

## CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-HÍDRICA DE UM CONDICIONADOR DE SOLO E SEUS EFEITOS QUANDO MISTURADO A UM SUBSTRATO ORGÂNICO

**Eliezer Santurbano Gervásio<sup>1</sup>; José Antônio Frizzone<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Instituto Centro de Ensino Tecnológico, Unidade Descentralizada de Sobral, Sobral, CE, esgervas@ig.com.br*

<sup>2</sup>*Departamento de Engenharia Rural, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.*

### 1 RESUMO

O propósito desse trabalho foi caracterizar as propriedades físico-hídricas de um condicionador de solo e verificar os seus efeitos quando misturado a um substrato orgânico. Foi utilizado o condicionador comercial TerraCottem®, o qual foi submetido a ensaios de absorção em água destilada, absorção em solução salina e reabsorção. Posteriormente, doses do condicionador (0; 2,5; 5; 7,5 e 10kg m<sup>-3</sup>) foram adicionadas a um substrato orgânico, o qual foi submetido a ensaios laboratoriais para a determinação da curva característica de retenção de água e condutividade hidráulica do substrato saturado. Os excelentes resultados obtidos em laboratório, principalmente em termos de absorção e reabsorção, não são os mesmos quando da utilização do condicionador misturado ao substrato, podendo inviabilizar a sua aplicação principalmente devido o seu elevado custo. Quando o objetivo é a retenção de água, a atividade dos polímeros hidroabsorventes fica reduzida quando adicionados ao substrato orgânico.

**UNITERMOS:** Condicionador, polímeros hidroabsorventes, substrato.

### GERVÁSIO, E. S.; FRIZZONE, J. A. PHYSICO-HYDRIC CHARACTERIZATION OF A SOIL CONDITIONER AND ITS EFFECTS WHEN MIXED TO AN ORGANIC SUBSTRATE

### 2 ABSTRACT

The purpose of this work was to characterize the physico-hydric properties of a soil conditioner and verify its effects when mixed to an organic substrate. Commercial conditioner TerraCottem® was used, then submitted to absorption tests in distilled water, in saline solution and re-absorption. Afterwards, doses of the conditioner (0; 2.5; 5; 7.5 and 10kg m<sup>-3</sup>) were added to an organic substrate, which was submitted to laboratory tests to determine the characteristic water retention curve and hydraulic conductivity of the saturated substrate. The excellent results obtained in laboratory, mainly for absorption and re-absorption, are not the same ones when compared to the use of the conditioner mixed to an organic substrate, which might make its application impossible mainly due to its high cost. When the objective is water retention, the activity of hydro absorbent polymers is reduced if they are added to organic substrate.

**KEYWORDS:** Conditioner, hydro absorbent polymers, substrate

### 3 INTRODUÇÃO

Condicionador é qualquer produto adicionado ao meio poroso (solo ou substrato orgânico) com o objetivo de melhorar suas propriedades (KÄMPF, 1999). Dentre esses produtos se encontram os polímeros hidroabsorventes. Devido à sua habilidade em absorver centenas de vezes seu próprio peso em água, as poliacrilamidas e os polimetacrilatos (também conhecidos como polímeros absorventes, polímeros super absorventes ou hidrogéis) foram testados na agricultura, horticultura e paisagismo no início dos anos 60. O interesse desapareceu quando experimentos provaram que os mesmos eram fitotóxicos, devido apresentarem um alto resíduo do monômero acrilamida. Muito embora avanços na tecnologia de fabricação diminuíssem a concentração do monômero abaixo do nível de toxicidade, a literatura científica mostrou pouco sucesso no uso desses polímeros em relação ao aumento da qualidade e rendimento das colheitas. As pesquisas foram retomadas no início dos anos 80, com o aparecimento de uma nova geração de polímeros e co-polímeros das famílias da propenamida e propenamida-propenoato (TERRACOTTEM, s.d.).

A literatura apresenta vários trabalhos que mostram os benefícios dos polímeros hidroabsorventes nas propriedades físico-hídricas dos meios porosos. Prevedello & Balena (2000) verificaram que o aumento na dose do polímero reduziu os valores da condutividade hidráulica do meio saturado. Al-Darby (1996) encontrou resultados semelhantes com a adição do polímero em um solo arenoso. Segundo esse autor, a redução da condutividade hidráulica se deve à redução do raio médio dos poros devido à expansão do polímero. Nesse trabalho, também foi verificado um aumento na disponibilidade de água em função das doses crescentes do polímero. Hedrick & Mowry (1952) observaram que aplicação de poliacrilonitrila hidrolisada nas concentrações de 0,01% a 0,1%, em um solo desestruturado, possibilitou

o aumento do número de agregados estáveis. O escoamento superficial foi reduzido devido ao aumento da infiltração. Houve um aumento na disponibilidade de água para as plantas e a taxa de evaporação na superfície do solo foi reduzida. Devido ao aumento da estabilidade de agregados em água nos solos tratados, houve uma melhoria na aeração. Al-Harbi et al. (1999) estudaram o efeito de polímeros hidrofílicos em mistura com solo arenoso no crescimento de plantas de pepino, em vários experimentos sucessivos no mesmo recipiente, durante um período de 2 anos. Verificaram que a densidade inicial da mistura diminuiu em função de doses crescentes do polímero. Ao final do último experimento, constataram que a densidade aumentou em todos os tratamentos e a capacidade de retenção de água diminuiu, sendo observada uma redução mais evidente nos tratamentos que utilizaram as maiores doses do polímero. Esses fatos foram atribuídos à perda da efetividade do polímero com o tempo.

