

PERDAS DE ÁGUA POR ESCOAMENTO SUPERFICIAL A PARTIR DE DIFERENTES INTENSIDADES DE CHUVAS SIMULADAS

ZANANDRA BOFF OLIVEIRA¹; REIMAR CARLESSO²; JULIANO DALCIN MARTINS¹; ALBERTO EDUARDO KNIES¹ E CLEITON DALLA SANTA³

¹ Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (PPGEA), Universidade Federal de Santa Maria, RS, zanandraboff@gmail.com

² Professor Titular do Departamento de Engenharia Rural, Universidade Federal de Santa Maria, RS, carlesso@ccr.ufsm.br

³ Mestre em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Santa Maria, RS, dallasanta@gmail.com

1 RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo determinar as perdas de água por escoamento superficial de um solo com diferentes quantidades de resíduos vegetais na superfície e declividades do terreno, a partir de diferentes intensidades de chuvas simuladas. O estudo foi desenvolvido em área experimental do Departamento de Engenharia Rural da UFSM, em quatro declividades do terreno (0, 2,5, 5 e 8%). O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com três níveis de resíduos vegetais de aveia na superfície do solo (0, 2,5 e 5 Mg ha⁻¹), em três repetições. As intensidades de chuva de 30, 80 e 120 mm h⁻¹ foram aplicadas através de um simulador estacionário de bicos múltiplos e oscilantes. As maiores intensidades de chuva (de 80 e 120 mm h⁻¹), declividades acentuadas do terreno (5 e 8%) e elevado conteúdo de água no solo no início das chuvas resultaram em maiores taxa de escoamento superficial constante e menor tempo de início do escoamento superficial, implicando em maior perda de água por escoamento superficial. A presença de resíduos vegetais na superfície do solo retarda o início do escoamento superficial e reduz a taxa de escoamento superficial constante, para diferentes intensidades de chuva (30, 80 e 120 mm h⁻¹) e declividades do terreno (0, 2,5, 5 e 8%).

Palavras-chave: chuva efetiva, resíduos vegetais, declividade do terreno.

OLIVEIRA, Z.B; CARLESSO, R; DALLA SANTA, C; KNIES, A.E; MARTINS, J.D

WATER LOSS BY RUNOFF FROM SIMULATED RAINFALL

2 ABSTRACT

This study aimed at determining water loss by surface runoff from a soil with different amounts of crop residues on the surface and slopes of the land, using different intensities of simulated rainfall. The study was conducted in the experimental area of the Agricultural Engineering Department, Federal University of Santa Maria, in four slopes of the ground (0, 2.5, 5 and 8%). The experimental design was completely randomized, with three levels of oat crop residues on the soil surface (0, 2.5 and 5 Mg ha⁻¹) in three replications. Rainfall

intensities of 30, 80 and 120 mm h⁻¹ were applied through a simulator with stationary and oscillating nozzles. Higher rainfall intensities (80 and 120 mm h⁻¹), steep slopes of the land (5 and 8%) and high water content in the soil at the beginning of the rainfall led to higher runoff rate constant and shorter time to the onset of surface runoff, which caused greater water loss by surface runoff. Presence of crop residues on the soil surface delays the onset of runoff and reduces the runoff rate constant for different rainfall intensities (30, 80 and 120 mm h⁻¹) and slopes of the ground (0, 2,5, 5 and 8%).

Keywords: effective rainfall, crop residues, slope of the ground.

3 INTRODUÇÃO

A irrigação é um recurso tecnológico de fundamental importância para prover a produção de alimentos e fibras em escala suficiente para uma população mundial que cresce continuamente (Howell, 2004; Pereira et al., 2002). Pois, com uma aplicação adequada da água de irrigação, os agricultores irrigantes podem aumentar a produtividade das explorações, além de possibilitar safras adicionais. No entanto, existem inúmeras dúvidas em relação ao que envolve o manejo da irrigação, na determinação de quando e quanto irrigar.

Um dos problemas clássicos que envolvem esse manejo é do quanto considerar da chuva ocorrida no balanço hídrico, ou seja, a chuva aproveitável (chuva efetiva). A chuva é definida hidrológicamente como toda água proveniente do meio atmosférico que atinge a superfície terrestre (Bertoni; Tucci, 2001).

A chuva efetiva é um dos elementos básicos a ser considerado na equação do balanço hídrico para determinar os requerimentos de irrigação das culturas, ocupando um papel fundamental no planejamento da irrigação, no uso eficiente dos recursos hídricos e no dimensionamento das obras e dos sistemas de irrigação (Romero; Granã, 1999).

