

EROSÃO HÍDRICA E INFILTRAÇÃO DE ÁGUA SOB DIFERENTES TIPOS E COBERTURA DE SOLO

*Caroline Alvarenga Pertussatti*¹ *Teodorico Alves Sobrinho*²; *Lais Cristina Soares Rebucci*³;

*Dulce Buchala Bicca Rodrigues*⁴; *Paulo Tarso Sanches de Oliveira*⁵

RESUMO – Em decorrência da importância atribuída à gestão dos recursos hídricos, estudos sobre os fatores que influenciam o gerenciamento de bacias hidrográficas ganharam foco no mundo inteiro. Neste trabalho, foram avaliadas as perdas de solo e a infiltração de água em três tipos de solo, sob chuva simulada, e verificada a adequação de modelos na estimativa da taxa de infiltração. Os testes com o simulador de chuvas possibilitaram a determinação do escoamento superficial, da perda de solo e da infiltração de água no solo. A taxa de infiltração foi determinada experimentalmente e estimada utilizando os modelos de Kostiakov-Lewis, Horton e Philip. Após os testes, verificou-se que o tempo para o início do escoamento superficial foi maior nas parcelas com cobertura, o que acarretou aumento na infiltração e diminuição da enxurrada, principal responsável pela perda de solo. Os modelos apresentaram-se eficientes na estimativa de taxas de infiltração, necessárias ao manejo do solo. Porém, o modelo de Kostiakov-Lewis resultou um melhor ajuste. Além disso, os resultados desse estudo reafirmaram a importância da cobertura vegetal na mitigação dos processos erosivos.

ABSTRACT – Due to the importance given to the management of water resources, studies on the factors that influence the management of watersheds gained worldwide focus. In this work, soil loss and water infiltration in three types of soil under simulated rain was evaluated and verified the adequacy of models to estimate the infiltration rate. Tests with the rainfall simulator allowed the determination of runoff, soil loss and water infiltration into the soil. The infiltration rate was determined experimentally and estimated using the model Kostiakov-Lewis, Horton and Philip. After the tests, it was found that the time for the start of runoff was higher in plots with vegetation, leading to increased infiltration and reduced runoff, primarily responsible for soil loss. The models showed to be effective to estimate infiltration rates, necessary for soil management. However, the model Kostiakov-Lewis led a better fit. Moreover, the results of this study reaffirmed the importance of vegetation in mitigating soil erosion.

Palavras-Chave – simulador de chuvas, perda de solo, taxa de infiltração.

¹ Mestranda em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos pela Universidade de Brasília. Prédio SG-12, térreo, UNB – campus Universitário, Asa Norte. CEP 70910-900. E-mail: cpertussatti@hotmail.com

² Prof. Associado. Departamento de Hidráulica e Transportes. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS). Cidade Universitária, Campus da UFMS, Campo Grande, MS, CEP 79070-900, Caixa Postal 549. UFMS. Fone: (67) 3345-7497. E-mail: talves@nin.ufms.br

³ Engenheira Ambiental pela UFMS. E-mail: laisrebucci@gmail.com

⁴ Doutoranda em Hidráulica e Saneamento pela USP/São Carlos. Universidade de São Paulo, campus São Carlos, Av. Trabalhador São-carlense, 400, CEP 13566-590. E-mail: dulce_bbr@yahoo.com.br

⁵ Doutorando em Hidráulica e Saneamento pela USP/São Carlos. Universidade de São Paulo, campus São Carlos, Av. Trabalhador São-carlense, 400, CEP 13566-590. E-mail: paulotarsoms@hotmail.com

INTRODUÇÃO

A erosão hídrica é um processo de degradação que afeta significativamente a capacidade produtiva dos solos. A chuva exerce sua ação erosiva mediante o impacto de sua gota e, posteriormente, através do escoamento superficial (Bertoni & Lombardi Neto, 1990). Existem alguns métodos para determinar a taxa de infiltração: infiltrômetro de anéis, simulador de chuvas, entre outros (Mao et al., 2008).

Com o intuito de melhor compreender a erosão dos solos, simuladores de chuva são usados, pois permitem repetições de condições controladas do escoamento e da perda de solo. Estes equipamentos permitem a obtenção de dados hidrológicos para diferentes combinações de classes de solo, cobertura e sistemas de cultivo (Alves Sobrinho et al., 2008). Além disso, a utilização de chuvas artificiais elimina a necessidade de espera por um determinado evento de chuva natural.