Por outro lado, quando esses polímeros são incorporados aos substratos hortícolas, os efeitos do hidrogel têm provocado resultados variados nas características de retenção de água, no consumo de água e na resposta das plantas (FONTENO & BILDERBACK, 1993). Segundo esses autores, os tipos químicos de polímeros mais freqüentemente usados em mistura com substratos são aqueles derivados do amido, os de poliacrilamida e os co-polímeros de propenoato-propenamida. Para Wang & Gregg (1990), hidrogéis derivados do amido apresentam muitos grupos de hidroxilas, os quais permitem que moléculas de água sejam adsorvidas ao hidrogel, resultando numa rápida absorção e expansão desses materiais. Polímeros de poliacrilamida com elevado grau de ligações cruzadas apresentam baixa capacidade de retenção de água, embora sejam resistentes aos danos causados por vários sais. Já os co-polímeros de propenoato-propenamida apresentam elevada capacidade de absorção em água destilada, entretanto, são fisicamente instáveis na presença de sais devido às poucas e fracas ligações cruzadas.

O comportamento dos três tipos de hidrogéis pode variar de acordo com a quantidade de insumos normalmente utilizados nos cultivos intensivos em casa de vegetação e em viveiros de produção de mudas. Trabalhos têm atribuído essa variabilidade ao efeito dos sais presentes na solução do substrato. Foster & Kever, citados por Fonteno & Bilderback (1993), verificaram que elevadas concentrações de íons livres ou cátions bivalentes na solução reduziram a absorção de água em polímeros sintéticos e à base de amido. Bowman et al. (1990) observaram que a hidratação de três polímeros comerciais de poli(acrilamida), na presença de cátions bivalentes ( $\text{Ca}^{+2}$  e  $\text{Mg}^{+2}$ ) e cátions monovalentes ( $\text{K}^+$  e  $\text{NH}_4^+$ ), foi reduzida a aproximadamente 10% e 20% do seu valor máximo, respectivamente. Verificaram também que ânions, independente da valência, e a uréia (solução de 2 a 20mmol  $\text{L}^{-1}$ ) não afetaram a hidratação dos polímeros.

Quando incorporado aos substratos hortícolas, os efeitos do hidrogel nas propriedades físicas também têm sido variáveis. Ingram & Yeager, citados por Fonteno & Bilderback (1993), não encontraram influência no volume de água retido sob tensão de 10kPa. Bowman et al. (1990) verificaram que não houve efeito nas propriedades físicas, mesmo quando da adição de duas vezes a dosagem recomendada do polímero. Entretanto, Wang & Gregg (1990) observaram que os substratos tratados com um polímero de poli(acrilamida), na ausência de micronutrientes, alcançaram o máximo de retenção de água após seis irrigações, enquanto que naqueles onde houve a adição de micronutrientes, o máximo da retenção ocorreu após 10 irrigações. A quantidade de água retida nos vasos diminuiu após repetidas fertilizações. O volume do substrato no interior dos vasos aumentou com níveis crescentes do polímero, embora nos vasos onde os micronutrientes foram incorporados, esse volume tenha diminuído.

Assim, o objetivo do trabalho foi caracterizar as propriedades físico-hídricas de

um condicionador de solo comercial e seus efeitos quando misturado a um substrato orgânico.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados três ensaios laboratoriais para a caracterização do condicionador (absorção do condicionador, absorção do condicionador em solução fertilizante e reabsorção do condicionador), seguindo a metodologia apresentada por Bowman et al. (1990). Neste trabalho, utilizou-se o produto comercial TerraCottem®, constituído por uma mistura de 23 componentes de quatro diferentes grupos: polímeros hidroabsorventes, fertilizantes, estimuladores de crescimento e um veículo à base de sílica (informações do fabricante).

### 4.1 Absorção do condicionador

Foi realizado um teste de absorção do condicionador em água destilada para verificar a sua hidratação em função do tempo. Para isso, utilizou-se uma amostra de 1g de condicionador, com granulometria compreendida entre 1 e 2mm. Essa amostra foi colocada em um béquer, o qual foi preenchido com 500cm<sup>3</sup> de água destilada ( $\text{CE}_{\text{ad}}=0,0051\text{dS m}^{-1}$ ). O béquer foi coberto com um papel alumínio para evitar a evaporação da água. A intervalos de tempo (0,25; 0,5; 1; 1,5; 2; 3; 18 e 24h), a amostra em fase de hidratação, foi peneirada em peneira de malha fina e pesada em balança de precisão (0,01g). Em seguida, essa mesma amostra foi novamente colocada no béquer para continuar o processo de hidratação. Esse procedimento foi repetido três vezes, possibilitando a elaboração da curva de absorção do condicionador em função do tempo.

