

Infiltração de Água no Solo em Sistema Plantio Direto sob Doses de Dejeito Líquido Bovino e Intervalos de Avaliação

Verediana Fernanda Cherobim⁽¹⁾; Nerilde Favaretto⁽²⁾; Robson André Armino⁽²⁾; Jeferson Dieckow⁽²⁾ e Gabriel Barth⁽³⁾

⁽¹⁾ Estudante de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo; Universidade Federal do Paraná; Curitiba, PR; verediana.cherobim@gmail.com; ⁽²⁾ Professor do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo; Universidade Federal do Paraná; ⁽³⁾ Pesquisador da Fundação ABC para Assistência e Divulgação Técnica Agropecuária.

RESUMO: A aplicação de dejeito líquido animal em solos agrícolas é uma prática usualmente utilizada por produtores de animais em confinamento. No entanto, efeitos negativos tais como perdas de solo, água e nutrientes podem ocorrer principalmente em eventos de precipitação logo após a aplicação do dejeito. Objetivou-se com esse trabalho: a) verificar a adequação dos modelos de infiltração de Kostiakov-Lewis, Horton e Philip para a estimativa da taxa de infiltração básica de água em solo de plantio direto sob aplicação de dejeito líquido bovino (DLB) e b) analisar o efeito doses de dejeito líquido bovino e intervalos de avaliação na taxa de infiltração básica. Dentre os modelos avaliados, Horton apresentou o melhor ajuste para as condições do estudo. A modificação da superfície do solo pela aplicação do DLB associado às características do solo, resultou em alta variabilidade nos valores de taxa de infiltração básica (TIB). O menor valor de TIB foi encontrado na dose de $90 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ no intervalo de avaliação de 1 dia após a aplicação do DLB. Após intervalo de avaliação de 5 dias os valores de TIB não apresentaram grande variação independente da dose aplicada. Em termos práticos recomenda-se que a dose máxima aplicada seja de $70 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ e o intervalo entre a aplicação de DLB e a ocorrência de precipitação seja de no mínimo 5 dias para evitar possíveis problemas ambientais com poluentes associados ao escoamento superficial.

Termos de indexação: resíduo orgânico líquido, curto prazo, modelos de infiltração

INTRODUÇÃO

A aplicação de dejeito líquido animal em solos agrícolas é prática usualmente utilizada por produtores de animais em confinamento. Quando adequadamente aplicado, além de ser alternativa de destinação, promove melhoria na qualidade do solo.

No entanto, aplicações inadequadas podem resultar em efeitos negativos, tais como perdas de solo, água e nutrientes, principalmente com ocorrência de chuva logo após a aplicação do dejeito. Como efeito em curto prazo, a aplicação de dejeito líquido promove maior escoamento superficial

devido a diminuição da infiltração (Bertol et al., 2007; Mori et al., 2009), no entanto, estudos a longo prazo mostram que aplicação de dejeito aumenta a infiltração de água no solo (Mellek et al., 2010).

A obtenção da taxa de infiltração final no campo é demorada, sendo vários os modelos propostos para estimar este parâmetro, dentre eles Kostiakov-Lewis, Horton e Philip (Jury et al., 1991).

Sendo assim, objetivou-se com esse trabalho: a) verificar a adequação dos modelos matemáticos de Kostiakov-Lewis, Horton e Philip para a estimativa da taxa de infiltração básica de água em solo cultivado em sistema plantio direto sob aplicação de dejeito líquido bovino; b) analisar a taxa de infiltração de água no solo sob doses de dejeito líquido bovino e intervalos de avaliação; e c) inferir sobre o intervalo ideal entre a aplicação de dejeito e a ocorrência de precipitação com contribuição prática para os produtores no sentido de evitar problemas ambientais com poluentes associados ao escoamento superficial.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido a campo em abril/maio de 2012, na Estação Experimental da Fundação ABC para Assistência e Divulgação Técnica Agropecuária, no município de Castro, Paraná. O estudo foi realizado em área sob sistema de plantio direto (SPD) há mais de 20 anos, sendo o solo classificado como Latossolo Bruno distrófico de textura muito argilosa.

Os tratamentos foram constituídos de quatro doses de dejeito líquido bovino (DLB) sendo 00, 30, 60 e $90 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ e cinco intervalos de avaliação de infiltração 1, 5, 10, 25 e 40 dias após aplicação do DLB. Adotou-se o delineamento de blocos casualizados (DBC) em parcelas subdivididas com três repetições, sendo dose de DLB a parcela e intervalo de avaliação de infiltração a subparcela.

