Este resíduo e os $2,6 \text{ Mg ha}^{-1}$ do resíduo de trigo recém-colhido foram mantidos na superfície do solo, o qual foi preparado como descrito no tratamento "EScm", resultando numa cobertura de $0,71 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ após o preparo. Sobre estes tratamentos, foi aplicada uma série de chuvas simuladas igual àquela aplicada sobre os tratamentos do resíduo de milho, descrita anteriormente.

A umidade do solo foi determinada em amostras coletadas nas parcelas experimentais instantes antes da aplicação das chuvas. Durante a aplicação das chuvas simuladas e dos fluxos extras de água, coletaram-se amostras do escoamento de três em três minutos e mediu-se a taxa de descarga para posterior quantificação das perdas de solo e água, como sugerido por Cogo (1981). A cobertura e a rugosidade superficiais do solo foram obtidas antes e depois do preparo do solo. A percentagem de cobertura do solo foi determinada pelo método descrito por Hartwig & Laflen (1978), enquanto a rugosidade superficial do solo foi determinada pelo método descrito por Kuipers (1957).

Os fluxos extras de água adicionados na cabeceira das parcelas experimentais, em $\text{m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ m}^{-1}$ ($\times 10^{-5}$) de

largura da parcela, para simular comprimentos mais longos de rampa, foram de 12, 40, 56, 95, 127 e 185, no tratamento SSPm; 12, 28, 52, 91, 128 e 191, no ESCm; 18, 39, 68, 98, 122 e 156, no SSPT; e 27, 63, 91, 105, 133 e 200, no tratamento ESCt + m. Estes fluxos extras equivaleram, respectivamente, aos comprimentos de rampa (m) de 42, 111, 151, 248, 328 e 483, no tratamento SSPm; 24, 41, 67, 108, 147 e 209, no ESCm; 29,49, 75, 106, 130 e 143, no SSPT, e 45, 91, 126, 143, 178 e 267, no tratamento ESCt + m. Os comprimentos equivalentes de rampa estimados pela adição dos fluxos extras de água foram computados conforme Cogo (1981), utilizando a seguinte equação:

$$\lambda = (qa/\sigma d) L + L \quad (1)$$

em que λ é o comprimento de rampa m; qa, a taxa de fluxo extra de água adicionada na extremidade superior da parcela, $m^3 s^{-1} m^{-1}$ de largura da parcela; σd , a taxa média constante de escoamento superficial do solo, $m^3 s^{-1} m^{-1}$ de largura da parcela, e L, o comprimento de rampa da parcela experimental, 11 m.

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo Teste de Duncan a 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Cobertura e rugosidade superficiais do solo

A cultura do milho produziu quantidade de resíduo cerca de 4,6 vezes maior do que a do trigo (Quadro 1). A maior quantidade do resíduo de milho é explicada pelas características de maior produtividade e menor relação palha/grão dessa cultura em relação ao trigo. A quantidade dos resíduos de milho e trigo influenciou a cobertura e a rugosidade superficiais do solo, em todos os tratamentos após a colheita das respectivas culturas.

Após a colheita do milho e do trigo, a cobertura do solo foi maior nos tratamentos sem preparo do que naqueles com escarificação (Quadro 1). Isto é explicado pela manutenção de todo o resíduo na superfície no tratamento sem preparo e pela incorporação ao solo de parte dos resíduos na escarificação, em ambos os cultivos. Dados semelhantes foram encontrados por Cogo (1981). Em todos os tratamentos, a cobertura do solo foi maior após a colheita do milho do que do trigo, explicada pela maior quantidade do resíduo de milho do que de trigo ou de trigo + milho.

A rugosidade superficial foi maior na escarificação do que no tratamento sem preparo do solo, em ambos os sistemas de cultivo (Quadro 1). Isto é explicado pelo fato de ter havido revolvimento do solo no tratamento com escarificação e pela consolidação da superfície após cerca de 2,5 anos sem preparo no tratamento sem preparo do solo. Estes dados concordam com os obtidos por Cogo (1981), estudando os mesmos sistemas de manejo, e com os de Bertol (1995). Em média, nos dois cultivos, a rugosidade foi cerca de 3,6 vezes maior na escarificação do que no tratamento sem preparo.

