

## NOTA CIENTÍFICA

### EFEITO DE POLÍMEROS HIDRORETENTORES NA INFILTRAÇÃO DA ÁGUA NO SOLO

### *EFFECT OF WATER-RETAINING POLYMERS ON INFILTRATION OF WATER INTO SOIL*

Celso Luis PREVEDELLO<sup>1</sup>

Jocely M. Thomazoni LOYOLA<sup>2</sup>

#### RESUMO

Com o objetivo de avaliar o efeito de polímeros hidroretentores na capacidade de infiltração e na profundidade alcançada pela frente de molhamento em dois diferentes meios porosos, um de natureza argilosa e outro de origem marinha, foram realizados alguns experimentos em colunas. As concentrações de polímeros utilizadas foram: 0; 4 e 8 kg m<sup>-3</sup>. Conforme os resultados, os polímeros não alteraram a capacidade de infiltração da água e nem a profundidade alcançada pela frente de molhamento, quando os tempos de infiltração foram curtos (1290 s para o material argiloso e 1500 s para a areia marinha) e os polímeros se encontravam secos no tempo zero da infiltração. Para períodos longos de infiltração, porém, com os polímeros completamente hidratados, a taxa de infiltração foi reduzida em cerca de até 13 vezes, somente no meio poroso argiloso. A ausência de efeitos na areia marinha foi atribuída à presença de cloretos, mas estudos específicos necessitam ser conduzidos para esclarecer essa questão.

**Palavras-chave:** Profundidade de molhamento; hidrogéis; condutividade hidráulica.

#### ABSTRACT

With the objective of evaluating the effect of water-retaining polymers on the infiltration capacity and the depth reached by the wet front in two different porous media, one of a clay nature and the other of a beach sand, experiments in laboratory were performed. The polymer concentrations used were 0; 4 and 8 kg m<sup>-3</sup>. The results showed that the polymers did not affect either the infiltration capacity or the depth reached by the wet front when the infiltration times were relatively short and the polymers were dry at time zero. For long periods of infiltration, when the polymers were completely hydrated, the rate of infiltration was reduced 13-fold, but only in the clay-based porous medium. The absence of effects in the sandy medium could not be explained.

**Key-words:** Wet front; hydrogels; hydraulic conductivity.

<sup>1</sup>Departamento de Solos e Engenharia Agrícola da UFPR, Caixa Postal 2659, 80035-050, Curitiba (PR). E-mail: clpreve@ufpr.br

<sup>2</sup>Departamento de Construção Civil da UFPR, Caixa Postal 19011, 81531-990, Curitiba (PR). E-mail: joloyola@pr.gov.br

## INTRODUÇÃO

A necessidade de aumentar a produção de alimentos, aliada à globalização do comércio e à competitividade dos produtos agrícolas, tem estimulado cooperativas e produtores a buscarem técnicas alternativas para a melhoria da produtividade e redução de custos.

Desse modo, os polímeros hidroretentores passaram a ser pesquisados como forma de minimizar os problemas associados à baixa produtividade, geralmente provocada pela disponibilidade irregular ou deficitária de água e má estruturação do solo.

Esses polímeros, arranjos de moléculas orgânicas, quando secos, possuem forma granular e quebradiça. Ao se hidratarem, transformam-se em gel, cuja forma macia e elástica possibilita absorver cerca de cem vezes o seu peso em água (BALENA, 1998).

Inicialmente utilizados como alternativa de produção para as regiões de clima árido, sua aplicação tornou-se conhecida nas diferentes partes do planeta, diversificando-se sobremaneira, principalmente em hortaliças e culturas anuais.

Segundo BAASIRI et al. (1986) e BALENA (1998), a aplicação dos polímeros hidroretentores tem produzido resultados que variam de acordo com as propriedades físico-químicas dos solos, condições climáticas, culturas, propriedades dos polímeros, etc.

A maior parte das pesquisas realizadas mostrou-se favorável ao emprego de polímeros nos solos agrícolas, apresentando como principal vantagem a melhor utilização da água.