Na área da parcela (1,5 m x 1,5 m) optou-se por retirar parte do resíduo vegetal (palhada de milho) a fim de possibilitar um melhor contato entre solo e DLB. As parcelas permaneceram cobertas por lonas para que não houvesse interferência de possíveis

eventos de precipitação durante o período de avaliação.

A avaliação da taxa de infiltração de água no solo (TI) foi realizada a campo de acordo com a metodologia infiltrômetro de anéis concêntricos (Bouwer, 1986), sendo os testes conduzidos até 150 minutos.

Para a determinação da taxa de infiltração básica (TIB), utilizou-se os modelos empíricos propostos por Kostiakov-Lewis, Horton e Philip.

Os conjuntos de dados experimentais que não proporcionaram bons ajustes dos modelos de infiltração, por não apresentarem tendência típica dos ensaios de infiltração de água no solo, foram descartados.

Análise estatística

Todos os parâmetros de ajuste dos modelos avaliados foram obtidos por meio de regressão não linear, valendo-se da técnica dos mínimos quadrados, entre os valores de I e t obtidos nas avaliações de campo.

Para avaliar o ajuste dos modelos foram utilizados os valores dos índices de coeficiente de determinação (R^2) e raiz do erro quadrático médio (RMSE - *Root Mean Square Error*) e os valores do parâmetro TIB. A partir destes valores definiu-se o modelo que melhor se adequou as condições da área em estudo considerando maior R^2 , menor RMSE e valores positivos de TIB.

Com os valores positivos do parâmetro TIB correspondentes aos pares (DBL x intervalo de tempo entre aplicações), realizou-se uma regressão do tipo $z = z(x, y)$ a fim de gerar uma superfície para visualizar o possível efeito do selamento e os locais de ocorrência de altos valores de TIB. A regressão do tipo $z = z(x, y)$ foi então realizada e por meio das derivadas parciais buscou-se encontrar o ponto crítico que maximizasse taxa de infiltração.

$$\frac{\partial z}{\partial x} = 0 \quad \text{e} \quad \frac{\partial z}{\partial y} = 0$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando o índice RMSE, o modelo de Horton apresentou o maior número de ensaios com menor índice RMSE (53%) seguido pelo modelo de Kostiakov-Lewis (43%) e Philip (4%), sendo o modelo que apresentou o melhor ajuste para a maioria dos ensaios avaliados.

Para o coeficiente de determinação (R^2) os valores ficaram próximos a 1,00 na maioria dos ensaios, com pequena variação entre os modelos.

Os ajustes da infiltração pelos modelos foram realizados em mm min^{-1} , sendo que o parâmetro TIB proveniente de Horton apresentou valores positivos para todos os ensaios, ao passo que para os Kostiakov-Lewis e Philip foram observados valores negativos em 6 e 13 ensaios, respectivamente, tornando-os fisicamente incoerentes.

Além dos valores positivos ajustados, o modelo de Horton proporcionou menores valores de RMSE na totalidade de ensaios realizados caracterizando-o como o modelo mais adequado para estimativa de TIB para o solo estudado. Estudos que avaliam a infiltração da água no solo comparando os modelos de ajuste propostos por Kostiakov-Lewis, Horton e Philip, apontaram Horton como o melhor ajuste dos dados, independentemente da textura (Haguigui et al., 2010) e do sistema de manejo do solo (Dalri et al., 2010).

Os ensaios onde os modelos utilizados não foram eficientes no ajuste da TIB, por não seguirem o padrão da curva de infiltração característica (Figura 1a), foram denominados anômalos, ocorrendo em 22 dos 120 ensaios realizados. Nestes ensaios (Figura 1b) a curva da taxa de infiltração instantânea apresenta variações no processo de infiltração inicial, possivelmente em decorrência de fatores intrínsecos do solo, bem como pela utilização do infiltrômetro de anéis concêntricos que podem proporcionar o surgimento de bolhas de ar que afetam o comportamento da TI principalmente com a aplicação de DLB.

Os valores TIB para o solo em estudo apresentaram grande variabilidade, sendo esta uma característica comum na determinação da TI (Bouwer, 1986). No tratamento sem aplicação de DLB a taxa de infiltração variou de 12 a 208 mm h^{-1} nos cinco períodos avaliados. Esses valores são similares os observados por Urchei & Fietz (2002) trabalhando sob condições similares. Em SPD e aplicação de dejetos essa característica é acentuada por fatores como rugosidade superficial, adensamento da camada superficial (Pinheiro et al., 2009), presença de palhada e rede de macroporos contínuos em profundidade (Khan et al., 2001), entre outros.