Hidrologia da superfície

O tempo de início do escoamento superficial foi maior após a colheita do milho do que do trigo no tratamento sem preparo do solo (Quadro 2). Isto é explicado, em parte, pela maior quantidade do resíduo de milho do que de trigo após a colheita das culturas (Quadro 1), bem como pela diferença na constituição dos referidos resíduos. Assim, o resíduo de milho possibilitou maior armazenagem da água na superfície, aumentando o tempo de início do escoamento e a infiltração da água no solo. Contribuiu também para o menor tempo no trigo e a maior umidade do solo após a colheita.

O tempo necessário para iniciar o escoamento superficial foi maior no tratamento sem preparo do

Quadro 1. Valores médios da rugosidade superficial, massa de resíduos culturais e equivalente percentagem de cobertura do solo, após as colheitas do milho e do trigo, em dois tratamentos de preparo do solo

Tratamento	Após a colheita do milho			Após a colheita do trigo			
	Rugosidade superficial	Resíduo de milho		Rugosidade superficial	Resíduo de milho e de trigo		
		Quantidade	Cobertura		Quantidade		Cobertura
					Milho	Trigo	
	cm	Mg ha ⁻¹	m ² m ⁻²	cm	— Mg ha ⁻¹ —	m ² m ⁻²	
SSP	1,6 bA	12,0	0,95 aA	1,3 bB	0,0	2,6	0,90 aB
ESC	5,8 aA	12,0	0,78 bA	4,7 aA	2,7	2,6	0,71 bB

SSP: solo sem preparo; ESC: escarificação. Médias seguidas da mesma letra não diferem pelo teste de Duncan ($P \leq 0,05$): minúsculas, na coluna, e maiúsculas, na linha, individualmente, para rugosidade e cobertura.

Quadro 2. Valores médios dos tempos de início (Ti) e pico (Pi) do escoamento superficial, da duração das chuvas (Du) e da umidade gravimétrica antecedente do solo (Ug), após as colheitas do milho e do trigo, em dois tratamentos de preparo do solo

Tratamento	Após a colheita do milho				Após a colheita do trigo			
	Ti	Pi	Du	Ug	Ti	Pi	Du	Ug
	min			kg kg ⁻¹	min			kg kg ⁻¹
SSP	60 aA	111 aA	120	0,106	5 bB	33 bB	43	0,166
ESC	35 bA	80 bA	90	0,120	29 aA	62 aB	71	0,176

SSP: solo sem preparo; ESC: escarificação. Médias seguidas da mesma letra não diferem pelo teste de Duncan ($P \leq 0,05$): minúsculas, na coluna, e maiúsculas, na linha, individualmente, para rugosidade e cobertura.

solo do que na escarificação, após a colheita do milho (Quadro 2). Isto é explicado pela quantidade de resíduo e pela cobertura do solo, maiores no sem preparo (Quadro 1), cujas variáveis, em conjunto, tiveram maior efeito do que a maior rugosidade na escarificação. O menor tempo para iniciar o escoamento superficial na escarificação é justificado pelo fato de ter sido a operação de preparo executada no mesmo sentido do declive, o que facilitou o escoamento pelos sulcos produzidos no solo pelo escarificador. Após a colheita do trigo, no entanto, o tempo de início do escoamento superficial foi maior na escarificação do que no sem preparo do solo. Isto é justificado pelas baixas quantidades de resíduo, cobertura do solo e rugosidade (Quadro 1), pela possível alta consolidação da superfície no tratamento sem preparo do solo e pela elevada rugosidade na escarificação (Quadro 1) que, neste caso, sobrepujaram a quantidade de resíduos e a rugosidade no tratamento com escarificação.

Em geral, o tempo necessário para o escoamento superficial atingir o pico apresentou o mesmo comportamento daquele necessário para o seu início, justificado do mesmo modo como na discussão do tempo de início do escoamento.