Apesar da existência de um número expressivo de artigos que relatam a utilização de

polímeros hidroretentores como técnica alternativa para a agricultura, as informações sobre seus efeitos nas propriedades hidráulicas do solo ainda são bastante limitadas, contraditórias, e até sugestivas. BAASIRI et al. (1986) e BALENA (1998), por exemplo, constataram que a permeabilidade dos solos diminuiu progressivamente com o aumento na concentração de polímeros, tanto em solos argilosos quanto arenosos. Isso, evidentemente, sugere uma limitação no uso desses polímeros quanto ao aspecto da infiltração da água no solo. Por isso, este trabalho teve por objetivo avaliar, em condições laboratoriais, o efeito de polímeros hidroretentores na capacidade de infiltração da água de dois meios porosos de distintas propriedades físico-químicas: um de natureza argilosa e outro arenosa.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas diferentes concentrações de um tipo de polímero hidroretentor de industrialização belga, em dois meios porosos de distintas propriedades físico-químicas: um Latossolo Vermelho Escuro (LVE), textura argilosa, proveniente da região sudoeste do estado do Paraná, município de Pato Branco, e uma areia marinha, do balneário Caiobá, município de Matinhos, litoral paranaense. Algumas especificações do polímero, da granulometria e das propriedades químicas dos meios porosos, encontram-se nas Tabelas 1, 2 e 3, respectivamente.

TABELA 1 - Composição do polímero utilizado (g kg<sup>-1</sup>).

Hidrogel	Macro elementos	Estimulantes de crescimento	Sílica
395,0	105,0	2,5	497,5

TABELA 2 - Composição granulométrica dos meios porosos (g kg<sup>-1</sup> )

Meio poroso	Areia	Silte	Argila
areia marinha	995	5	0
LVE	40	290	670

TABELA 3 - Algumas características químicas dos meios porosos

Meio poroso	CaCl <sub>2</sub> pH	Al <sup>+3</sup>	H+Al	Ca <sup>+2</sup> +Mg <sup>+2</sup>	Ca <sup>+2</sup>	K <sup>+2</sup>	T	P mg dm <sup>-3</sup>	C g dm <sup>-3</sup>
LVE	5,6	0,0	4,3	12,5	10,5	1,3	18,1	210,0	26,3
Areia marinha	6,1	0,0	2,0	1,7	0,5	0,1	3,8	4,0	0,0

Os meios porosos foram utilizados na forma de TFSA (terra fina seca ao ar) e os ensaios desenvolvidos no laboratório de Física do Solo do Departamento de Solos da Universidade Federal do Paraná, no período de 15 de setembro a 15 de novembro de 2002. Foram usadas as seguintes concentrações de polímeros: 0; 4 e 8 kg m<sup>-3</sup>. Devido

a grande variabilidade granulométrica dos polímeros e a necessidade de uma distribuição homogênea desses nos meios porosos, optou-se por peneirá-los, utilizando-se nos ensaios apenas as frações que ficavam retidas entre as malhas 0,5 e 1,0 mm de diâmetro. Testes preliminares asseguraram que esse procedimento não alterava as propriedades dos

polímeros (BALENA, 1998). As amostras para os ensaios de infiltração foram preparadas incorporando os polímeros em cada meio poroso, até se obter as concentrações desejadas. Em seguida, foram preenchidos os volumes de 6 colunas de vidro de 36 mm de diâmetro interno e 1200 mm de altura. Foram preparadas, para cada tipo de material poroso, 3 colunas: uma isenta de polímeros (testemunha), outra com concentração de polímeros de  $4 \text{ kg m}^{-3}$ , e a terceira com concentração de  $8 \text{ kg m}^{-3}$ . A máxima concentração de polímeros adotada foi  $8 \text{ kg m}^{-3}$  porque acima desse valor, segundo BALENA (1998), há o domínio do efeito dos polímeros sobre as propriedades hidráulicas dos solos, independentemente da sua natureza. Na extremidade inferior das colunas foi fixado um tecido de algodão para sustentação do material em seu interior. Visando evitar a deposição preferencial de partículas nas colunas (segregação), elas foram preenchidas com auxílio de um tubo munido de um funil, por onde o material era introduzido e continuamente alimentado, de modo que esse tubo se mantivesse sempre cheio durante o preenchimento. Foi deixado, em cada coluna, um espaço vazio de 15 mm entre a superfície do material poroso e o seu bordo superior, de modo a permitir a formação de uma carga hidráulica constante durante os ensaios de infiltração. A lâmina de água infiltrada, em função do tempo, foi medida com auxílio de um frasco de Mariotte. No mesmo tempo em que foi feita a leitura do consumo da água nesse frasco, também se fez a leitura da profundidade alcançada pela frente de molhamento na coluna. As medidas foram realizadas em duas fases convencionadas: a primeira fase foi terminada