A infiltração tornou-se alvo dos cientistas de solo e água, pela sua relevância no balanço hídrico, na irrigação e na agricultura. E por isso, houve um avanço na modelagem matemática para facilitar seu cálculo (Cecílio et al., 2003; Mishra et al., 2003; Ma et al., 2009). Deve-se considerar que a infiltração de água no solo está diretamente ligada ao escoamento superficial e à erosão do solo.

Os modelos que descrevem a infiltração são teóricos (baseados na teoria física do escoamento em meios porosos – Equação de Darcy ou de Richards) ou empíricos (relacionam os parâmetros a atributos do solo, sem que tenham obrigatoriamente significado físico).

Segundo Brandão et al. (2003), há uma limitação no empirismo, pois os dados ajustados são válidos apenas para as condições em que eles foram determinados, ou seja, não podem ser adotados para outros tipos de solo.

Dentre as equações empíricas, uma das mais utilizadas é a de Kostiakov-Lewis, cujos parâmetros são avaliados a partir de dados experimentais. Outro modelo empírico foi o desenvolvido por Horton. Ambos os modelos apresentam coeficientes que podem ser calculados a partir de dados de infiltração medidos em campo.

Já Philip desenvolveu um modelo teórico baseado na Equação de Richards. O modelo teórico de Philip pode ser calculado por métodos numéricos ou por meio de análise de regressão, a partir de medições da infiltração.

Comparando a adequação dos modelos de Horton e de Kostiakov-Lewis, Alves Sobrinho et al. (2003) e Panachuki et al. (2006) concluíram que, para estimar a taxa de infiltração em condições de chuva artificial, a equação de Horton é a mais adequada.

A infiltração de água no solo pode ser afetada por fatores como: atributos físicos do solo (textura, estrutura, porosidade, umidade, declividade do terreno, rugosidade superficial); cobertura do solo (vegetação, solo exposto); manejo do solo; selamento superficial; características da água; energia da chuva e compactação da subsuperfície do solo (Brandão et al., 2003; Li et al., 2009).

A cobertura vegetal é responsável pelo aumento da macroporosidade da camada superficial, protege os agregados do impacto direto das gotas de chuva e, conseqüentemente, pode favorecer a ocorrência de altas taxas de infiltração, diminuindo consideravelmente as perdas de água e solo (Brandão et al., 2003; Bertol et al., 2007). Considerando esse fator, Carvalho et al. (2009) concluíram que a perda de solo foi mais influenciada pelo emprego de diferentes tratamentos dados ao solo do que pela perda de água.

Silva et al. (2005) verificaram que o aumento da porcentagem de cobertura do solo, para intensidades de precipitação constantes, possibilita a diminuição expressiva nas perdas de solo. Além disso, a redução do potencial erosivo do impacto das gotas de chuvas intensas pela elevação do percentual de cobertura do solo faz com que o processo de erosão passe a ser dominado pelo efeito erosivo do escoamento superficial.

Deste modo, objetivou-se (i) avaliar as perdas de solo e a infiltração de água em três tipos de solo, com e sem cobertura vegetal, e (ii) verificar a adequação das equações de Horton, Kostiakov-Lewis e Philip na estimativa da taxa de infiltração, sob chuva artificial.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em três diferentes classes de solo presentes na bacia hidrográfica do Ribeirão Salobra, tributário do Rio Aquidauana. Os solos estudados são classificados como Latossolo Roxo Distrófico (LR), Latossolo Vermelho-Escuro (LV) e Neossolo Quartzarênico (NQ), sendo caracterizados conforme a Tabela 1.

Tabela 1 – Classificação textural dos solos

Classe textural	Tipos de Solo		
	LV	LR	NQ
	Método da Pipeta (%)		
Argila	6,6	5,4	3,8
Silte	19,6	75,0	26,0
Areia	73,8	19,6	70,2
Textura	Franco-Arenosa	Franco-Siltosa	Franco-Arenosa

LV – Latossolo Vermelho-Escuro; LR – Latossolo Roxo; NQ – Neossolo Quartzarênico

Os dados de perda de solo, da infiltração de água no solo e do escoamento superficial foram obtidos experimentalmente com o simulador de chuvas portátil desenvolvido por Alves Sobrinho et al., (2002 e 2008). O equipamento é constituído por cinco módulos independentes, o que facilita o transporte e a operação em campo.