Em um manejo adequado da irrigação (Silva et al., 1994), a quantidade de água a ser aplicada à cultura é a diferença entre a evapotranspiração dos cultivos e a chuva efetiva, que nesse caso considera-se a chuva ocorrida menos o escoamento superficial. Algumas das variáveis que afetam o escoamento superficial e por consequência a chuva efetiva são: características físicas do solo, rugosidade da superfície do solo, declividade do terreno e intensidade da chuva. Castro et al. (2006) encontraram 80% de perda de água nas parcelas sem cobertura vegetal em relação às com cobertura. Estes autores frisam que, a presença de cobertura por resíduo cultural, é importante para a manutenção das condições físicas de superfície do solo criadas pelo preparo as quais são favoráveis à retenção e à infiltração de água, ao mesmo tempo em que a presença de alguma rugosidade superficial no solo é importante nos solos ditos sem preparo ou não mobilizados, para o mesmo propósito.

A topografia do terreno, pela declividade e pelo comprimento dos lançantes, exerce acentuada influência sobre a erosão e as perdas de água por escoamento superficial. Quanto maior o declive de um terreno, menores serão os obstáculos e resistências oferecidas ao livre escoamento das águas sob o impulso da gravidade, resultando em um menor tempo disponível para a infiltração das águas no solo (Cogo et al., 2003). Albuquerque et al. (2002) analisando, os efeitos do manejo da cobertura do solo e de práticas conservacionistas sobre perdas por erosão hídrica de um Luvisolo Crômico Órtico, encontraram redução de 53,4% para o cultivo em nível em relação àquele em desnível.

A determinação da chuva efetiva é de grande relevância no estudo da chuva com fins de aplicação na agricultura irrigada, visto que, é a parcela que estará contribuindo com a água

disponível do solo. Assim, a determinação das perdas de água por escoamento superficial pela chuva natural é essencial para a quantificação deste processo. Entretanto, estudos com chuva natural são demorados e onerosos. Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo determinar as perdas de água por escoamento superficial de um solo com diferentes quantidades de resíduos vegetais na superfície e declividades do terreno, a partir de diferentes intensidades de chuvas simuladas.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em área experimental do Departamento de Engenharia Rural da Universidade Federal de Santa Maria, RS, no ano de 2008. A área é definida pelas coordenadas geográficas 29°41'24" Latitude S e 53°48'42" Longitude W Gr. O clima da região, conforme Moreno (1961), é do tipo "Cfa" de acordo com a classificação climática de Köppen (subtropical úmido, sem estação seca definida e com verões quentes). A precipitação média anual da região varia de 1,322 a 1,769 mm. O solo do local está classificado como Argissolo Vermelho Distrófico arênico (Embrapa, 1999).

O experimento foi conduzido nos meses de outubro e novembro de 2008, em quatro declividades do terreno (0, 2,5, 5 e 8%). O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, os tratamentos constituíram-se de três níveis de resíduos vegetais de aveia na superfície do solo (0, 2,5 e 5 Mg ha⁻¹), em três repetições.

Em cada declividade foram delimitadas nove parcelas experimentais de 1 x 0,5 (0,5 m²) com chapas metálicas galvanizadas cravadas no solo, contendo na parte inferior uma calha, para coletar a água de escoamento superficial. A cultura de aveia foi cultivada nos meses antecedente a realização do experimento, sendo dessecada e a parte área arrancada antes da instalação das parcelas experimentais, após, foi quantificada e distribuída conforme os tratamentos.

As chuvas de 30, 80 e 120 mm h⁻¹ foram aplicadas utilizando-se um simulador estacionário de bicos múltiplos e oscilantes desenvolvido pelo National Soil Erosion Research Lab, USDA-ARS, USA. Utilizou-se a curva de calibração obtida por Spohr (2007) trabalhando com esse mesmo equipamento. O simulador foi instalado a 2,45 metros acima da superfície do solo e a pressão de saída da água dos bicos foi mantida em 41,4 KPa.

Para cada intensidade de chuva simulada, realizou-se dois ensaios por declividade, o primeiro foi considerado (Chuva 1) e após 24 horas realizava-se um segundo, que foi considerado (Chuva 2), afim de ter diferentes condições de umidade do solo no início das chuvas. A aplicação da chuva de mesma intensidade foi realizada no mesmo dia nas quatro declividades.