quando a frente de molhamento atingia o extremo final da coluna. Neste momento, o fundo da coluna foi fechado com auxílio de um filme plástico, de modo a permitir que toda a coluna pudesse ser saturada, o que foi percebido pela constância do nível de água no frasco de Mariotte. A segunda fase de medida iniciou 24 horas depois e envolveu somente a medida da taxa de infiltração, também feita com o frasco de Mariotte, depois que o filme plástico do fundo da coluna foi removido. Finalmente, os valores da profundidade alcançada pela frente de molhamento e da lâmina acumulada de água infiltrada foram plotados em gráfico, para serem comparados e analisados.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Figuras 1 e 2 mostram, respectivamente, as curvas das profundidades alcançadas pela frente de molhamento e as lâminas acumuladas de água em função do tempo de infiltração, para os dois meios porosos e respectivas concentrações de polímeros. Observa-se que tanto as profundidades alcançadas quanto as lâminas infiltradas variaram com a natureza do meio poroso, mas não com as concentrações de polímeros, podendo-se atribuir essas diferenças unicamente aos tamanhos e distribuição de poros desses dois meios. De fato, foi utilizado o teste estatístico de "Kolmogorov- Smirnov" (K-S) do programa estatístico Statgraphics para

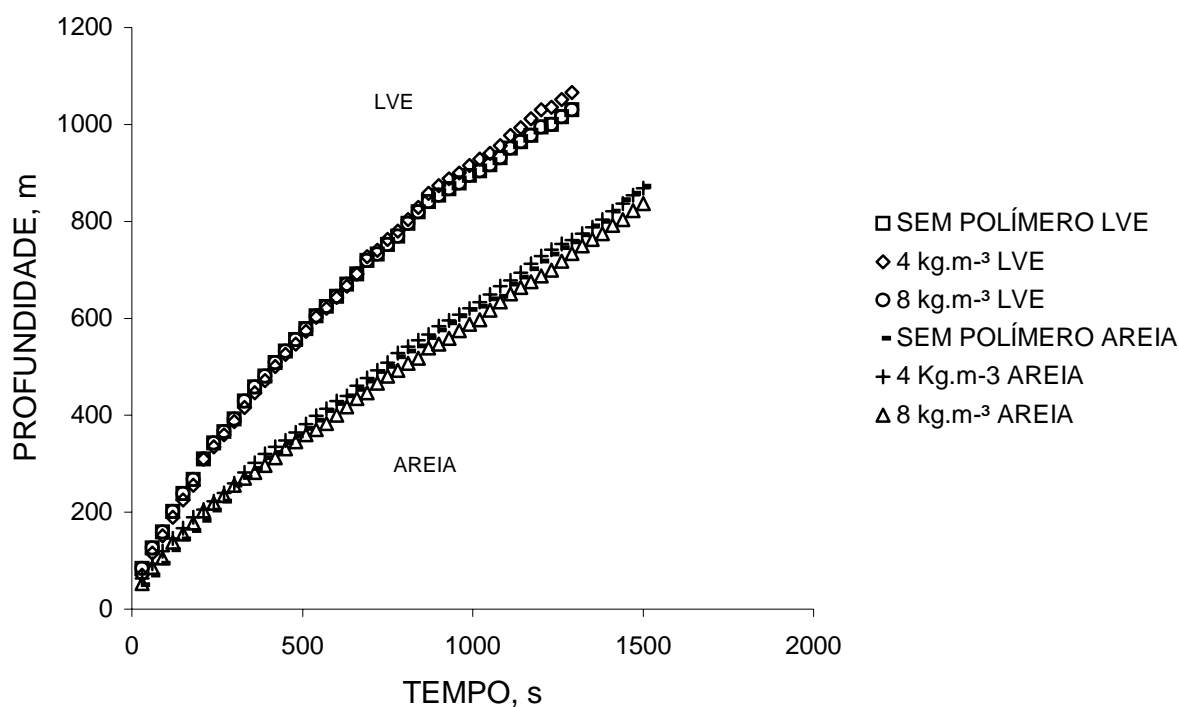


FIGURA 1 - Profundidade alcançada pela frente de molhamento em função do tempo de infiltração na areia marinha e Latossolo Vermelho Escuro (LVE).

verificar a hipótese de igualdade entre os valores observados, tanto da frente de molhamento quanto da lâmina de infiltração acumulada, com e sem polímeros, já que, segundo MENDENHALL (2005), os testes não-paramétricos são muito úteis e freqüentemente mais poderosos do que os métodos paramétricos para detectar diferenças entre populações. Esse teste revelou não haver diferença estatística entre esses valores, para um mesmo meio poroso, ao nível de 1% de significância. Utilizando-se da mesma areia marinha, concentrações de polímeros e de um Latossolo Vermelho Escuro de características físico-químicas próximas ao do Latossolo utilizado neste trabalho, BALENA (1998) mostrou haver diferenças nas curvas de retenção de água e na condutividade hidráulica

desses meios, tanto em condições naturais quanto pelas concentrações de polímeros aplicados. Tais aparentes contradições podem ser atribuídas a duas importantes razões: a primeira delas está relacionada com o fato da infiltração, apesar de se tratar de um processo de molhamento, pode não ter havido suficiente tempo para a hidratação dos polímeros, uma vez que os mesmos encontravam-se secos (na forma de TFSA) no tempo zero da infiltração; a segunda razão pode estar relacionada com o tempo de duração relativamente curto e supostamente insuficiente para haver a completa hidratação dos polímeros nos ensaios de infiltração, que foi de 1500 segundos para a areia marinha e de 1290 para o LVE, mesmo tendo sido infiltradas altas lâminas de água (cerca de 300 mm na areia e 500 mm no LVE).