O simulador é equipado com dois bicos Veejet 80.150, posicionados a 2,30 m de altura em relação ao solo, que produzem chuva artificial com diâmetro médio volumétrico de gotas correspondente a 2,0 mm. A relação entre a energia cinética da chuva produzida pelo simulador e a energia cinética da chuva natural corresponde a valores acima de 90%.

A área da parcela experimental, de 0,70 m², foi delimitada por chapas de aço galvanizado, no formato retangular, com 0,70 m de largura e 1 m de comprimento no sentido do declive, permitindo a coleta do volume de água escoado superficialmente.

As parcelas foram submetidas à pré-molhamento 24 horas antes do início dos testes. O pré-molhamento é necessário para que o solo atinja condições iniciais de uniformidade de umidade nos testes. Para evitar o selamento superficial, prejudicial ao teste, este procedimento foi realizado através de um sistema gotejamento.

O simulador de chuvas foi calibrado para aplicação de chuva contínua, com intensidade de precipitação de 60 mm h⁻¹. O intervalo de tempo compreendido entre o início da aplicação da chuva e o início do escoamento foi registrado como tempo de início do escoamento superficial em cada parcela.

Após o início do escoamento superficial, foram realizadas coletas sucessivas do escoamento superficial durante o período de um minuto, com intervalos de 1 minuto, totalizando 30 coletas por parcela, no período de uma hora de teste. As simulações envolveram três repetições em parcelas aleatórias, na presença e ausência de cobertura vegetal, e classificadas de acordo com os três tipos de solos encontrados na bacia hidrográfica.

Para quantificar a perda de solo adotou-se o método direto (Bertoni & Lombardi Neto, 1990), feito por meio da coleta do solo transportado por arraste superficial. Assim, a cada 6 minutos, amostras do escoamento superficial de cada parcela foram armazenadas e levadas à estufa para secagem e determinação do peso. Com esses dados, foi possível avaliar o efeito da cobertura vegetal sobre a perda de solo para os diferentes tipos de solo da bacia.

As lâminas de escoamento superficial foram determinadas através da relação do volume escoado a cada 2 minutos e da área de 0,70 m². Com a diferença entre a lâmina de escoamento e a lâmina precipitada, tem-se a lâmina de água infiltrada, em cada intervalo de tempo. A taxa de infiltração então é calculada a partir da relação entre a lâmina infiltrada e o tempo de infiltração considerado.

Como a taxa de infiltração é influenciada tanto pelas condições de superfície (cobertura vegetal, uso do solo, entre outros) como pela umidade do solo, amostras de solo foram coletadas a uma profundidade aproximada de 10 cm antes do início dos experimentos, para determinação da umidade inicial.

Para a comparação das médias, os resultados foram submetidos à análise de variância, com posterior aplicação do Teste de Tukey a 5% de significância.

Considerando os valores das taxas de infiltração obtidos pelos testes, utilizou-se os Modelos de Horton (Eq. 1), Kostiakov-Lewis (Eq. 2) e Philip (Eq. 3) para verificar a estimativa da taxa de infiltração de água, nos diferentes tipos de solo.

$$i = i_f + (i_0 - i_f) \cdot e^{-\beta} \quad (1)$$

$$i = i_f + \kappa \cdot \alpha \cdot t^{\alpha-1} \quad (2)$$

$$i = f_1 + \frac{1}{2} \cdot f_2 \cdot t^{-1/2} \quad (3)$$

em que: i – taxa de infiltração, mm h^{-1} ; i_0 – taxa de infiltração inicial observada, mm h^{-1} ; i_f – taxa de infiltração final, mm h^{-1} ; α , β , κ , f_1 e f_2 – parâmetros estatísticos; t – tempo de infiltração considerado, min.

Os parâmetros α , β , κ , f_1 e f_2 foram estimados a partir de análise de regressão, considerando-se os dados de infiltração medidos em campo com o simulador de chuvas.

A qualidade do ajuste dos modelos foi avaliada através de regressões não lineares entre valores estimados e valores médios observados em cada tratamento estudado, juntamente com os respectivos coeficientes de determinação. Na avaliação, foram também utilizados os seguintes índices estatísticos: coeficiente de massa residual (CMR) (Eq. 4), coeficiente de ajuste (CA) (Eq. 5) e eficiência (EF) (Eq. 6).

$$\text{CMR} = \left(\sum_{i=1}^n O_i - \sum_{i=1}^n P_i \right) / \sum_{i=1}^n O_i \quad (4)$$

$$\text{CA} = \sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2 / \sum_{i=1}^n (P_i - \bar{O})^2 \quad (5)$$

$$\text{EF} = \frac{\left[\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2 / \sum_{i=1}^n (O_i - \bar{P})^2 \right]}{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2} \quad (6)$$

em que: O_i – valores observados, P_i – valores estimados, n – número de observações, \bar{O} – média aritmética das observações e \bar{P} – média aritmética dos valores estimados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios observados de umidade inicial do solo e declividade, necessários para a avaliação da simulação, estão descritas na Tabela 2, assim como as taxas médias de infiltração de início e final dos testes, em parcelas com (PCC) e sem cobertura (PSC).