No intervalo de avaliação de 1 dia após a aplicação do dejetos líquido bovino (Figura 2a) a TI diminuiu com o aumento da dose, sendo que as maiores diferenças foram observadas na dose de 90 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$. Entre as doses de 30 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ e 60 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ não foi observada diferença. Smith et al. (2001) também em experimento de curto prazo, com ocorrência de chuva logo após aplicação do dejetos, encontraram maiores perdas de solo e de água, possivelmente pelo efeito de selamento provocado pelo dejetos, resultando na diminuição da infiltração

de água no solo.

A partir da avaliação de 5 dias após aplicação (Figura 2 b) não é mais evidenciado o efeito do dejetos sobre a TIB, independente da dose aplicada, denotando-se assim que o maior impacto da aplicação de dejetos sobre a infiltração de água no solo e perdas por escoamento superficial ocorrem apenas nos primeiros dias após aplicação.

O melhor ajuste encontrado para os dados médios de TIB, por meio da regressão do tipo $z = z(x, y)$, que permitisse encontrar o ponto crítico de máximo ocorreu da forma:

$$z = a + bx + c \ln(y) + dx^2 + e [\ln(y)]^2 + fx \ln(y) + gx^3 + h [\ln(y)]^3 + ix [\ln(y)]^2 + jx^2 \ln(y)$$

Tabela 1 - Parâmetros de ajuste da equação de regressão da superfície de resposta.

Parâmetro	Valor	Parâmetro	Valor
<i>a</i>	62,31745	<i>f</i>	0,75891
<i>b</i>	-1,33452	<i>g</i>	-9,7531E-05
<i>c</i>	2,49983	<i>h</i>	1,97072
<i>d</i>	0,01663	<i>i</i>	-0,12135
<i>e</i>	-8,86849	<i>j</i>	-0,00204

O ajuste dos valores de TIB pela regressão do tipo $z = z(x, y)$ resultou um coeficiente de determinação (R^2) de 0,73 (Figura 3b). Com essa regressão é possível estimar a combinação máxima dose de DLB e intervalo mínimo de avaliação (ocorrência de chuva) onde a presença do dejetos em superfície não influenciará na TIB.

Por meio do ajuste dos valores de TIB pela regressão observou-se que a combinação que maximiza a taxa de infiltração básica é o tratamento sem aplicação de DLB no intervalo de 1 dia de avaliação, com TIB média de 62 mm h⁻¹ (Figura 3b). Para a aplicação de DLB, estimou-se a melhor TIB (54 mm h⁻¹) para DLB de até 70 m³ ha⁻¹ com intervalo entre a aplicação e a ocorrência de precipitação de no mínimo 5 dias.

CONCLUSÕES

O modelo de infiltração proposto por Horton apresentou melhor ajuste para a maioria dos ensaios realizados, sendo adequado para determinar a taxa de infiltração básica.

O intervalo de avaliação de 1 dia após aplicação de DLB apresentou as menores taxas de infiltração básica, sendo que a menor taxa obtida ocorreu na dose de 90 m³ ha⁻¹.

Recomenda-se que a dose máxima de dejetos líquido bovino aplicada, com elevada concentração de sólidos totais, seja de 70 m³ ha⁻¹ e o intervalo entre aplicação e a ocorrência de precipitação seja,

de no mínimo 5 dias para evitar possíveis problemas ambientais com poluentes associados ao escoamento superficial.

REFERÊNCIAS

BERTOL, O.J.; RIZZI, N.E.; BERTOL, I. & ROLLOF, G. Perdas de solo e água e qualidade do escoamento superficial associada à erosão entre sulcos em área cultivada sob semeadura direta e submetida às adubações mineral e orgânica. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, 31:781-792, 2007.

BOUWER, H. Intake rate: Cylindre infiltrometer. In: Klute A. (Ed.) *Methods of Soil analysis Part 1 Physical and mineralogical methods* 2ed, Maddison, SSA, 1986. 825-844p.

DALRI, A.B.; CORTEZ, G.E.P; RIUL, L.G.S; ARAÚJO, J.A.C & CRUZ, R.L. Influência da aplicação de vinhaça na capacidade de infiltração de um solo de textura franco arenosa. *Irriga*, 4:344-352, 2010.