O tratamento sem preparo do solo na presença do resíduo de milho foi o mais eficaz na redução do escoamento superficial (Quadro 3). A taxa constante de escoamento neste tratamento [$4 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ m}^{-1}$ ($\times 10^{-5}$)] de largura da parcela] foi equivalente a 33% daquela verificada no tratamento menos eficaz [$12 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ m}^{-1}$ ($\times 10^{-5}$)] de largura da parcela], o sem preparo com o resíduo de trigo. Isto ocorreu por causa das diferenças no tipo e quantidade de resíduo cultural e na cobertura superficial do solo (Quadro 1). A amplitude de variação na taxa constante de escoamento superficial, considerando todos os tratamentos, foi da ordem de três vezes. Isso demonstra a influência relativamente pequena dos tipos de preparo e resíduo e da cobertura do solo sobre esta variável, quando comparada com as perdas de solo, o que também foi constatado por Gogo (1981) e Bertol et al. (1997a,b).

A aplicação de água extra para simular comprimentos mais longos na rampa ocasionou diminuição nas diferenças da taxa constante de escoamento superficial entre os tratamentos de preparo do solo (Quadro 3). No nível 1 de fluxo extra, a taxa constante de escoamento superficial variou 2,1 vezes, num intervalo de $17 \text{ a } 36 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ m}^{-1}$ ($\times 10^{-5}$) de largura da parcela, nos tratamentos sem preparo com resíduo de milho e escarificação com resíduos de trigo + milho, respectivamente, para uma variação de 1,9 vez nos equivalentes comprimentos da rampa, num intervalo de 24 a 45 m nos tratamentos escarificação com resíduo de milho e escarificação com resíduos de trigo + milho, respectivamente. No nível 6 de fluxo extra, no entanto, a variação na taxa constante de escoamento superficial foi de 1,1 vez, num intervalo de $189 \text{ a } 209 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ m}^{-1}$ ($\times 10^{-5}$) de largura da parcela, nos tratamentos sem preparo com resíduo de milho e escarificação com resíduos de trigo + milho, respectivamente, para uma variação de 3,4 vezes nos equivalentes comprimentos da rampa, num intervalo de 143 a 483 m nos respectivos tratamentos. Isto mostra que, quando o solo foi submetido à chuva de grande volume, a quantidade de resíduos culturais, a percentagem de cobertura e a rugosidade superficial (Quadro 1) tiveram influência menor sobre a taxa constante de escoamento superficial em declives mais longos do que naqueles menos longos. No entanto, valores semelhantes de taxa constante de escoamento superficial no nível 6 de fluxo extra, de $189 \text{ e } 207 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ m}^{-1}$ ($\times 10^{-5}$) de largura da parcela, nos tratamentos sem preparo com resíduo de milho e sem preparo com resíduo de trigo, respectivamente, ocorreram em distintos comprimentos da rampa (483 e 143 m), nos respectivos tratamentos.

O fator básico que condiciona a distância entre terraços de absorção numa lavoura é o volume de escoamento superficial que se acumula em determinado ponto no declive, o qual deve ser armazenado no canal dos terraços. O aumento no comprimento da rampa influenciou expressivamente

Quadro 3. Valores médios das perdas de água durante a taxa constante do escoamento superficial na primeira chuva e em cada um dos níveis de água extra adicionados, E, e equivalentes comprimentos da rampa simulados, C, após a colheita do milho e do trigo, em dois tratamentos de preparo do solo

Tratamento	Escoamento ⁽¹⁾ superficial		Nível de água extra adicionado/Comprimento ⁽²⁾					
	Comprimento ⁽¹⁾	Primeira chuva	1	2	3	4	5	6
Após a colheita do milho⁽¹⁾								
SSPm	E/C	4/11	17/42	44/111	60/151	99/248	131/328	189/483
ESCm	E/C	10/11	22/24	38/41	63/67	101/108	139/147	201/209
Após a colheita do trigo⁽¹⁾								
SSPt	E/C	12/11	30/29	50/49	79/75	109/106	134/130	207/143
ESCt + m	E/C	9/11	36/45	72/91	100/126	114/143	141/178	209/267

SSPm: solo sem preparo com resíduo de milho; ESCm: escarificação com resíduo de milho; SSPt: solo sem preparo com resíduo de trigo; ESCt + m: escarificação com resíduo de trigo + milho; ⁽¹⁾E: encurrada superficial - $m^3 s^{-1} m^{-1}$ ($\times 10^{-5}$). C: comprimento equivalente da rampa - m; ⁽²⁾valores sobre a barra referem-se a E e valores sob a barra referem-se a C.