Tabela 2 – Valores médios observados

	LV		LR		NQ	
	Condições Iniciais					
Umidade (%)	17,3 a		38,0 b		30,0 ab	
Declividade (°)	6,0		5,7		4,0	
	Taxa de Infiltração (mm h ⁻¹)					
	PCC	PSC	PCC	PSC	PCC	PSC
Inicial (i_o)	55,68	53,68	49,81	48,44	56,19	42,07
Final (i_f)	43,06 Aa	27,22 Ab	14,86 Ba	7,91 Cb	42,40 Aa	11,51 Bb

Médias seguidas com a mesma letra minúscula, para as umidades do solo, não diferem entre si a 5% de significância pelo Teste de Tukey. Médias de infiltração final seguidas com a mesma letra minúscula na mesma linha, para as duas condições de cobertura e no mesmo tipo de solo, não diferem entre si a 5% de significância pelo Teste de Tukey. Médias de infiltração final seguidas com a mesma letra maiúscula, para a mesma condição de cobertura nos três tipos de solo, não diferem entre si a 5% de significância pelo Teste de Tukey.

Em relação à umidade do solo, verificou-se que não houve diferenças estatísticas entre o latossolo vermelho e o neossolo e entre o latossolo roxo e o neossolo. Já o menor valor de umidade do latossolo vermelho em relação ao latossolo roxo possivelmente está relacionado ao maior tempo para início de escoamento superficial nas parcelas para o latossolo vermelho.

Para a mesma cobertura de solo, considerando os três tipos de solo, a taxa de infiltração final apresentou-se menor no latossolo roxo em parcelas com e sem cobertura, o que é explicado pela menor macroporosidade em sua composição do que nos outros solos, mais arenosos. Para parcelas sem cobertura, o latossolo vermelho apresentou maiores valores de infiltração do que o neossolo quartzarênico. Entretanto, a taxa de infiltração final para estes dois tipos de solo não apresentaram diferenças estatísticas em parcelas com cobertura.

Observaram-se menores valores de taxa de infiltração em solos sem cobertura do que com cobertura, nos três tipos de solo (Tabela 2), assim como o tempo para início de escoamento em parcela sem cobertura é relativamente menor do que na com cobertura (Tabela 3). Considerando esses fatores, observa-se que a cobertura vegetal auxilia no aumento da taxa de infiltração e,

consequentemente, diminui o tempo para início do escoamento superficial. Considerando ainda que, segundo Liu et al. (2010), a quantidade de água que infiltra na superfície do solo afeta diretamente a quantidade de escoamento superficial e a erosão do solo.

Diversos autores obtiveram resultados semelhantes (Silva & Kato, 1998; Silva et al., 2005; Bertol et al., 2007; Kato et al., 2009), evidenciando a importante função desempenhada pela cobertura vegetal no favorecimento à elevação da taxa de infiltração de água no solo, além de preservar as propriedades físicas e impedir a formação de selamento superficial que é uma das principais causas da diminuição da infiltração de água no solo.

Tabela 3 – Resultados de perda média de solo e água e tempo para início do escoamento superficial

LV		LR		NQ	
PCC	PSC	PCC	PSC	PCC	PSC
Perda de solo ($\text{g m}^{-2} \text{h}^{-1}$)					
1,08 Aa	16,47 Ab	2,59 Aa	20,19 Ab	1,42 Aa	31,65 Aa
Tempo de início do escoamento (min)					
5,67	7,00	5,33	2,67	12,00	3,67
Perda de Água (mm h^{-1})					
8,37 Aa	14,77 Ab	21,57 Ba	25,20 Bb	8,17 Aa	21,57 Cb

PCC – Parcela com Cobertura, PSC – Parcela sem Cobertura. Médias seguidas com a mesma letra minúscula na mesma linha, para os dois tipos de cobertura e no mesmo tipo de solo, não diferem entre si a 5% de significância pelo Teste de Tukey. Médias seguidas com a mesma letra maiúscula, para as mesmas coberturas nos três tipos de solo, não diferem entre si a 5% de significância pelo Teste de Tukey.