A chuva total foi determinada através de pluviômetros instalados na superfície do solo, ao lado das calhas coletoras. O tempo início de escoamento superficial (minutos) foi determinado quando um filete contínuo de água começava a escoar na calha coletora e a superfície apresentava encharcamento.

As coletas do volume escoado foram realizadas em intervalos de cinco minutos utilizando copos graduados, até o escoamento tornar-se constante, ou seja, atingir a taxa de escoamento superficial constante expressa em mm h⁻¹, caso contrário utilizava-se o tempo máximo de 120 minutos para cada chuva simulada. O coeficiente de escoamento superficial para cada chuva foi calculado a partir da razão entre a quantidade chuva aplicada (mm) e o escoamento superficial total (mm).

Determinou-se a umidade inicial do solo, antes da aplicação de cada chuva simulada, pelo método gravimétrico. Depois de encerrado o experimento foram coletadas amostras de solo das parcelas experimentais para a caracterização físico-hídrica do mesmo. Coletaram-se amostras na camada de 0 a 10 cm, com estrutura preservada para as determinações de macroporosidade, microporosidade, porosidade total e umidade de saturação, também foram coletadas amostras com estrutura deformada para as análises granulométrica e densidade de partículas. Todas as determinações foram realizadas no Laboratório de Análises Físicas do Sistema Irriga (Departamento de Engenharia Rural – UFSM).

Para descrever o escoamento superficial do solo utilizou-se o modelo matemático modificado por Spohr et al (2009) (Equação 1).

$$e = e_c \times \left\{ 1 - \left(\frac{t_e}{t} \right)^b \right\}, \text{ para } t > t_e \quad (1)$$

Onde e é a taxa de escoamento superficial em um tempo t (mm h^{-1}); e_c (mm h^{-1}) taxa constante de escoamento t_e é o tempo de início de escoamento da água sobre a superfície do solo (minutos); t é o tempo após o início do escoamento (minutos) e b é o parâmetro de ajuste do modelo,

Os dados de tempo de início do escoamento superficial e da taxa de escoamento superficial constante e escoamento superficial total foram analisados estatisticamente através do programa Sisvar versão 5.3, sendo a análise de variância determinada em nível de 5% de significância. Para isso, foi realizada uma análise para cada declividade em cada chuva, totalizando 24 análises.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da caracterização física do solo (Tabela 1) permitiram inferir que os valores de macroporosidade estão abaixo de 10%, considerado como um valor crítico para solos irrigados por aspersão no Rio Grande do Sul (MICHELON; 2007). Essa reduzida macroporosidade pode trazer como consequência uma redução na infiltração inicial, bem como na capacidade de infiltração do solo

Tabela 1. Valores da densidade do solo e de partículas, porosidade (total, macro e micro) e granulometria (argila, silte e areia) do solo em que foi realizado o experimento, em diferentes declividades. Santa Maria, RS, 2011.

Declividade s (%)	Densidade (g cm^{-3})		Porosidade (%)			Granulometria (%)		
	Solo	Partículas	Macro	Micro	Total	Argila	Silte	Areia
0	1,50	2,5	5,74	34,26	40,00	19,3	26,7	54,1
2,5	1,42	2,5	7,58	35,62	43,20	19,3	26,7	54,1
5	1,42	2,5	7,17	36,03	43,20	19,3	26,7	54,1
8	1,41	2,5	6,89	36,71	43,60	19,3	26,7	54,1

O conteúdo volumétrico de água (Figura 1) para a saturação do solo e o observado antes das aplicações das chuvas (Chuva 1 e Chuva 2), nas quatro declividades do terreno, permitiu constatar que a umidade inicial do solo, antecedente a aplicação das chuvas simuladas estava abaixo da umidade de saturação do solo. Para as intensidades de 30 mm h^{-1} e 120 mm h^{-1} a umidade inicial do solo no início da aplicação foi maior na Chuva 2, no entanto, na intensidade 80 mm h^{-1} não se observa essa característica, pois a mesma foi realizada 96 horas após a Chuva 1 devido a problemas no simulador, nesse intervalo maior de tempo a drenagem e a evaporação promoveram o secamento da camada superficial do solo.