#### 4.2 Absorção do condicionador em solução fertilizante

Em condições de cultivo, a presença de sais dissolvidos na solução do substrato afeta a absorção do condicionador. Assim, foi realizado um teste para caracterizar a absorção do condicionador em soluções fertilizantes com diferentes valores de condutividade elétrica. Para isso, foram preparadas soluções cuja condutividade elétrica variou em intervalos crescentes, até o limite superior de  $9\text{dS m}^{-1}$ . Para o preparo das soluções utilizou-se um fertilizante de liberação controlada (N=15%, P=10%, K=10%, Ca=3,5%, Mg=1,5%, S=3%, Fe=0,5%, Mn=0,1%, Cu=0,05%, Zn=0,05% e B=0,02%), o qual foi previamente triturado e peneirado para separação da resina. Para cada ponto da curva foi utilizado 1g de condicionador com granulometria compreendida entre 1 e 2mm, submetendo-o à hidratação em  $500\text{cm}^3$  de solução fertilizante, por um período de 24h. Após esse período, as amostras foram recolhidas em uma peneira de malha fina e submetidas à pesagem. Assim, foi possível determinar a curva de absorção do condicionador em solução fertilizante.

#### 4.3 Reabsorção do condicionador

No manejo de irrigação das culturas é possível que em determinada fase do ciclo seja necessária a aplicação de uma lâmina de água adicional para lixiviar os sais em excesso, a fim de proporcionar o desenvolvimento adequado das plantas. Assim, foi realizado um teste de reabsorção do condicionador em água destilada, após ter sido hidratado em solução fertilizante de elevada condutividade elétrica. Iniciou-se o teste hidratando 1g de condicionador (granulometria entre 1 e 2mm) numa solução fertilizante de condutividade elétrica de  $9\text{dS m}^{-1}$ , por um período de 24h. Em seguida, determinou-se a hidratação do condicionador na solução fertilizante, submetendo-o novamente à hidratação (24h) em água destilada. Esse processo foi repetido por 3 dias, podendo, assim, verificar a reidratação do condicionador

em água destilada a partir da absorção inicial em solução fertilizante.

#### 4.4 Substrato orgânico

Foi utilizado o substrato orgânico comercial Plantmax-Café® constituído de cascas de pinus processadas e enriquecidas, vermiculita expandida, perlita expandida e turfa processada e enriquecida. Segundo o fabricante, o produto apresenta algumas características como umidade em torno de 0,5 a  $0,6\text{kg kg}^{-1}$ , capacidade de retenção de água de pelo menos  $1,5\text{kg kg}^{-1}$ , condutividade elétrica (1:2, base volume) variando de 0,5 a  $1,3\text{dS m}^{-1}$  e pH na faixa de 5,5 a 6,2.

A esse substrato foram adicionadas várias doses de condicionador nas concentrações de 0, 2,5; 5; 7,5 e  $10\text{kg m}^{-3}$ . Em seguida, essas misturas foram submetidas a análises físico-hídricas como a curva característica de retenção de água (CCRA) e a condutividade hidráulica do material saturado.

#### 4.5 Curva característica de retenção de água do substrato

Foi determinada uma CCRA para cada dosagem do condicionador. Cada curva foi constituída de 9 pontos (0; 2; 4; 6; 8; 10; 33; 80; 300 e  $1300\text{kPa}$ ) e 3 repetições por ponto. Até a tensão de  $4\text{kPa}$ , utilizou-se a mesa de tensão, sendo os demais pontos determinados com a utilização do extrator de Richards. Os valores médios de cada ponto foram utilizados para o ajuste do modelo de Van Genuchten.

#### 4.6 Condutividade hidráulica do substrato saturado

O método do permeâmetro de carga constante foi utilizado para a determinação da condutividade hidráulica do substrato saturado. O método foi aplicado de acordo com os passos sugeridos por Libardi (2000). Segundo esse

autor, devem ser utilizados dois cilindros, um para acondicionar a amostra e outro para a formação da carga hidráulica. Durante a fase de saturação da amostra, observou-se a expansão do substrato devido à absorção de água pelo condicionador.

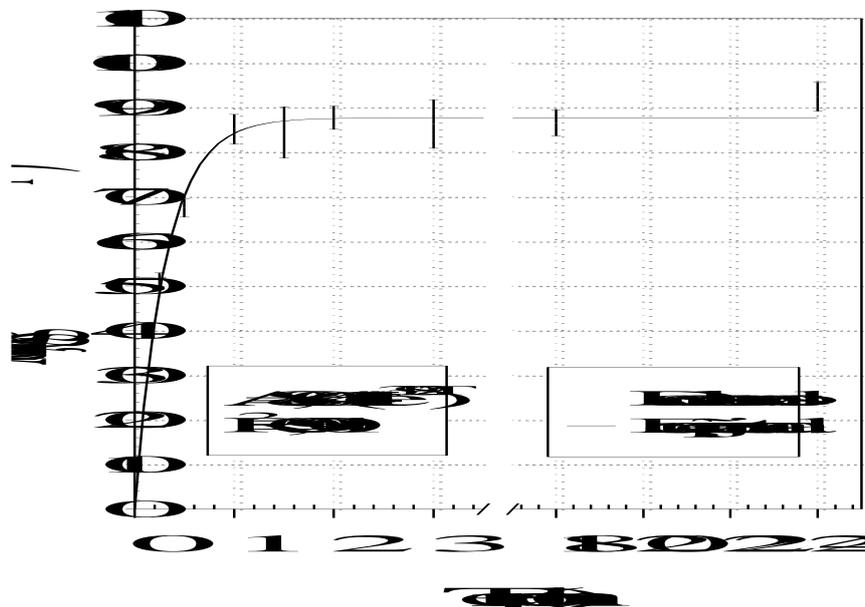
Essa absorção aumentou em função das crescentes doses do condicionador adicionadas ao substrato. Na maior dose, a expansão fez com que o substrato ocupasse mais de  $\frac{3}{4}$  do volume do cilindro adicional, impossibilitando a formação da carga hidráulica. Para evitar esse problema, foi fixado um papel filtro entre os dois cilindros e em seguida submeteu-se as amostras à saturação. Dessa forma foi possível formar a carga hidráulica e a realização do ensaio (metodologia I). Após a determinação da condutividade hidráulica, as amostras foram submetidas à drenagem natural, por 7 dias. Em seguida, retirou-se o papel filtro, submetendo-se as mesmas amostras a um novo processo de saturação e determinação da condutividade hidráulica do material saturado. Assim, foi possível verificar o efeito do papel filtro na determinação dessa propriedade física (metodologia II).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Propriedades físico-hídricas do condicionador