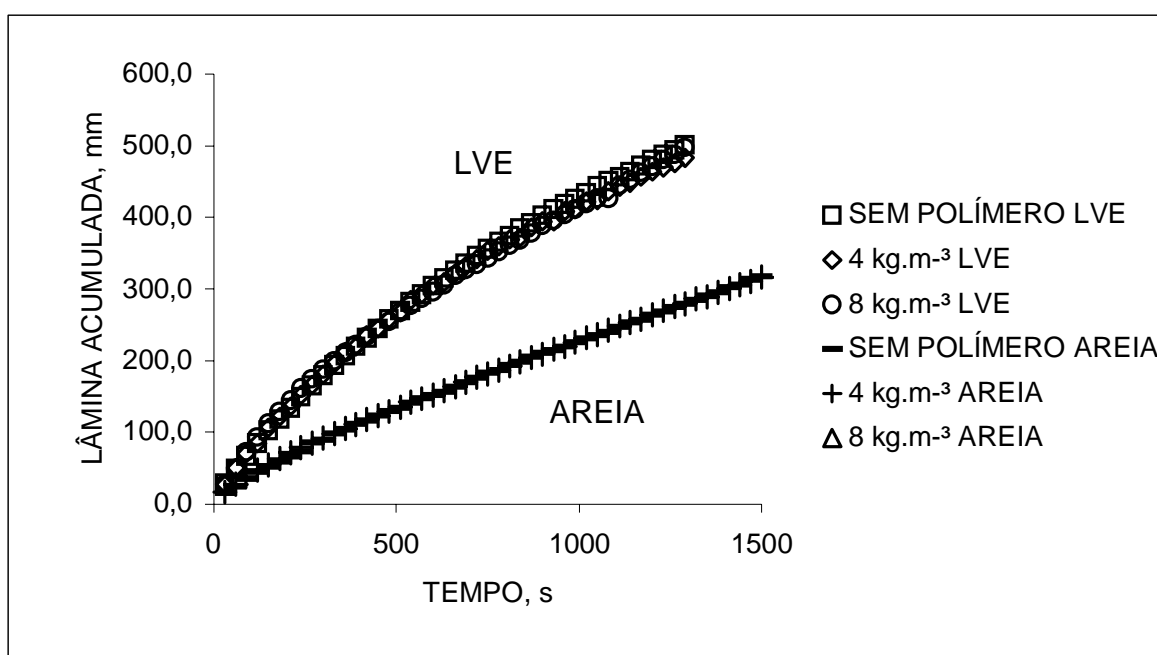


FIGURA 2 - Lâmina acumulada de água em função do tempo de infiltração na areia marinha e Latossolo Vermelho Escuro (LVE)

Os valores experimentais das lâminas de infiltração apresentados na Figura 2 foram todos utilizados para se obter a equação de infiltração para cada meio poroso e respectiva concentração de polímero, de acordo com o modelo de HORTON (1933, 1939), ou seja:

$$I = i_f \cdot t + \frac{i_o - i_f}{\beta} \cdot [1 - \exp(-\beta t)] \tag{1}$$

onde  $i_o$  (mm s<sup>-1</sup>) é a taxa de infiltração inicial (no tempo t=0),  $i_f$  (mm s<sup>-1</sup>) é a taxa de infiltração final, obtida para tempos longos, quando esse valor torna-se constante; e  $\beta$  (s<sup>-1</sup>) é um parâmetro de ajuste. A Tabela 4 apresenta os resultados desses ajustes e seus respectivos coeficientes de determinação, obtidos por regressão não linear. Também se encontram na Tabela 4 os valores das taxas de

infiltração medidas na segunda fase do experimento, ou seja, 24 horas depois da frente de molhamento ter atingido o extremo inferior de cada coluna. Como se observa, os valores das taxas finais de infiltração ( $i_f$ ) da primeira fase dos ensaios pouco variaram com as concentrações de polímeros, para um mesmo meio poroso. Por outro lado, quando os polímeros se encontravam completamente