Ao avaliar a perda de solo, observou-se que, estatisticamente, os tipos de solo não influenciaram na perda de solo. No entanto, mesmo não existindo diferenças estatísticas, o latossolo vermelho escuro obteve menores valores de perda de solo em parcelas sem cobertura que o latossolo roxo e o neossolo quartzarênico (Tabela 3). Na análise granulométrica realizada verificaram-se maiores quantidade de silte nos solos latossolo roxo e neossolo quartzarênico (Tabela 1), assim, esses solos possuem maior erodibilidade que o latossolo vermelho, o que justifica os maiores valores de perda de solo tanto nas parcelas com quanto nas sem cobertura vegetal.

Em relação ao tipo de cobertura, entretanto, nos latossolos, observou-se menor perda de solo em parcela com cobertura do que em parcela sem cobertura. O neossolo não apresentou diferenças estatísticas em relação à cobertura, mesmo assim, observa-se menor perda de solo em parcela com cobertura do que sem cobertura.

Para perda de água, analisando-se os dados nas parcelas com e sem cobertura, nos três tipos de solo, o latossolo roxo apresentou maior perda de água que os outros dois tipos de solo. O latossolo vermelho e o neossolo não apresentaram diferenças estatísticas para valores de perda de água em parcelas com cobertura. Entretanto, para parcelas sem cobertura, o latossolo vermelho obteve

menores valores de perda de água que o neossolo. Pode-se atribuir esse resultado ao menor valor de umidade para o latossolo vermelho do que nos outros tipos de solo, saturando-o mais lentamente, e obtendo-se, assim, menor escoamento superficial.

Considerando-se a influência da cobertura na perda de água, o maior valor está relacionado a parcelas sem cobertura do que com cobertura.

Verificou-se que nas parcelas sem cobertura, as perdas de solo e água foram, respectivamente, aproximadamente 91 e 40% maiores que nas parcelas com cobertura. Já Albuquerque et al. (2002) observaram que nas parcelas com cobertura morta, houve redução nas perdas de solo e água de cerca de 99 e 74% respectivamente, em relação às parcelas desmatadas.

Os coeficientes ajustados para os modelos matemáticos e os índices estatísticos apresentados na Tabela 4, permitem avaliar que os modelos apresentaram, em geral, boa qualidade no ajuste aos dados observados.

Em relação aos índices, quanto mais próximo de zero o valor do CMR e quanto mais próximo de 1 o valor do CA, melhor o ajuste. No geral, as previsões de todos os modelos testados foram razoavelmente boas. Conforme os índices CA e CMR, para todas as parcelas, o modelo de Kostiakov-Lewis apresentou o melhor desempenho.

Tabela 4 – Parâmetros estatísticos estimados

	LV		LR		NQ	
	PCC	PSC	PCC	PSC	PCC	PSC
Modelo de Kostiakov-Lewis						
α	-0,26050	-0,00874	-0,13706	0,00149	-0,39829	-0,01097
κ	-58,40136	-3162,35177	-250,78613	23829,59395	-34,21610	-2632,41303
i_f	41,14086	27,11044	14,65702	6,69944	42,30930	12,77867
CMR	0,00003	0,00003	0,00023	-0,00024	-0,00015	-0,00008
CA	2,03077	1,38917	1,12942	1,26127	1,52057	1,23988
EF	0,00066	0,00028	0,00023	0,00019	0,00112	0,00029
Modelo de Horton						
β	0,30547	0,25661	0,32293	0,46392	0,35969	0,30215
i_f	41,23528	27,74899	15,29640	8,31353	42,38106	13,66335
CMR	0,00205	0,00366	0,00643	0,01660	0,00093	0,00525
CA	2,87874	1,77087	1,53953	2,08741	2,20646	1,67439
EF	0,00066	0,00028	0,00023	0,00019	0,00112	0,00029
Modelo de Philip						
f_1	38,73371	22,75010	8,99405	1,89168	39,95243	8,14422
f_2	27,76867	55,81253	67,30803	65,79257	25,57943	58,85943
CMR	0,00003	0,00003	0,00023	-0,00026	-0,00015	-0,00010
CA	2,50907	1,45002	1,23227	1,56838	1,74650	1,26847
EF	0,00066	0,00028	0,00023	0,00019	0,00112	0,00029

Onde: i_f – taxa de infiltração final estimada; α , κ , β , f_1 , f_2 – parâmetros estatísticos

Paixão et al. (2009) ajustaram os dados obtidos com infiltrômetro de anel e concluíram que o modelo proposto por Horton foi o que apresentou melhor desempenho, apesar de os modelos de Horton, Kostiakov e Kostiakov-Lewis terem apresentados resultados praticamente similares. Já Urchei e Fietz (2002) avaliaram a adequação dos modelos de Horton e Kostiakov-Lewis e concluíram que a equação de Kostiakov-Lewis é a mais adequada para estimar a taxa de infiltração básica, utilizando o método dos anéis concêntricos.