O primeiro ensaio para a caracterização do condicionador referiu-se à absorção do mesmo em água destilada, e os resultados encontram-se na Figura 1.

Verificou-se que a absorção foi muito intensa na primeira hora. Da primeira para a segunda hora, também houve absorção, embora mais discreta, estabilizando-se a um valor de aproximadamente  $90 \text{ kg kg}^{-1}$  até o final do período de ensaio. A rápida absorção inicial parece ser uma característica evidente na maioria dos polímeros hidroabsorventes, alcançando a máxima absorção em poucas horas. Esse comportamento também foi observado por Bowman et al. (1990) e Wang & Gregg (1990), entretanto a níveis de absorção diferenciados, em função das propriedades químicas do polímero e da condutividade elétrica da água utilizada no processo de absorção.



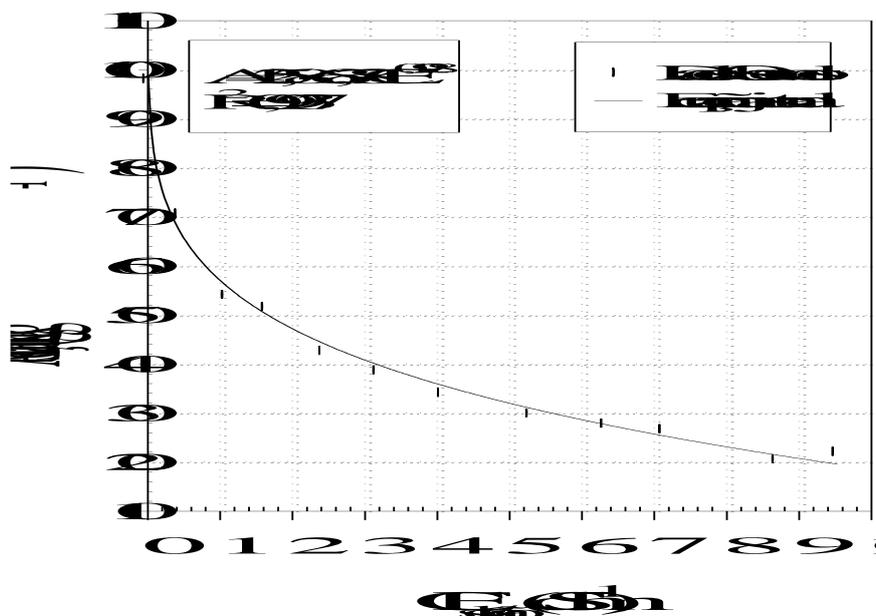
**Figura 1.** Curva de absorção do condicionador em função do tempo. Os dados observados representam valores médios de 3 repetições e as barras verticais o erro padrão da média. ESALQ/USP, Piracicaba, SP, 2002.

O elevado potencial de absorção dos polímeros quando submetidos à saturação em água, não é o mesmo quando são misturados em meios de cultivo, seja solo ou substrato. Quando as amostras de substrato com doses crescentes de condicionador foram submetidas à saturação para a realização da CCRA, esperava-se um aumento significativo na retenção, tendo em vista a capacidade de absorção do condicionador observada no ensaio apresentado na Figura 1. As umidades no ponto de saturação observadas na ausência de condicionador e na maior concentração avaliada ( $10\text{kg m}^{-3}$ ) foram, respectivamente,  $2,39\text{kg kg}^{-1}$  e  $2,65\text{kg kg}^{-1}$ , o que representou um aumento de 10,9% na retenção de água. Fonteno & Bilderback (1993) obtiveram resultados semelhantes. Esses autores recuperaram os polímeros hidratados de uma amostra de substrato à base de casca de pinus, quando essa mesma amostra se encontrava na condição de umidade denominada “capacidade de container” (CC). Verificaram que os polímeros expandiram-se muito menos no substrato do que em água destilada e atribuíram o fato a duas possíveis causas: falta de água livre no substrato na condição de CC e a resistência física oferecida pelo substrato à expansão do polímero. Essa constatação mostra que, em condições reais de

cultivo, o potencial de retenção de água dos polímeros fica limitado.

O outro fator que pode agravar a utilização desses polímeros em meios de cultivo refere-se à sua absorção em soluções salinas (Figura 2).