hidratados, na segunda fase dos ensaios, os valores de  $i_f$  mostraram-se dependentes da concentração de polímero, mas somente para o LVE, chegando reduzi-los em cerca de até 13 vezes. No caso da areia, os valores de  $i_f$  mantiveram-se aproximadamente constantes e próximos daqueles obtidos na primeira fase, contrariando os resultados obtidos por BALENA (1998), que encontrou valores de  $K_s$  de 0,116 mm s<sup>-1</sup> para a concentração de 4 kg m<sup>-3</sup> de polímeros, e 0,059 mm s<sup>-1</sup> para a concentração de 8 kg m<sup>-3</sup> de polímeros. Desde que para tempos longos a taxa de infiltração final,  $i_f$ , tende ao valor da condutividade hidráulica do meio ( $i_f \approx K_s$ ), já que essa taxa é fortemente controlada por fatores que operam na superfície do solo (HORTON, 1933; PHILIP, 1939; MILLER e KLUTE, 1967; PREVEDELLO, 1996), seriam esperados valores de

$i_f$  próximos dos valores de  $K_s$  obtidos por BALENA (1998). É interessante observar que para a determinação de  $K_s$ , nos ensaios conduzidos por BALENA (1998), as amostras também permaneceram em saturação por um período de 24 horas. As razões para esse comportamento distinto, especificamente para a areia marinha, não puderam ser devidamente esclarecidas, até porque a literatura com respeito aos efeitos dos polímeros hidroretentores nas propriedades físicas e hidráulicas de meios porosos ainda é incipiente, particularmente naqueles de origem marinha. SILVA (2002), entretanto, observou, em alguns ensaios expeditos, que alguns sais como cloreto de sódio e de potássio, impediram ou comprometeram severamente a ação dos polímeros na capacidade de adsorção de água. O assunto, de qualquer forma, ainda requer novas investigações.