Quadro 4. Valores médios da lâmina de escoamento superficial estimados durante um período de dez minutos, com base nas taxas constantes de escoamento expressas no quadro 3, referentes à primeira chuva e aos níveis de fluxo extra, após as colheitas do milho e do trigo, em dois tratamentos de preparo do solo

Tratamento	Primeira chuva	Nível de água extra adicionado					
		1	2	3	4	5	6
mm							
Após a colheita do milho							
SSPm	2,2	9,3	24,0	32,7	54,0	71,5	103,1
ESCm	5,5	12,0	20,7	34,4	55,1	75,8	109,6
Após a colheita do trigo							
SSPt	6,5	16,4	27,3	43,1	59,5	73,1	112,9
ESCt + m	4,9	19,6	39,3	54,5	62,2	76,9	114,0

SSPm: solo sem preparo com resíduo de milho; ESCm: escarificação com resíduo de milho; SSPt: solo sem preparo com resíduo de trigo; ESCt + m: escarificação com resíduos de trigo + milho.

o volume de escoamento superficial em todos os tratamentos avaliados (Quadro 4). No entanto, a diferença no volume de escoamento entre tratamentos, que era relativamente grande nos menores comprimentos da rampa, foi expressivamente diminuída nos maiores comprimentos, determinada pelo comportamento da taxa de escoamento superficial (Quadro 3). Assim, os valores de volume de escoamento expressos no quadro 4 permitem estimar a dimensão dos canais e a distância entre terraços necessárias para manejar adequadamente o escoamento superficial nas condições do experimento.

Distância entre os terraços

Assumindo a possibilidade de construir terraços de base larga nas condições do experimento, cujo canal pode apresentar uma secção entre 0,75 e 1,50 m², quando a inclinação do declive varia de 6 a 12%, respectivamente (Giaretta & Goelner, 1987), no tratamento escarificação após a colheita do milho, esses deveriam ser localizados nos pontos do terreno, cujas distâncias são equivalentes aos intervalos entre os níveis 2 e 3 de fluxo extra (Quadro 5). No tratamento sem preparo após a colheita do milho,

no entanto, os terraços deveriam ser localizados no intervalo entre os níveis 1 e 2 de fluxo extra. Após a colheita do trigo, no sem preparo, os terraços deveriam ser localizados num ponto situado no intervalo dos comprimentos da rampa equivalentes aos níveis 2 e 3 de fluxo extra, enquanto na escarificação, a localização dos terraços deveria ser no intervalo entre os níveis 1 e 2 de fluxo extra. Terraços localizados fora dos pontos recém-indicados teriam de ser superdimensionados em relação à secção máxima possível de 1,5 m², se fossem construídos em locais indicando comprimentos maiores na rampa, ou subdimensionados, se localizados em pontos indicando comprimentos menores. Assim, os pontos no terreno situados numa distância que indique a necessidade de canal de terraço superior ou inferior a 1,5 m², para armazenar o escoamento superficial nas condições do experimento (Quadro 5), deveriam ser excluídos dessa recomendação, pelas razões abordadas anteriormente.

O ponto na lavoura onde ocorre a perda relativa de eficácia do resíduo cultural no controle da erosão hídrica nos preparos conservacionistas de solo, o qual pode ser denominado de ponto de falha do resíduo cultural (Foster et al., 1982a,b), pode ser um indicativo para a localização de um terraço. Isto decorre do fato de que um terraço localizado nesse ponto reduz o comprimento da rampa, armazena ou drena o escoamento superficial no seu canal, evita a remoção dos resíduos culturais e diminui a erosão do solo. Assim, é mantida a eficácia relativa dos referidos resíduos no controle da erosão hídrica a partir daquele ponto na rampa. No entanto, na maioria dos preparos conservacionistas de solo, especialmente no sistema de semeadura sem