Foi observada (Figura 2) uma redução de 79,45% na absorção do polímero quando hidratado em soluções de condutividade elétrica de  $0,0051\text{dS m}^{-1}$  e  $9\text{dS m}^{-1}$ . Resultados similares foram observados por Johnson (1984) onde a hidratação de polímeros de acrilamida foi reduzida em mais de 75% por água salina ( $\text{CE}=3,2\text{dS m}^{-1}$ ) em relação à hidratação máxima em água deionizada. Bowman et al. (1990) constataram que a intensidade de redução na absorção está relacionada à valência dos íons presentes na solução, ou seja, a absorção foi mais afetada na presença de cátions bivalentes. Pela Figura 2, também foi verificado que a taxa de redução na absorção foi mais acentuada até o valor de aproximadamente  $1,5\text{dS m}^{-1}$  (redução de 49%). Num sistema de produção de hortaliças utilizando substratos orgânicos, a condutividade elétrica da solução fertilizante, aplicada via fertirrigação, pode atingir valores de  $2,05\text{dS m}^{-1}$ , em função da cultura e do estágio de desenvolvimento (PAPADOPOULOS, 2001).



**Figura 2.** Curva de absorção do condicionador em função da condutividade elétrica da solução. ESALQ/USP, Piracicaba, SP, 2002.

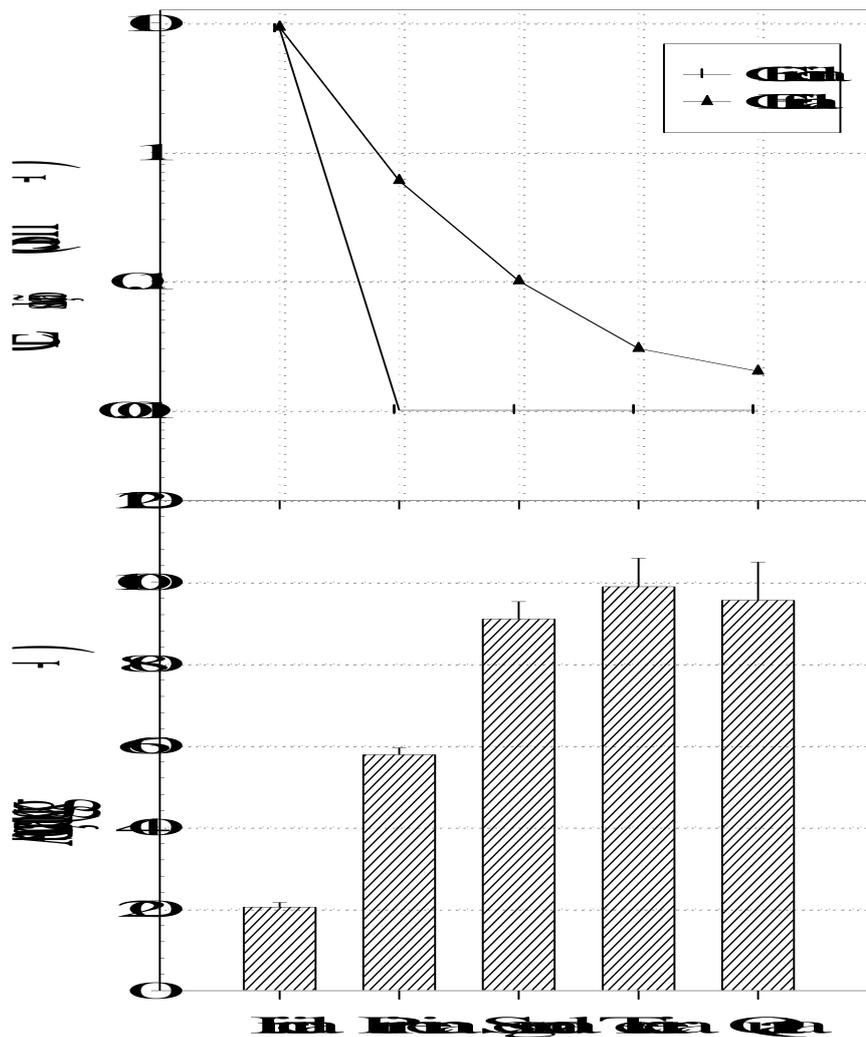
Nessas condições de cultivo, a capacidade de absorção dos polímeros hidroabsorventes ficaria limitada, podendo inviabilizar a sua utilização quando o objetivo é a retenção de água. Bowman et al. (1990), estudando a hidratação de polímeros na presença de sais fertilizantes, concluíram que é improvável que a adição de hidrogéis aumente a capacidade de retenção de água dos substratos, principalmente em sistemas de produção em estufas e viveiros de mudas, onde os níveis de adubação utilizados são elevados.

Na expectativa de verificar a recuperação das características de absorção do condicionador, realizou-se um ensaio de reabsorção e os resultados encontram-se na Figura 3. Verificou-se que, no terceiro dia de hidratação em água destilada, o condicionador recuperou a sua absorção potencial. Essa recuperação no potencial de absorção aconteceu em função da redução da concentração dos íons presentes na solução. A partir do primeiro ciclo de hidratação em água destilada, observou-se que os íons, até então retidos no condicionador, foram deslocados para a solução, aumentando a sua condutividade elétrica ao final de cada etapa de hidratação. Ao longo dos ciclos de hidratação, houve uma aproximação dos valores da condutividade elétrica final e inicial. À medida que o condicionador era separado da solução para iniciar um novo ciclo de hidratação, os íons presentes na solução eram eliminados e os que restavam aderidos no condicionador entravam em equilíbrio com a nova solução formada pela adição de água destilada. Esses resultados evidenciaram a capacidade de reabsorção do condicionador, mostrando que o processo pode ser reversível. Num sistema produtivo, poder-se-ia recuperar a atividade do condicionador adicionado ao substrato, por meio da aplicação de uma lâmina de irrigação excessiva para promover a lixiviação dos sais. Entretanto, as condições