HAGHIGHI, F.; GORJI, M.; SHORAF, M.; SARMADIAN, F. & MOHAMMADI, M.H.. Evaluation of some infiltration models and hydraulic parameters. *Spanish Journal of Agricultural Research* 8:210-217 2010.

JURY, W.; GARDNER, W.R. & GARDNER, W.H. *Soil physics*. New York, 5.ed. John Wiley & Sons, 1991. 328p.

KHAN, F.U.H.; TAHIR, A.R.; YULE, I.J. Intrinsic implication of different tillage practices on soil penetration resistance and crop growth. *International Journal of Agriculture and Biology*, 3:23-26, 2001.

MELLEK, J.E.; DIECKOW J.; SILVA, V.L.; FAVARETTO, N.; PAULETTI, V.; VEZZANI, F.M. & SOUZA, J.L.M. Dairy liquid manure and no-tillage: Physical and hydraulic properties and carbon stocks in a Cambissol of Southern Brazil. *Soil & Tillage Research*, 110:69-76, 2010.

MORI, H.F.; FAVARETTO, N.; PAULETTI, V.; DIECKOW, J. & SANTOS, W.L dos. Perda de água, solo e fósforo com aplicação de dejetos líquido bovino em Latossolo sob plantio direto e com chuva simulada. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, 33:189-198, 2009.

PINHEIRO, A.; TEIXEIRA, L.P. & KAUFMANN, V. Capacidade de infiltração de água em solos sob diferentes usos e práticas de manejo agrícola. *Revista Ambiente e Água*, 4:188-199, 2009.

SMITH, K.A.; JACKSON, D.R. & WITHERS, P.J.A. Nutrient losses by surface run-off following the application of organic manures to arable land. *Environmental Pollution*, 112:53-60, 2001.

URCHEI, M.A. & FIETZ, C.R. Infiltração de água em um Latossolo Roxo muito argiloso em dois sistemas de manejo. *Irriga*, 7:1-9, 2002.

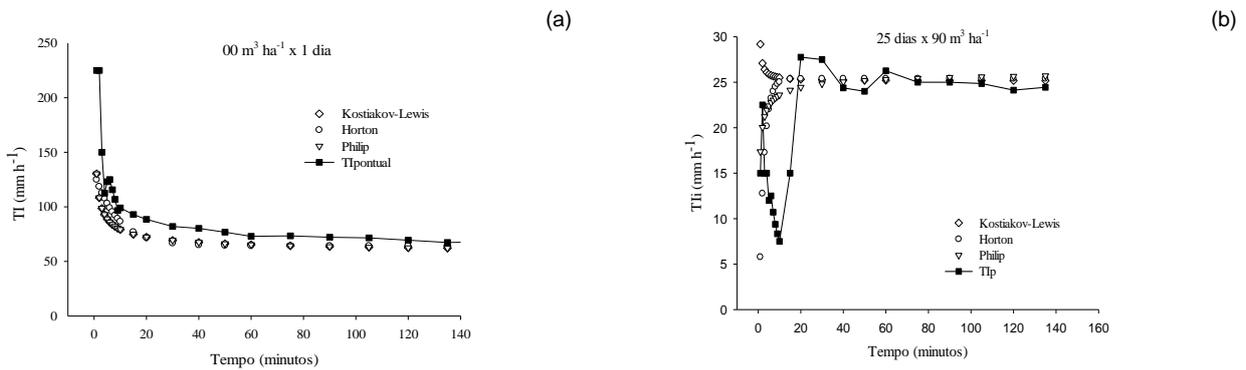


Figura 1 – Exemplo de curva de infiltração característica (a) e de ensaio anômalo (b) ajustados pelos modelos de Kostikov-Lewis, Horton e Philip, bem como a Taxa Infiltração pontual (TIp)