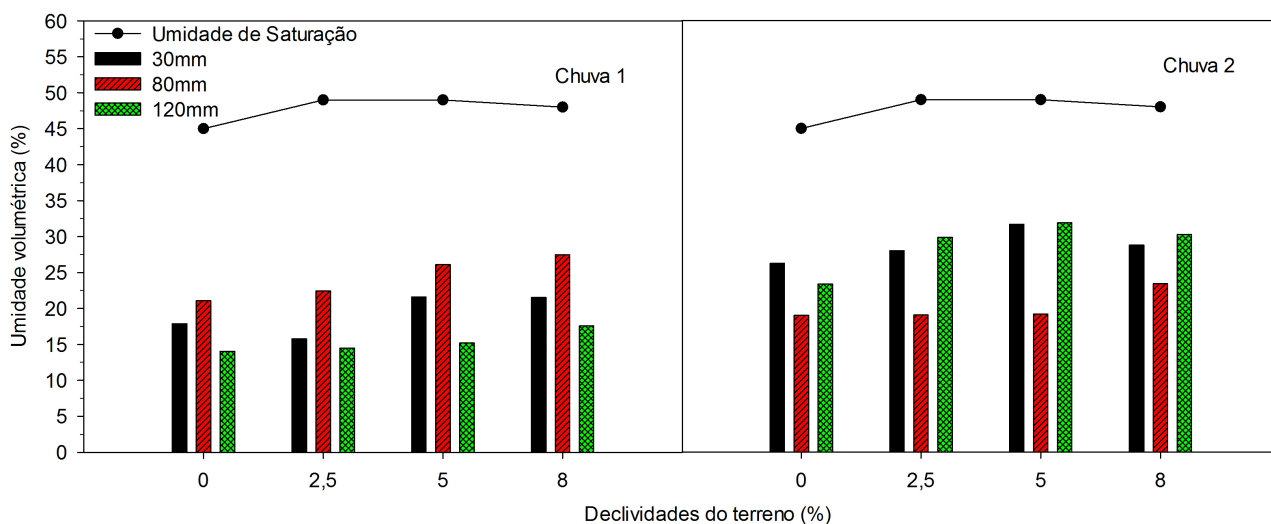


Figura 1. Conteúdo volumétrico de água no solo para a saturação do solo e o observado antes das aplicações das chuvas, para as diferentes declividades do terreno. Santa Maria, RS, 2011.

Os valores médios de escoamento superficial (Tabela 2) e das chuvas (duração, intensidade e quantidade) para as quatro declividades do terreno, mostraram que a intensidade da chuva aplicada não correspondeu à chuva programada devido à ocorrência de rajadas de vento e de pequenas variações na pressão nos bicos do simulador durante a aplicação das mesmas.

Na intensidade de 30 mm h^{-1} (Chuva 1) não houve escoamento superficial na declividade zero, nas demais declividades 2,5, 5 e 8%, as perdas de água por escoamento superficial representaram 1, 9 e 11% da quantidade de chuva aplicada, respectivamente. Na chuva de 80 mm h^{-1} as perdas de água por escoamento superficial apresentaram valores médios de 45, 57, 50 e 70 % da quantidade aplicada, para as declividades de 0, 2,5, 5 e 8%, respectivamente, enquanto que, para a chuva de 120 mm h^{-1} , às perdas de água por escoamento superficial apresentaram valores médios de 34, 52, 63 e 65% da quantidade aplicada, para as declividades de 0, 2,5, 5 e 8%, respectivamente.

Tabela 2. Valores de chuva (duração, intensidade e quantidade) em função da chuva programada (30, 80 e 120 mm h⁻¹) e escoamento superficial nas diferentes declividades do terreno. Santa Maria, RS, 2011.

Declividade do terreno (%)	Duração da chuva (min)	Intensidade da chuva (mm h ⁻¹)	Quantidade da chuva (mm)	Escoamento superficial (mm)
Chuva 1				
0	95	29	45,9	0,0
2,5	120	30	60,0	0,6
5	120	25	50,0	4,4
8	120	26	52,0	6,0
0	120	93	186,0	82,9
2,5	60	84	84,0	47,5
5	60	98	98,0	68,5
8	55	84	77,0	50,0
0	60	123	123,0	42,3
2,5	65	128	138,7	71,7
5	60	124	124,0	77,5
8	50	135	112,5	73,6
Chuva 2				
0	60	30	30,0	11,9
2,5	75	29	36,3	8,2
5	60	26	26,0	9,2
8	50	23	19,2	7,0
0	95	102	161,5	77,8
2,5	60	85	85,0	30,4
5	60	89	89,0	46,5
8	50	86	71,7	33,8
0	40	122	81,3	67,8
2,5	35	125	72,9	45,5
5	40	143	95,3	69,3
8	40	133	88,7	67,2

Na intensidade de 30 mm h⁻¹ (Chuva 2) as perdas de água por escoamento superficial representaram valores entre 36 e 39 % da quantidade aplicada, nas chuvas de 80 mm h⁻¹ o escoamento superficial foi em torno de 47% da quantidade aplicada, e para as chuvas de 120 mm h⁻¹ os valores de escoamento superficial foram entre 75 e 83% da quantidade de chuva aplicada.