de cultivo não permitem essa rápida recuperação visto que o meio não se encontra saturado (presença de água livre) como nos ensaios laboratoriais. Um outro agravante é que uma prática dessa natureza, visando a hidratação do condicionador e aumento da capacidade de retenção de água do substrato, levaria a perdas significativas dos nutrientes pelo processo de lixiviação, podendo causar deficiências nutricionais nas plantas e poluição de águas subterrâneas. Os excelentes resultados obtidos em laboratório, principalmente em termos de absorção e reabsorção, não são os mesmos quando da utilização do condicionador em meios de cultivo intensivos, podendo inviabilizar a sua aplicação, principalmente devido o seu elevado custo (10 dólares o quilo).

## 5.2 Propriedades físico-hídricas do substrato

As CCRA foram determinadas em laboratório e os resultados estão apresentados na Tabela 1. Segundo Cadahía López (2000), as CCRA dos solos agrícolas são determinadas em amplos intervalos de sucção (0 a 1500kPa). Entretanto, quando se cultiva em recipientes contendo substrato, as plantas não podem ser submetidas a tensões hídricas elevadas, devido ao volume limitado do meio em que se desenvolvem. Nessas condições, a determinação das CCRA se aplica a intervalos de sucção mais estreitos (0 a 10kPa). Dentro desse limite, são definidos alguns conceitos específicos para substratos que permitem caracterizar o mesmo em termos de disponibilidade de ar (capacidade de aeração) e água (água facilmente disponível, água de reserva e água total disponível).



**Figura 3.** Reabsorção do condicionador em água destilada após hidratação inicial em solução salina. ESALQ/USP, Piracicaba, SP, 2002.

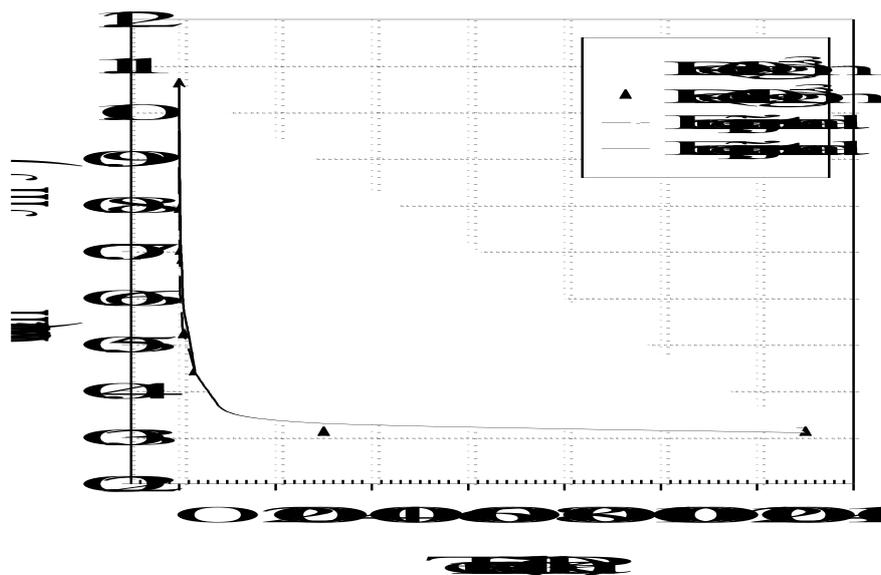
Na Figura 4 é possível a visualização da CCRA do substrato em função de algumas doses do condicionador. Verificou-se que, para a dose de condicionador de  $10\text{kg m}^{-3}$ , a umidade de saturação foi superior a 100%. Isso ocorreu em função da expansão do polímero devido a sua hidratação, o que fez com que o material excedesse o volume do cilindro. Poder-se-ia eliminar o material excedente para manter o mesmo volume controle, entretanto, a retirada desse material implicaria, também, na eliminação de uma certa quantidade do

polímero, descaracterizando o valor da concentração do condicionador previamente estabelecida. Outra alternativa, seria evitar que o material em excesso ultrapassasse o volume do cilindro, por meio da utilização de um peso na face superior do mesmo. Isso possibilitaria a manutenção do mesmo volume, mas representaria uma condição atípica daquela encontrada nas condições de cultivo. Embora não representado na Figura 4, esse fenômeno também foi observado nas doses de  $5\text{kg m}^{-3}$  e  $7,5\text{kg m}^{-3}$  de condicionador.

**Tabela 1.** Ajuste da CCRA, em função de doses de condicionador adicionadas ao substrato, utilizando-se o modelo de Van Genuchten. ESALQ/USP, Piracicaba, SP, 2002.

Condicionador (kg m <sup>-3</sup> )	Equação <sup>1</sup>	R <sup>2</sup>
0	$\theta = 0,31 + \frac{0,65}{\left[1 + (0,00002739  \psi_m )^{0,3126}\right]^{15,43}}$	0,9962
2,5	$\theta = 0,31 + \frac{0,67}{\left[1 + (0,006247  \psi_m )^{0,42}\right]^{3,831}}$	0,9943
5	$\theta = 0,31 + \frac{0,69}{\left[1 + (0,135  \psi_m )^{0,6312}\right]^{1,308}}$	0,9931
7,5	$\theta = 0,30 + \frac{0,69}{\left[1 + (0,05863  \psi_m )^{0,5706}\right]^{1,738}}$	0,9930
10	$\theta = 0,31 + \frac{0,75}{\left[1 + (0,08183  \psi_m )^{0,6662}\right]^{1,661}}$	0,9874

<sup>1</sup>  $\theta$  (m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>);  $\psi_m$  (kPa);  $d_s = 400\text{kg m}^{-3}$ .