Os modelos subestimam a taxa de infiltração final, relacionada aos valores positivos do Coeficiente de Massa Residual, exceto nos modelos de Kostiakov-Lewis e Philip para o neossolo quartzarênico e para parcela sem cobertura para o latossolo roxo. Deve-se considerar que as diferenças nas previsões podem ser atribuídas a diversos pressupostos do modelo e das condições do campo, especialmente o antecedente de umidade do solo (Bamutaze et al., 2010). O coeficiente de ajuste demonstrou que os modelos subestimaram os valores nos três modelos, observado através dos valores maiores que 1.

As equações completas de Horton, Kostiakov-Lewis e Philip ajustadas para cada tipo e cobertura de solo estão apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5 – Equações ajustadas para os tipos e coberturas de solo

Tipo e cobertura do solo	Equações		
	Kostiakov-Lewis	Horton	Philip
LV PCC	$i = 41,14 + 15,18.t^{(-1,260)}$	$i = 41,24 + 14,47.e^{(-0,305.t)}$	$i = 38,73 + 13,89.t^{(-0,5)}$
LV PSC	$i = 27,11 + 28,46.t^{(-1,009)}$	$i = 27,75 + 25,95.e^{(-0,257.t)}$	$i = 22,75 + 27,91.t^{(-0,5)}$
LR PCC	$i = 14,66 + 34,36.t^{(-1,137)}$	$i = 15,30 + 34,50.e^{(-0,323.t)}$	$i = 8,99 + 33,65.t^{(-0,5)}$
LR PSC	$i = 6,70 + 355,07.t^{(-0,999)}$	$i = 8,31 + 40,09.e^{(-0,464.t)}$	$i = 1,89 + 32,90.t^{(-0,5)}$
NQ PCC	$i = 42,31 + 13,62.t^{(-1,398)}$	$i = 42,38 + 13,82.e^{(-0,360.t)}$	$i = 39,95 + 12,79.t^{(-0,5)}$
NQ PSC	$i = 12,78 + 28,96.t^{(-1,011)}$	$i = 13,66 + 28,44.e^{(-0,302.t)}$	$i = 8,14 + 29,43.t^{(-0,5)}$

i – é a taxa de infiltração final, em mm h^{-1} ; t – o tempo, em min

Na análise do coeficiente de determinação (R^2) na qualidade dos ajustes, observados na Figura 1, todos os modelos apresentaram-se de forma semelhante, sofrendo pequenas variações entre seus dados estimados e observados. Dentre os modelos, o de Kostiakov-Lewis foi o que apresentou o melhor coeficiente de determinação em todas as situações.

Avaliando os modelos de infiltração através de dados obtidos com infiltrômetro de duplo cilindro, Bamutaze et al. (2010) observaram que os modelos de Philip e os modelos de Kostiakov obtiveram a melhor precisão (R^2), com valores de R^2 de 0,87 para o modelo de Philip, 0,79 para o modelo de Horton e de 0,87 para o modelo de Kostiakov.

Pode-se observar pelos gráficos, que à medida que aumenta o tempo de precipitação, há uma tendência de diminuir a taxa de infiltração até um valor estável, chamada de taxa de infiltração estável (final).