As maiores perdas de água por escoamento superficial foram observadas nas chuvas de intensidade mais elevadas. Comportamento semelhante foi observado por Reichert et al. (1992), utilizando sete diferentes solos. Do mesmo modo, para uma mesma intensidade de chuva, as perdas de água por escoamento superficial crescem em função do aumento da declividade.

As médias da taxa de escoamento superficial constante (Tabela 3) e do tempo de início do escoamento (Tabela 3), analisadas em função da disposição de 0, 2,5 e 5 Mg ha⁻¹ de resíduos de aveia na superfície do solo permitiram que as análises estatísticas se ajustassem às variáveis em função das intensidades de chuva programadas.

A taxa de escoamento superficial constante foi reduzida e o tempo de início do escoamento foi atrasado com a adição do resíduo vegetal de aveia na superfície do solo, nas diferentes intensidades de chuvas e declividades do terreno (Tabela 3). Observa-se que a taxa de escoamento constante, independente da quantidade de resíduos vegetais na superfície do solo foi maior com o incremento da declividade e da intensidade da chuva (Figuras 2, 3 e 4).

Para a chuva de 30 mm h⁻¹ (Figura 2) na declividade de 8% (Chuva 1), em relação ao solo descoberto a utilização de 2,5 e 5 Mg ha⁻¹ resíduo vegetal de aveia na superfície do solo causou uma redução na taxa de escoamento superficial constante de 54 e 60%, respectivamente. Na declividade de 5% (Chuva 2), a taxa de escoamento superficial constante foi reduzida em 28 e 41% com a utilização de 2,5 e 5 Mg ha⁻¹ de resíduo na superfície do solo, respectivamente, em relação ao solo descoberto.

O tempo de início do escoamento superficial na declividade de 5% (Chuva1) foi atrasado em 31 e 35 minutos com a utilização de 2,5 e 5 Mg ha⁻¹ de resíduo na superfície do solo, respectivamente, em relação ao solo descoberto. Nessa mesma declividade na Chuva 2, o atraso nesse tempo foi de 7 e 17 minutos nos tratamentos com 2,5 e 5 Mg ha⁻¹ de resíduo vegetal de aveia, respectivamente.

Tabela 3. Valores médios da taxa de escoamento constante e início do escoamento, para 0, 2,5 e 5 Mg ha⁻¹ de resíduos vegetais de aveia na superfície do solo, em diferentes declividades do terreno e intensidades de chuvas simuladas. Santa Maria, RS, 2011.

Declividade (%)	Chuva (mm h ⁻¹)	Taxa de escoamento constante (mm h ⁻¹)	Início do escoamento (minutos)
Chuva 1			
0	30	--	--
0	80	63,50 ^{ns}	10,26 ^{ns}
0	120	55,11 ^{ns}	6,48**
2,5	30	5,87**	65,00**
2,5	80	47,36 ^{ns}	3,41 ^{ns}
2,5	120	80,41 ^{ns}	3,88**
5	30	5,87**	65,00**
5	80	60,83 ^{ns}	3,50**
5	120	90,32 ^{ns}	2,54**
8	30	9,77**	60,11 ^{ns}
8	80	70,03 ^{ns}	4,46**
8	120	98,82 ^{ns}	2,67**
Chuva 2			
0	30	16,80 ^{ns}	13,21 ^{ns}
0	80	54,40 ^{ns}	5,26 ^{ns}
0	120	113,94 ^{ns}	1,83**
2,5	30	10,25 ^{ns}	24,06 ^{ns}
2,5	80	40,07**	6,05**
2,5	120	86,44 ^{ns}	3,37**
5	30	15,55**	16,13**
5	80	53,46**	6,31**
5	120	97,00 ^{ns}	3,18**
8	30	15,94 ^{ns}	15,06**
8	80	47,54**	5,06**
8	120	102,00 ^{ns}	2,67**

**significativo (linhas) a 5% de probabilidade de erro pelo teste F.

^{ns} não significativo (linhas) a 5% de probabilidade de erro pelo teste F.