**Figura 4.** Curvas características de retenção do substrato nas doses de 0 e 10kg m<sup>-3</sup> de condicionador. ESALQ/USP, Piracicaba, SP, 2002.

Verificou-se, também, que o ganho em retenção de água com a adição do condicionador ao substrato ocorreu até a tensão de 10kPa. A partir desse ponto, os valores de umidade em função da tensão foram praticamente iguais, independente da dose do condicionador. Esse fato é um bom indicativo de que o condicionador, além de aumentar a retenção de água em baixas

tensões, a libera facilmente a ponto de aumentar a sua disponibilidade para as plantas. Uma característica interessante dos substratos à base de casca de pinus é a capacidade de retenção de água em tensões elevadas. Na Figura 4 pode-se observar que esse material foi capaz de reter 32% de água a uma tensão de 1300kPa, independente da dose de condicionador aplicada. Praticamente

um terço da água retida por esse material não está disponível para as plantas. Resultados similares foram encontrados por Fonteno & Bilderback (1993), onde a casca de pinus apresentou uma retenção de 35,2% sob uma tensão de 1500kPa.

Com base nas equações geradas pelo modelo de Van Genuchten (Tabela 1), foi possível estimar a capacidade de aeração (CA), a água facilmente disponível (AFD), a água de reserva (AR) e a água total disponível (ATD) (Tabela 2).

Verificou-se uma diminuição na CA em função do aumento da concentração do condicionador. Isso ocorreu devido à expansão do mesmo, diminuindo a macroporosidade responsável pela aeração do substrato. Essa diminuição poderia ser mais significativa, caso fosse mantido o mesmo volume controle. Observou-se, também, um aumento da ATD (AFD + AR) em função das doses crescentes do condicionador, característica desejável no cultivo em recipientes, principalmente naqueles de menor volume. Esse aumento foi devido à maior retenção em baixas tensões (< 10kPa), visto que, em tensões maiores, a retenção foi a mesma.

Quando comparado com os níveis ótimos sugeridos por Abad et al. (1992), a AFD ficou abaixo do limite inferior de 20%, exceto para a maior dose do condicionador. Já para a ATD, apenas nas doses de 5kg m<sup>-3</sup>, 7,5kg m<sup>-3</sup> e 10kg m<sup>-3</sup> de condicionador, os valores encontram-se nos níveis ótimos. Essas informações são muito importantes, pois o bom desenvolvimento das plantas depende do balanço adequado entre o espaço poroso e a disponibilidade de água. Conhecendo-se previamente as propriedades físicas do material a ser utilizado como substrato, é possível utilizar de técnicas eficientes para melhorar suas características. Por exemplo, seria possível aumentar o valor da AFD e diminuir a CA, por meio da utilização de aditivos (ex., areia fina). Bragg & Chambers, citado por Ansorena

Miner (1994) verificaram que a adição de areia fina (< 1mm) em turfa promoveu uma diminuição da capacidade de aeração, devido ao bloqueio dos poros maiores da turfa pelas partículas finas da areia. A redução da macroporosidade possibilita um aumento na retenção de água.

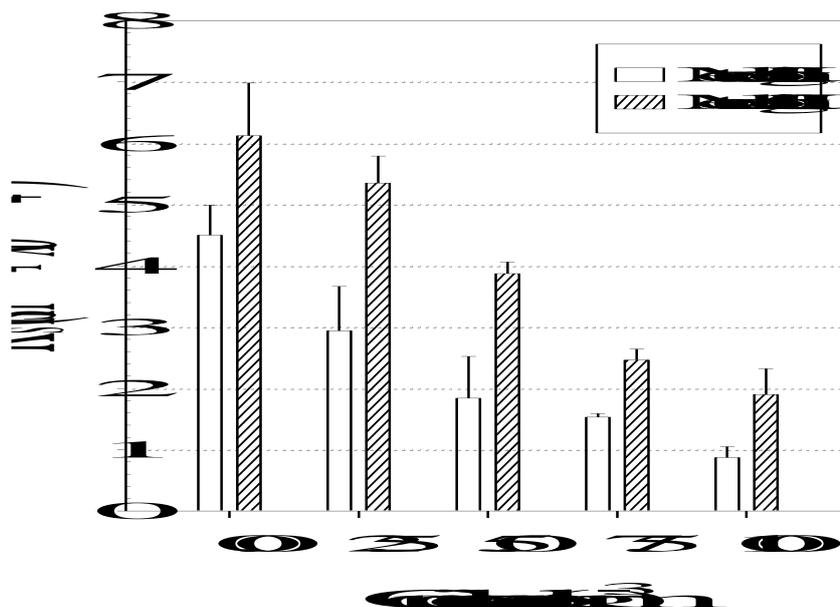
Realizou-se a determinação da condutividade hidráulica do substrato saturado (K<sub>s</sub>) na presença de doses crescentes de condicionador e os resultados se encontram na Figura 5.