preparo, o volume ou a taxa de escoamento superficial acumulado nesse ponto no terreno é excessivo para que possa ser seguramente armazenado ou drenado pelo canal de um terraço com secção de 1,5 m². Neste caso, a distância entre os terraços deverá ser diminuída, estimada com base no escoamento superficial que vai chegar no seu canal. Nas condições deste experimento, as distâncias entre terraços de absorção que foram estabelecidas com base na falha do resíduo cultural foram muito superiores àquelas estimadas pelo critério do volume de escoamento superficial armazenado no canal (Quadro 6). O maior aumento na distância dos terraços (155 m) ocorreu no tratamento sem preparo na presença do resíduo de milho, de 328 para 483 m, enquanto o menor (45 m), de 143 para 178 m, foi verificado na escarificação após a colheita do trigo. Esta grande variação no aumento das distâncias entre os terraços, verificada entre estes dois critérios, entre os tratamentos, foi decorrente da respectiva variação no volume de escoamento superficial acumulado no declive nos pontos de falha dos resíduos culturais nos respectivos tratamentos (Quadro 4).

Com base no critério da falha superficial do resíduo cultural, o tratamento sem preparo com o resíduo de milho foi o que permitiu a maior distância entre terraços (entre 328 e 483 m), enquanto o tratamento sem preparo após a colheita do trigo evidenciou a menor distância (entre 106 e 130 m) (Quadro 6). Esta diferença é explicada principalmente pela quantidade e tipo de resíduo cultural presente na superfície do solo e pela rugosidade superficial em cada um dos tratamentos (Quadro 1), que condicionaram tempos de início e pico da enxurrada

Quadro 5. Valores das secções dos canais de terraços de absorção necessários para armazenar o volume de escoamento superficial nos comprimentos equivalentes da rampa, estimados com base nas lâminas de escoamento superficial expressas no quadro 4, após as colheitas do milho e do trigo, em dois tratamentos de preparo do solo

Tratamento	Primeira chuva	Nível de água extra adicionado					
		1	2	3	4	5	6
m ²							
Após a colheita do milho							
SSPm	0,02	0,04	2,66	4,94	13,39	23,45	49,80
ESCm	0,06	0,29	0,85	2,30	5,95	11,14	22,91
Após a colheita do trigo							
SSPt	0,07	0,48	1,34	3,23	6,31	9,50	16,14
ESCt + m	0,05	0,88	3,58	6,87	8,89	13,69	30,44

SSPm: solo sem preparo com resíduo de milho; ESCm: escarificação com resíduo de milho; SSPt: solo sem preparo com resíduo de trigo; ESCt + m: escarificação com resíduos de trigo + milho.

Quadro 6. Valores de distância entre terraços com base na capacidade de armazenamento de água e na falha superficial do resíduo cultural, num canal com 1,5 m² de secção, após as colheitas do milho e do trigo, em dois tratamentos de preparo do solo

Tratamento	Distância entre terraços com base na:	
	Capacidade de armazenamento de água no canal	Falha do resíduo cultural
	m	
	Após a colheita do milho	
SSPm	44 a 60	328 a 483
ESCM	27 a 43	147 a 209
	Após a colheita do trigo	
SSPt	30 a 42	106 a 130
ESCT + m	36 a 50	143 a 178

SSPm: solo sem preparo com resíduo de milho; ESCM: escarificação com resíduo de milho; SSPt: solo sem preparo com resíduo de trigo; ESCT + m: escarificação com resíduos de trigo + milho.

diferentes (Quadro 2) e, conseqüentemente, ocasionaram diferenças nos valores de perdas de água (Quadros 3 e 4). As distâncias entre terraços, determinadas pela falha dos resíduos nos tratamentos escarificação após as colheitas do milho e do trigo, apresentaram valores semelhantes entre si, apesar das diferenças de tipo e quantidade de resíduos culturais na superfície do solo. Isto mostra que este tipo de preparo conservacionista de solo reduz as diferenças ocasionadas pelos resíduos, quanto à sua resistência ao transporte pelo escoamento superficial, quando ele é executado no mesmo sentido do declive.

Com base no escoamento superficial armazenado no canal, a variação nas distâncias entre terraços foi pequena, quando comparada ao critério da falha dos resíduos culturais (Quadro 6). Isto significa que as perdas de água são pouco influenciadas pelos tipos de preparo e manejo do solo, fato também constatado por Cogo (1981) e Bertol et al. (1997a,b). Assim, independentemente do tipo de preparo e da quantidade e tipo de resíduos culturais na superfície, as distâncias entre terraços foram semelhantes nos diversos tratamentos avaliados, nos quais o maior intervalo de espaçamento (44 a 60 m no tratamento sem preparo com o resíduo de milho) foi apenas cerca de 30% maior do que o menor intervalo de espaçamento (30 a 42 m no tratamento sem preparo com o resíduo de trigo).