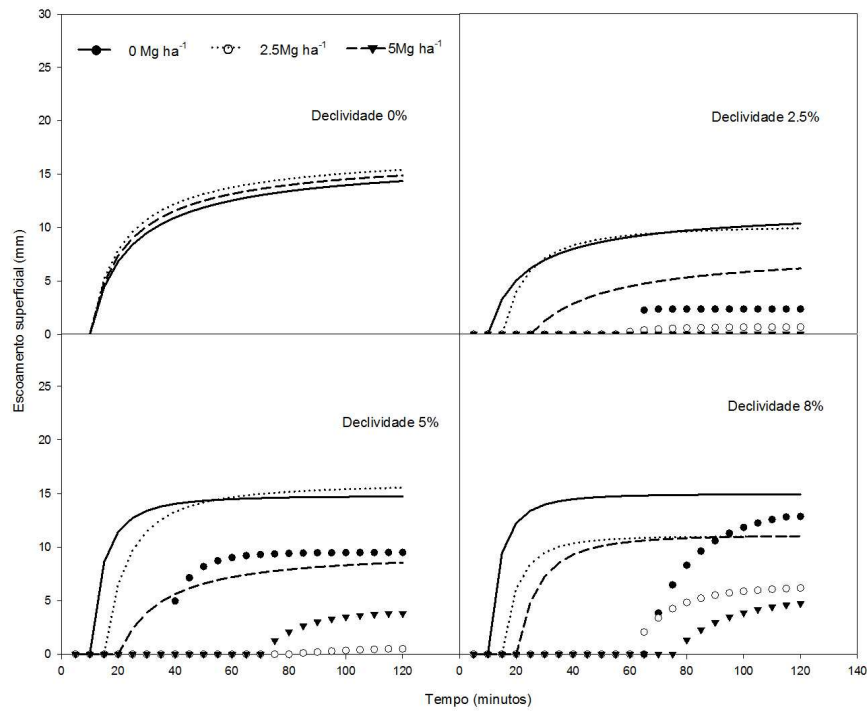


Figura 2. Taxa de escoamento superficial ajustada pelo modelo modificado de Smith, para a chuva de 30 mm h⁻¹ Chuva 1 (símbolos) e Chuva 2 (linhas), em função dos diferentes níveis de cobertura da superfície do solo nas quatro declividades do terreno. Santa Maria, RS, 2011.

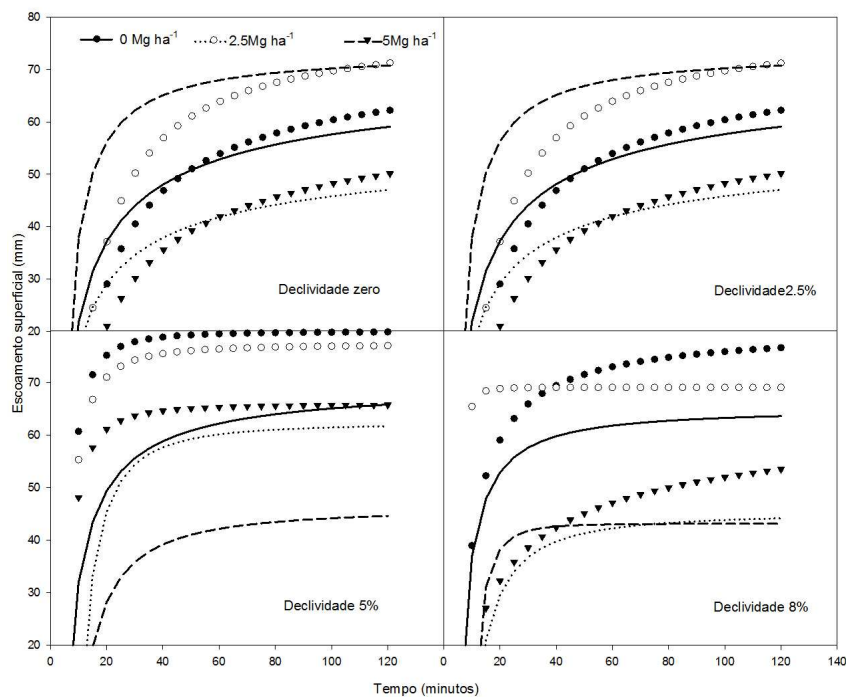


Figura 3. Taxa de escoamento superficial ajustada pelo modelo modificado de Smith, para a chuva de 80 mm h⁻¹ Chuva 1 (símbolos) e Chuva 2 (linhas), em função dos

diferentes níveis de cobertura da superfície do solo nas quatro declividades do terreno. Santa Maria, RS, 2011.