Verificou-se que, independentemente da metodologia adotada, os valores de K<sub>s</sub> diminuíram com o aumento da dose do condicionador. Essa diminuição foi devido à expansão do condicionador e conseqüente redução da macroporosidade e a permeabilidade do material. A diferença entre as metodologias pode ser explicada pela restrição oferecida à expansão do condicionador. Na metodologia I foi utilizado papel filtro entre o cilindro contendo o substrato e o cilindro utilizado para a formação da carga hidráulica. Esse papel ofereceu certa resistência à expansão do condicionador e conseqüente aumento do volume do substrato. O resultado foi uma diminuição significativa da macroporosidade com a redução nos valores de K<sub>s</sub>. Na ausência do papel filtro (metodologia II), não houve restrição à expansão do condicionador, permitindo assim, o aumento do tamanho dos poros e, conseqüentemente, maiores valores para K<sub>s</sub>. Embora utilizando solo mineral, a mesma tendência foi observada nos trabalhos de Prevedello & Balena (2000). É possível que, em substratos orgânicos os efeitos da adição de condicionador nos valores de K<sub>s</sub> sejam mais significativos. Os componentes presentes nesse tipo de material apresentam valores de densidade de partícula inferiores aos componentes dos solos minerais. Assim, podem oferecer menor resistência quando da expansão dos polímeros hidroabsorventes.

**Tabela 2.** Armazenamento de água (% volume) em função de doses do condicionador adicionadas ao substrato. ESALQ/USP, Piracicaba, SP, 2002.

	Condicionador (kg m <sup>-3</sup> )					Ótimo <sup>1</sup>
	0	2,5	5	7,5	10	
CA	28	23	19	19	19	10 - 30
AFD	11	14	18	16	20	20 - 30
AR	5	6	8	8	10	4 - 10
ATD	16	20	26	24	30	24 - 40

<sup>1</sup> Níveis ótimos segundo Abad et al. (1992); CA - capacidade de aeração (0 a 1kPa); AFD - água facilmente disponível (1 a 5kPa); AR - água de reserva (5 a 10kPa); ATD - água total disponível (1 a 10kPa).



**Figura 5.** Condutividade hidráulica do substrato saturado em função de doses do condicionador, em duas metodologias de determinação. As barras representam valores médios de 3 repetições e a dispersão, o erro padrão da média. ESALQ/USP, Piracicaba, SP, 2002.

## 6 CONCLUSÕES

A expansão dos polímeros hidroabsorventes presentes no condicionador fica limitada na presença de solução salina.

Quando o objetivo é a retenção de água, a atividade dos polímeros hidroabsorventes fica reduzida quando adicionados ao substrato orgânico, podendo inviabilizar a sua utilização devido ao seu elevado custo.

## 7 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo-FAPESP, pelo apoio financeiro oferecido na realização deste trabalho.

## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABAD, M. et al. Evaluación agronómica de los sustratos de cultivo. **Actas de Horticultura**, Villaviciosa, v.11, p.141-154, 1992.
- AL-DARBY, A.M. The hydraulic properties of a sandy soil treated with gel-forming soil conditioner. **Soil Technology**, Amsterdam, v.9, n.1, p.15-28, 1996.
- AL-HARBI, A.R. et al. Efficacy of a hydrophilic polymer declines with time in greenhouse experiments. **HortScience**, Alexandria, v.34, n.2, p.223-224, 1999.
- ANSORENA MINER, J. **Sustratos: propiedades y caracterización**. Bilbao: Ediciones Mundi-Prensa, 1994. 172 p.
- BOWMAN, D.C.; EVANS, R.Y.; PAUL, J.L. Fertilizer salts reduce hydration of polyacrylamide gels and affect physical properties of gel-amended container media. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.115, n.3, p.382-386, 1990.

- CADAHÍA LOPEZ, C. **Fertirrigacion:** cultivos hortícolas y ornamentales. 2.ed. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 2000. 475 p.
- FONTENO, W.C.; BILDERBACK, T.E. Impact of hydrogel on physical properties of coarse-structured horticultural substrates. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.118, n.2, p.217-222, 1993.
- HEDRICK, R.M.; MOWRY, D.T. Effect of synthetic polyelectrolytes on aggregation, aeration and water relationships of soils. **Soil Science**, Baltimore, v.73, n.1, p.427-441, 1952.
- JOHNSON, M.S. Effect of soluble salts on water absorption by gel-forming soil conditioners. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, New York, v.35, p.1063-1066, 1984.
- KÄMPF, A.N. Seleção de materiais para uso como substrato. In: KÄMPF, A.N.; FERMINO, M.H. **Substrato para plantas:** a base da produção vegetal em recipientes. Porto Alegre: Genesis, 1999. p.139-145.
- LIBARDI, P.L. **Dinâmica da água no solo.** 2.ed. Piracicaba: Ed. do Autor, 2000. 509 p.
- PAPADOPOULOS, A.P. Computerized fertigation for cucumber production in soil and soilless media. **Acta Horticulturae**, Amsterdam, n.548, p.115-124, 2001.
- PREVEDELLO, C.L.; BALENA, S.P. Efeitos de polímeros hidrorretentores nas propriedades físico-hídricas de dois meios porosos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, n.2, p.251-258, 2000.
- TERRACOTTEM. **Guia técnico 1.0.** s.d. 45 p.
- WANG, Y.; GREGG, L.L. Hydrophilic polymers – their response to soil amendments and effect on properties of a soilless potting mix. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.115, n.6, p.943-948, 1990.