CONCLUSÕES

1. A distância entre terraços pode ser considerada um comprimento crítico da rampa, a qual é influenciada pelo critério utilizado para determiná-la; quando

estabelecida com base na capacidade de armazenamento de água no canal, ela é menor do que quando determinada com base no critério da falha do resíduo cultural.

2. A distância entre terraços depende dos tipos de preparo, cultura e resíduo cultural, bem como da quantidade de resíduo sobre a superfície do solo: o sem preparo na presença de 12 Mg ha⁻¹ de resíduo de milho logo após a colheita permite a maior distância, enquanto o sem preparo na presença de 2,6 Mg ha⁻¹ de resíduo de trigo logo após a colheita, a menor distância.

3. O terraceamento deve ser adotado nos sistemas de manejo conservacionistas de solo, tais como aquele executado com escarificação e aquele onde a semeadura é executada sem preparo do solo, especialmente em rampas muito longas e independentemente dos tipos e quantidades de resíduos culturais, por causa do grande volume ou da elevada taxa de escoamento acumulado na superfície do solo.

LITERATURA CITADA

- 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. Erosão hídrica em Cambissolo Húmico distrófico sob diferentes preparos do solo e rotação de culturas. R. Bras. Ci. Solo, 18:267-271, 1994.
- BERTOL, I.; COGO, N.P. & LEVIEN, R. Comprimento crítico de declive em sistemas de preparos conservacionistas de solo. R. Bras. Ci. Solo, 21:139-148, 1997a.

- BERTOL, I.; COGO, N.P. & LEVIEN, R. Erosão hídrica em diferentes preparos do solo logo após as colheitas de milho e trigo, na presença e ausência dos resíduos culturais. R. Bras. Ci. Solo, 21:409-418, 1997b.
- BERTONI, J. & LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. Piracicaba, Livroceres, 1985. 392p.
- 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)
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Recomendações gerais do encontro sobre uso do simulador de chuva em pesquisa de conservação do solo no Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PESQUISA DE EROSÃO COM SIMULADORES DE CHUVA, 1975, Londrina. Resumos. Londrina, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1975. p.107-120.
- FOSTER, G.R. & HIGHFILL, R.E. Effect of terraces on soil loss: USLE P factor values for terraces. J. Soil Water Conserv., 38:48-51, 1983.
- FOSTER, G.R.; JOHNSON, C.B. & MOLDENHAUER, W.C. Critical slope lengths for unanchored cornstalk and wheat straw residue. Trans. Am. Soc. Agric. Eng., 25:935-939, 1982a.
- FOSTER, G.R.; JOHNSON, C.B. & MOLDENHAUER, W.C. Hydraulics of failure of unanchored cornstalk and straw mulch of erosion control. Trans. Am. Soc. Agric. Eng., 25:940-947, 1982b.
- GIARETTA, A. & GOELNER, C.I. Influência do declive do terreno sobre a seção transversal do canal do terraço tipo base larga. R. Trigo Soja, 91:23-26, 1987.
- HARTWIG, R.O. & LAFLEN, J.M. A meterstick method for measuring crop residue cover. J. Soil Water Conserv., 33:90-91, 1978.
- HUSSEIN, M.H. The effect of slope length on soil loss. Ames, Iowa State University, 1978. 65p. (Tese de Mestrado)
- KUIPERS, H. A relief meter of soil cultivation studies. Neth. J. Agr. Sci., 5:255-262, 1957.
- SWANSON, N.P. Suggestions for use rotating-boom field plot rainfall simulator to obtain data for application of the soil loss equation. Entre-Rios, FAO, 1975. 65p. (Report of FAO Consultant)
- SWANSON, N.P. & DEDRICK, A.R. Simulation of increased slope length on small runoff plots. Am. Soc. Agric. Eng., 1966. p.66-211.
- WISCHMEIER, W.H. & SMITH, D.D. Predicting rainfall erosion losses; a guide to conservation planning. Washington, USDA, 1978. 58p. (Agricultural Handbook, 537)