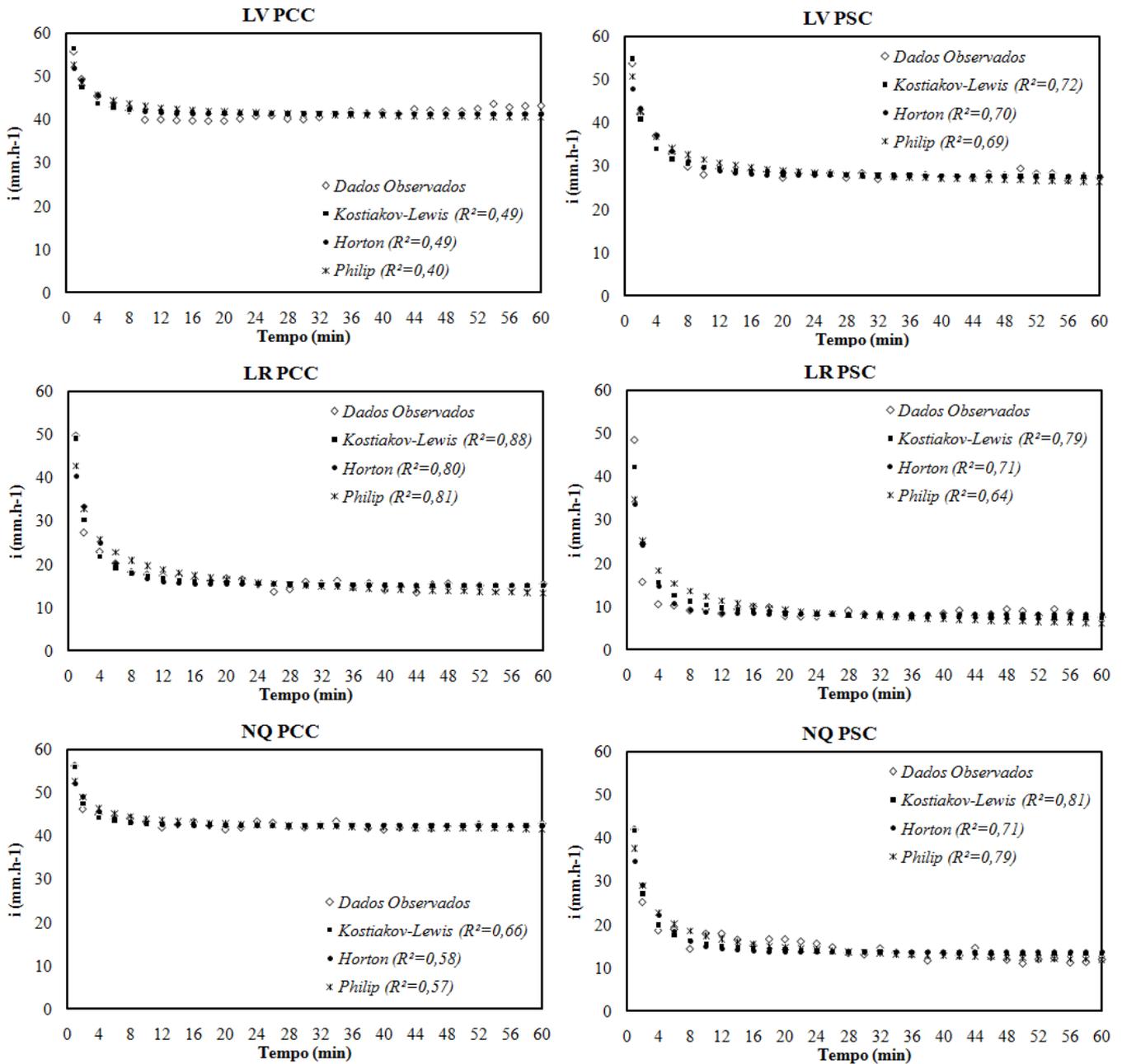


Figura 1 – Taxa de infiltração em função do tempo para os três tipos de solo com ausência e presença de cobertura

CONCLUSÃO

Parcelas com cobertura apresentam maiores taxas de infiltração que parcelas sem cobertura.

As perdas de solo e água são, respectivamente, 91% e 40% maiores nas parcelas sem cobertura.

Os três modelos de infiltração apresentam resultados satisfatórios, no entanto, o modelo de Kostiakov-Lewis foi o que obteve o melhor ajuste para os solos em estudo.

BIBLIOGRAFIA

Albuquerque, A.W.; Lombardi Neto, F.; Srinivasan, V.S.; Santos, J.R. (2002). “*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, v. 6, p. 136-141.

Alves Sobrinho, T.; Ferreira, P.A.; Pruski, F. F. (2002). “*Desenvolvimento de um infiltrômetro de aspersão portátil*”. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 6, p. 337-344.

Alves Sobrinho, T.; Vitorino, A. C. T.; Souza, L. C. F.; Gonçalves, M. C.; Carvalho, D. F. (2003). “*Infiltração de água no solo em sistemas de plantio direto e convencional*”. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 7, p. 191-196.

Alves Sobrinho, T.; Gómez-Macpherson, H.; Gómez, J. A. (2008). “*A portable integrated rainfall and overland flow Simulator*”. Soil Use and Management, v. 24, p. 163–170.