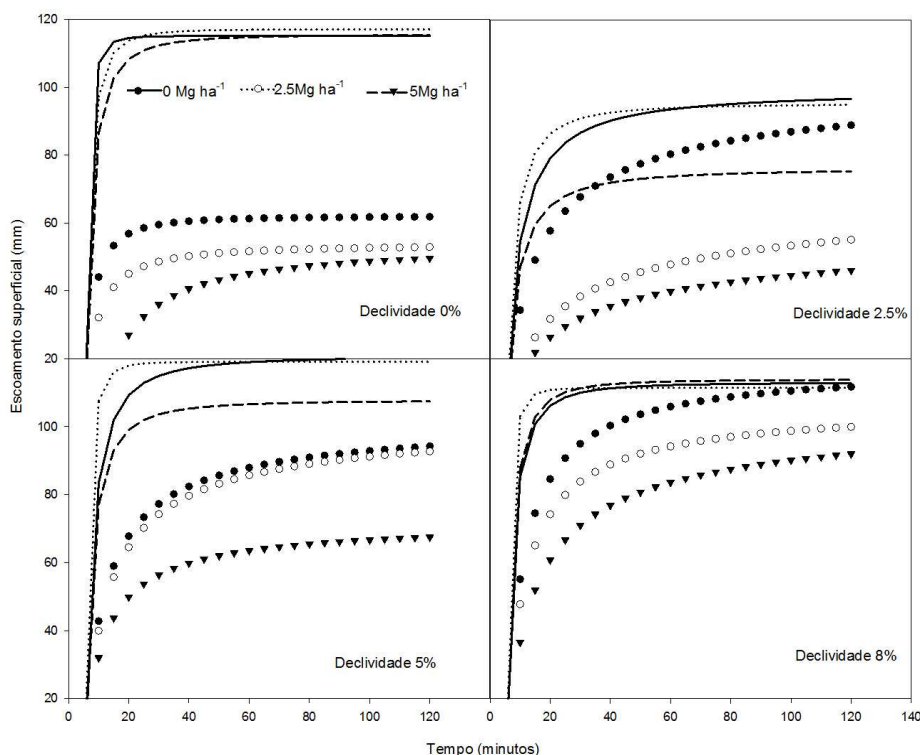


Figura 4. Taxa de escoamento superficial ajustada pelo modelo modificado de Smith, para a chuva de 120 mm h^{-1} Chuva 1 (símbolos) e Chuva 2 (linhas), em função dos diferentes níveis de cobertura da superfície do solo nas quatro declividades do terreno. Santa Maria, RS, 2011.

Nas chuvas de 80 mm h^{-1} (Figura 3) e 120 mm h^{-1} (Figura 4) na declividade de 8%, as reduções na taxa de escoamento superficial constante foram maiores utilizando $2,5 \text{ Mg ha}^{-1}$ de resíduos vegetais de aveia na superfície do solo em comparação com a utilização de 5 Mg ha^{-1} deste resíduo. A taxa de escoamento superficial constante com a utilização de $2,5 \text{ Mg ha}^{-1}$ de resíduos vegetais de aveia na superfície do solo foi reduzida em 14 e 10% em relação ao solo desnudo, respectivamente, nas intensidades de chuva de 80 e 120 mm h^{-1} .

Avaliando quatro quantidades de massa seca de resíduos vegetais na superfície do solo Silveira & Salvador (2000) observaram que, de 0 para 3 Mg ha^{-1} de massa seca a redução nas perdas de água por escoamento superficial foi de aproximadamente 70%. A partir dos 3 Mg ha^{-1} de resíduo vegetal na superfície do solo, os efeitos da massa seca na redução das perdas de água foram mínimas.

Observa-se que para as duas variáveis (taxa de escoamento superficial constante e tempo de início do escoamento superficial) na Chuva 2, os resíduos vegetais na superfície do solo foram menos efetivos do que na Chuva 1, isso deve-se a maior umidade do solo no início da Chuva 2 (Figura 1), neste caso a capacidade de infiltração do solo é excedida em menor tempo, dessa forma resultou em valores mais elevados de taxa de escoamento superficial constante e tempo de início do escoamento superficial reduzido.