TABELA 4 - Parâmetros da equação (1) e coeficientes de determinação, de acordo com o meio poroso e respectiva concentração de polímero.

Meio poroso	Concentração kg.m <sup>-3</sup>	$i_f$ mm s <sup>-1</sup>		$i_0$ mm s <sup>-1</sup>	$\beta$ s <sup>-1</sup>	$r^2$	Número de observações na primeira fase
		primeira fase	segunda fase				
LVE	0	0,209	0,209	2,956	$2,55 \cdot 10^{-3}$	0,999	43
LVE	4	0,210	0,057	2,737	$2,15 \cdot 10^{-3}$	0,999	43
LVE	8	0,273	0,016	2,621	$4,49 \cdot 10^{-3}$	0,999	43
Areia marinha	0	0,182	0,182	1,602	$5,73 \cdot 10^{-3}$	0,999	50
Areia marinha	4	0,189	0,161	1,833	$8,44 \cdot 10^{-3}$	0,999	50
Areia marinha	8	0,182	0,170	1,948	$7,67 \cdot 10^{-3}$	0,999	50

Os valores indicam média de 3 medidas por ensaio.

## CONCLUSÕES

- a) Os polímeros não reduziram a capacidade de infiltração de água e nem a profundidade alcançada pela frente de molhamento, quando os tempos de infiltração foram relativamente curtos e os polímeros se encontravam secos no tempo zero da infiltração.
- b) Para períodos longos (24 h), com os polímeros completamente hidratados, a taxa de infiltração foi dependente da concentração de polímero, somente no meio poroso argiloso, chegando reduzi-la em cerca de até 13 vezes. A presença de cloretos na areia marinha pode estar relacionada com a ausência de efeitos dos polímeros nesse meio.

## REFERÊNCIAS

- BAASIRI, M.; RYAN, J.; MUCHEIK, M.; HARIK, S.N. Soil application of a hydrophilic conditioner in relation to moisture, irrigation frequency and crop growth. **Soil Sci. Plant**, v. 17, p. 573-589, 1986.
- BALENA, S.P. **Efeito de polímeros hidroretentores nas propriedades físicas e hidráulicas de dois meios porosos**. Curitiba, 1998. 57 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná.
- MENDENHALL, W. **Probabilidade e estatística**. v. 2. Tradução de José Fabiano da Rocha. Rio de Janeiro: Campus, 2005. 290 p.
- HORTON, R.E. The role of infiltration in the hydrologic cycle. **Trans. Am. Geophys. Un.**, 14<sup>th</sup> Ann. Mtg., p. 456-460, 1933.
- HORTON, R.E. Analysis of runoff-plot experiments with varying infiltration capacity. **Trans. Am. Geophys. Un.**, 20<sup>th</sup> Ann. Mtg., Part IV., p. 693-694, 1939.
- HORTON, R.E. An approach towards a physical meaning of infiltration capacity. **Soil Science Society of America Proceedings**, v. 5, p. 399-417, 1940.
- PHILIP, J. The theory of infiltration. 2. The profile at infinity. **Soil Science**, v. 83, p. 435-448, 1957.
- MILLER, E.E.; KLUTE, A. Dynamics of soil water. Part I: Mechanical forces. In: **Irrigation of agricultural lands**. Madison, American Society of Agronomy, 1967. p. 209-244.
- PREVEDELLO, C. L. **Física do solo com problemas resolvidos**. Curitiba: Salesward-Discovery, 1996. 446 p.
- SILVA, V.C. Conspizza Hidrossemeadura Ltda. Curitiba, Departamento Técnico. (informação pessoal). 2002.

Recebido em 24/07/2006  
Aceito em 06/07/2007