Bamutaze, Y.; Tenywa, M. M.; Majaliwa, M. J. G.; Vanacker, V.; Bagoora, F.; Magunda, M.; Obando, J. Wasige, J. E. (2010). “*Infiltration characteristics of volcanic sloping soils on Mt. Elgon, Eastern Uganda*”. Catena, v. 80, p. 122–130.

Bertol, O.J.; Rizzi, N.E.; Bertol, I. Roloff, G. (2007). “*Perdas de solo e água e qualidade do escoamento superficial associadas à erosão entre sulcos em área cultivada sob semeadura direta e submetida às adubações mineral e orgânica*”. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 31, p. 781-792.

Bertoni, J. & Lombardi Neto, F. (1990). *Conservação do solo*. 3 ed. Ícone Editora: São Paulo-SP, 355 p.

Brandão, V.; Pruski, F. F. & Silva, D. D. (2003). *Infiltração da água no Solo*. 2 ed. Editora UFV: Viçosa, 98 p.

Carvalho, D. F.; Cruz, E. S.; Pinto, M. F. Silva, L. D. B.; Guerra, J. G. M. (2009). “*Características da chuva e perdas por erosão sob diferentes práticas de manejo de solo*”. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v. 13, p 3-9.

Cecílio, R. A.; Silva, D. D.; Pruski, F. F.; Martinez, M. A. (2003). “*Modelagem da infiltração de água no solo sob condições de estratificação utilizando-se a equação de Green-Ampt*”. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 7, p. 415-422.

Kato, H.; Onda, Y.; Tanaka, Y.; Asano, M. (2009). “*Field measurement of infiltration rate using an oscillating nozzle rainfall simulator in the cold, semiarid grassland of Mongolia*”. Catena, v. 76, p. 173–181.

Li, Y. X.; Tullberg, J.N.; Freebairn, D.M.; Li, H.W. (2009). “*Functional relationships between soil water infiltration and wheeling and rainfall energy*”. Soil & Tillage Research, v. 104. p. 156–163.

Liu, H., Lei, T.W., Zhao, J., Yuan, C.P., Fan, Y.T., Qu, L.Q. (2011). “*Effects of rainfall intensity and antecedent soil water content on soil infiltrability under rainfall conditions using the run off-on-out method*”. Journal of Hydrology, v. 396. p. 24-32.

Ma, Y.; Feng, S.; Su, D.; Gao, G. Huo, Z. (2010). “*Modeling water infiltration in a large layered soil column with a modified Green–Ampt model and HYDRUS-1D*”. Computers and Electronics in Agriculture, v. 71. p. 40-47.

Mao, L. L.; Lei, T.W.; Li, X.; Liu, H.; Huang, X.F.; Zhang, Y.N. (2008). “*A linear source method for soil infiltrability measurement and model representations*”. Journal of Hydrology, v. 353, p. 49– 58.

Mishra, S. K.; Tyagi, J. V.; Singh, V. P. (2003). “*Comparison of infiltration models*”. Hydrological Processes, v. 17, p 2629-2652.

Paixão, F. J. R.; Andrade, A. R. S.; Azevedo, C. A. V.; Costa, T. L.; Guerra, H. O. C. (2009). “*Ajuste da curva de infiltração por meio de diferentes modelos empíricos*”. Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia, v. 2, p. 107-112.

Panachuki, E.; Alves Sobrinho, T.; Vitorino, A.C.T.; Carvalho, D.F.; Urchei, M.A. (2006). “*Avaliação da infiltração de água no solo, em sistema de integração agricultura-pecuária, com uso de infiltrômetro de aspersão portátil*”. Acta Scientiarum, v.28, p.129-137.

Silva, L.C. & Kato, E. (1998). “*Avaliação de modelos para a previsão da infiltração de água em solos sob cerrado*”. Pesquisa Agropecuária Brasileira., v. 33, p. 1149-1158.

Silva, D.D; Pruski, F.F.; Schaefer, C.E.G.R.; Amorim, R.S.S.; Paiva, K,W.N. (2005). “*Efeito da cobertura nas perdas de solo em um argissolo vermelho-amarelo utilizando simulador de chuva*”. Engenharia Agrícola, v. 25, p. 409-419.

Urchei, M. A. & Fietz, C. R. (2009). “*Infiltração de água em um latossolo roxo muito argiloso em dois sistemas de manejo*”. Irriga, v. 7.