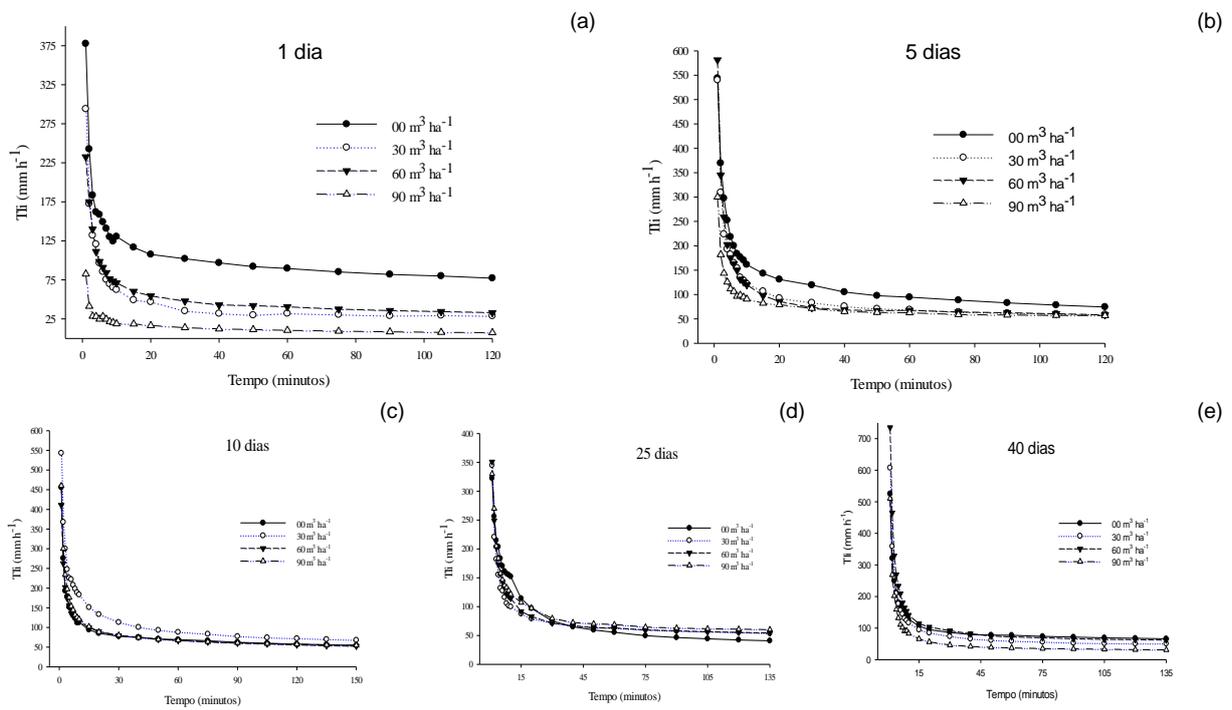


Figura 2 - Curvas da taxa de infiltração ajustados para Horton dos valores médios para doses de 0, 30, 60 e 90 m³ ha⁻¹, no intervalo de avaliação de 1(a), 5(b), 10(c), 25(d) e 40(e) dias após aplicação do DLB

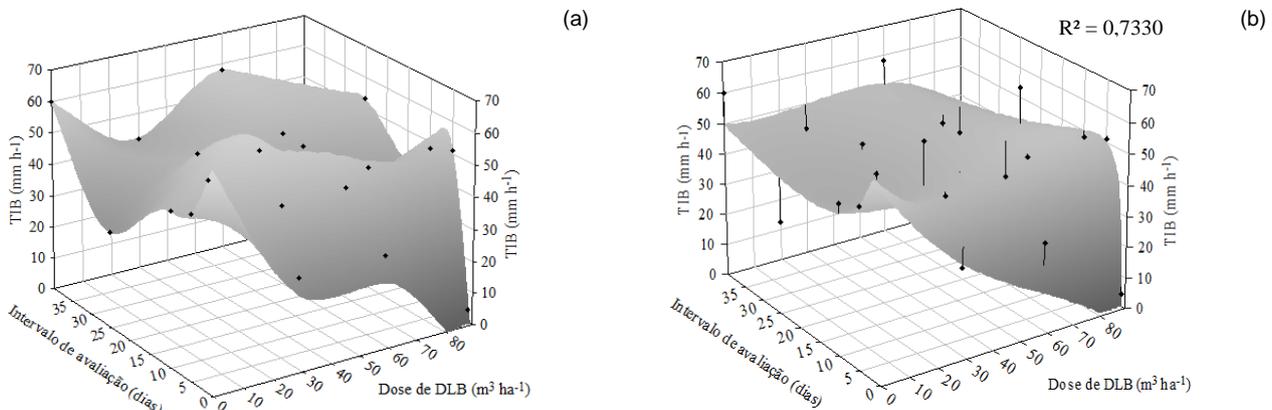


Figura 3 – Superfície de resposta dos dados médios de Taxa de Infiltração Básica (mm h⁻¹): dados sem ajuste (a) e ajustados pela regressão do tipo z(x,y) (b).