6 CONCLUSÕES

Maiores intensidades de chuva, acentuadas declividades do terreno e elevado conteúdo de água no solo no início das chuvas, resulta em maiores taxa de escoamento superficial constante e menor tempo de início do escoamento superficial, implicando em maior perda de água por escoamento superficial.

A presença de resíduos vegetais na superfície do solo retarda o início do escoamento superficial e reduz a taxa de escoamento superficial constante, para diferentes intensidades de chuva (30, 80 e 120 mm h⁻¹) e declividades do terreno (0, 2,5, 5 e 8%).

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

8

ALBUQUERQUE, A. W.; NETO, F. L.; SRINIVASAN, V. S.; SANTOS, J. R. Manejo da cobertura do solo e de práticas conservacionistas nas perdas de solo e água em Sumé, PB. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n.1, p. 136-141, 2002. Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662002000100024>.

Acesso em: 12/2/2011.

ALVES, M.C.; CABEDA, M.S.V. Infiltração de água em um Podzólico Vermelho escuro sob dois métodos de preparo, usando chuva simulada com duas intensidades. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.23, n.4, p.754-761, 1999.

BERTONI, J. C.; TUCCI, C. E. M. Precipitação. In: TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001.

CASTRO, L. G.; COGO, N. P.; VOLK, L. R. S. Alterações na rugosidade superficial do solo pelo preparo e pela precipitação e sua relação com a erosão hídrica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 30, n. 3, p. 339-352, 2006. Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662002000100024>.

Acesso em: 12/2/2011.

COGO, N.P.; LEVIEN, R.; SCHWARZ, R.A. Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 743-753, 2003. Disponível em:

<<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v27n4/a19v27n4.pdf>>. Acesso em: 13/2/2011.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: EMBRAPA, Serviço de Produção de Informação, 1999. 412 p.

HOWELL, T. A., EVETT, R., TOLK, J. A., SCHNEIDER, A. D. Evapotranspiration of full-, deficit-irrigated, and dryland cotton on the Northern Texas High Plains. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, Estados Unidos, v. 130, p. 277-285, 2004. Disponível em: <<http://ddr.nal.usda.gov/bitstream/10113/2682/1/IND43717928.pdf>>. Acesso em: 13/2/2011.

MORENO, J.A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 42 p.

MICHELON, C. J. ; CARLESSO, R.; PETRY, M. T. ; DAVID, G.; SANTA, C. D. Qualidade física dos solos irrigados do Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 5, p. 1308-1315, 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v37n5/a14v37n5.pdf>>. Acesso em: 13/2/2011.

PEREIRA, L. S.; OWEIS, T.; ZAIRI, A. Irrigation management under water scarcity. **Agricultural Water Management**. v. 57, n. 3, p. 175-206, 2002.

REICHERT, J.M.; VEIGA, M.; CABEDA, M.S.V. Selamento superficial e infiltração de água em solos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 16, n. 3, p. 289-298, 1992.

ROMERO, A. L.; GRANÃ, R. C. Modelos para el cálculo de la lluvia efectiva y su aplicación en caña de azúcar, **Caña de Azúcar**, Venezuela, v. 17, p. 3-20, 1999. Disponível em: <http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_ci/canadeazucar/canal701/texto/lromero.htm>. Acesso em: 13/2/2011.

SILVA, C. L. A. et al. Modelagem da precipitação efetiva na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 6, p. 929-937, 1994. Disponível em: <http://webnotes.sct.embrapa.br/pdf/pab1994/junho/pab14_jun_94.pdf>. Acesso em: 14/2/2011.

SILVEIRA, R.C.; SALVADOR, N. Uso de simulador de chuva no estudo de perdas de solo e água em parcelas com resíduos culturais de milho. **Ciência Agrotécnica**, Lavras-MG, v. 24, n. 3, p. 718-729, 2000.

SPOHR, R. B. **Influência das características físicas do solo nas perdas de água por escoamento superficial no sul do Brasil e Uruguai**. 2007. p 105. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007. Disponível em: <http://w3.ufsm.br/ppgea/admin/teses/1605080946_Renato_Beppler_Spohr.pdf>. Acesso em: 14/2/2011.

SPOHR, R. B.; CARLESSO, R.; GALLÁRRETA, C.G.; PRÉCHAC, F.G.; PETILLO, M.G. Modelagem do escoamento superficial a partir das características físicas de alguns solos do Uruguai. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 1, p. 74-81, jan/fev, 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v39n1/a12v39n1.pdf>>. Acesso em: 14/2/2011.