

TEDSON LUIS DE FREITAS AZEVEDO

**CONDICIONAMENTO DE SUBSTRATO COM HIDROGEL
SUPERABSORVENTE PARA PRODUÇÃO DE MUDAS EM AMBIENTE
PROTEGIDO**

**MARINGÁ
PARANÁ - BRASIL
FEVEREIRO – 2008**

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

TEDSON LUIS DE FREITAS AZEVEDO

**CONDICIONAMENTO DE SUBSTRATO COM HIDROGEL
SUPERABSORVENTE PARA PRODUÇÃO DE MUDAS EM AMBIENTE
PROTEGIDO**

**Tese apresentada à Universidade
Estadual de Maringá, como parte
das exigências do Programa de
Pós-Graduação em Agronomia,
para obtenção do título de Doutor.**

**MARINGÁ
PARANÁ - BRASIL
FEVEREIRO - 2008**

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha família: Valmir Feitosa de Azevedo (pai), Odete Pereira de Freitas Azevedo (mãe), Patrícia Carvasan Pacola (esposa), Maria Luisa Pacola Azevedo (filha), Felipe Cezar Paccola (enteado), Tedna de Freitas Azevedo e Tenilson de Freitas Azevedo (irmãos).

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual de Maringá (UEM) pela oportunidade oferecida para a realização do curso;

Ao conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da Bolsa de Estudo;

Ao Professor Dr. Altair Bertonha, agradeço pela orientação para a realização deste trabalho e também pela amizade e companheirismo firmados durante todo esse tempo;

Aos Professores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PGA-UEM) pela contribuição oferecida e, em particular, aos Professores do Centro Técnico de Irrigação, CTI-UEM, Antonio Carlos Andrade Gonçalves, Paulo Sergio Lourenço de Freitas e Roberto Rezende pela amizade e orientações sempre que necessárias.

Aos funcionários do CTI-UEM e os alunos de Graduação em Agronomia Anderson C. Silva, José M. Pio e Pedro Vier pela ajuda e amizade;

Ao Sr. José Gilberto Pratinha, em nome do Viveiro de Mudas Cítricas Pratinha, unidade Atalaia-PR, por toda a infra-estrutura e apoio oferecidos para a realização do experimento;

A todos os colegas de curso Celso, Everton, Raquel, Alexandre, Rivanildo, dentre outros pela amizade e companheirismo.

Quero deixar registrado um agradecimento especial a minha esposa, Patrícia, que me despertou, em abril de 2003, para a necessidade e importância do Doutorado para mim, além disso, o apoio e compreensão que tive dela, de forma incondicional, durante os quatro anos de duração do curso.

BIOGRAFIA

TEDSON LUIS DE FREITAS AZVEDO, filho de Valmir Feitosa de Azevedo e Odete Pereira de Freitas Azevedo, nasceu em Monte Alegre, Estado do Pará, no dia 06 de junho de 1972. Em 1996, graduou-se em Agronomia na Faculdade de Ciências Agrárias do Pará (FCAP). Em 1998, ingressou no curso de Mestrado em Agronomia na Universidade Estadual de Maringá, concluindo em 2000. De 2000 a 2001, trabalhou na SNF FLOERGER, empresa de capital francês, com desenvolvimento de produtos. De 2002 até Fevereiro de 2004, trabalhou como Professor do Curso de Agronomia na Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), campus Alta Floresta. Em março de 2004, iniciou o curso de Doutorado em Agronomia pelo Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Maringá.

ÍNDICE

RESUMO.....	vi
ABSTRACT.....	vii
APRESENTAÇÃO.....	viii
Capítulo 1	
RESUMO.....	1
ABSTRACT.....	2
1.1 INTRODUÇÃO.....	3
2.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	5
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	7
4.4 CONCLUSÕES.....	12
5.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	13
Capítulo 2	
RESUMO.....	16
ABSTRACT.....	16
2.1 INTRODUÇÃO.....	17
2.1.1 Evolução dos meios de cultivo.....	17
2.1.2 Caracterização das propriedades físicas dos substratos.....	18
2.1.2.1 Granulometria.....	18
2.1.3 Água Disponível (AD) e Espaço de Aeração (EA).....	20
2.1.4 Condutividade Hidráulica do Meio não Saturado.....	21
2.1.5 Polímeros Superabsorventes ou Hidrogel Superabsorvente.....	22
2.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	24
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
2.3.1 Porosidade Total (PT) e Densidade (d_s).....	27
2.3.2 Espaço de Aeração (EA).....	38
2.3.3 Água Disponível (AD).....	30
2.3.4 Condutividade Hidráulica.....	34
2.4 CONCLUSÕES.....	37

2.5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	38
-----	---------------------------------	----

Capítulo 3

	RESUMO.....	44
	ABSTRACT.....	45
3.1	INTRODUÇÃO.....	46
3.2	MAERIAL E MÉTODOS.....	49
3.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	52
3.3.1	Altura de Plantas e Diâmetro de Caule.....	52
3.3.2	Massa Seca de Planta (MSP) e Massa Seca de Raiz (MSR).....	53
3.3.3	Massa Seca da Parte Aérea.....	55
3.3.4	Análise Foliar.....	56
3.3.5	Sintoma de Deficiência Hídrica do Limoeiro “Cravo”.....	60
3.4	CONCLUSÕES.....	62
3.5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	63

RESUMO

AZEVEDO, Tedson Luis de Freitas, D.Sc. Universidade Estadual de Maringá, Fevereiro de 2008. **Condicionamento de substrato com hidrogel superabsorvente para produção de mudas em ambiente protegido.** Professor Orientador: Dr. Altair Bertonha.

Os substratos atuais empregados no cultivo de plantas podem apresentar uma composição muito variada, desde solo mineral puro e outros componentes inorgânicos, até materiais orgânicos naturais ou sintéticos, passando por misturas em proporções variadas. Os hidrogéis superabsorventes são produtos formados por cadeias longas e flexíveis e por grupos funcionais que facilitam a absorção e retenção de água e de soluções nutritivas. No entanto, as composições dessas soluções comprometem a expansão e, conseqüentemente, sua capacidade de armazenamento. Adicionado ao substrato, modifica sua porosidade, espaço de aeração, densidade, a capacidade de armazenar água e sua condutividade hidráulica. Apesar da sensibilidade aos íons, o hidrogel é usado na composição de substrato para a formação de mudas. Neste estudo, o porta-enxerto de “Limoeiro Cravo” respondeu à adição do hidrogel no substrato para altura de planta, diâmetro de caule e teor de macronutrientes nas folhas, mas não apresentou diferença para o teor de micronutrientes nas folhas.

Palavras-chave: hidrogel, substrato, porta-enxerto, propriedades físicas, nutrientes.

ABSTRACT

AZEVEDO, Tedson Luis de Freitas, D.Sc. State University of Maringá, February 2007. **Conditioning of growing media with superabsorbent hydrogel to seedling production in greenhouse.** Adviser: Dr. Altair Bertonha.

The current growing media used to cultivate plants may present a very diversified composition which might range from pure mineral soil and other inorganic components to natural or synthetic organic materials, as well as mixtures in varied proportions. The superabsorbent hydrogels are products formed by long and flexible chains and by functional groups that facilitate water and nutrients absorption and storage. However, the compositions of such solutions may compromise its expansion, and consequently its capacity of storage. In case it is added to the growing media, it changes its porosity, aeration space, density, water storage capacity and its hydraulic conductivity. In spite of ions sensibility, hydrogel is used in the composition of the growing media for seedlings formation. In this present study, the rangpur lime's rootstock showed significant reaction to the superabsorbent hydrogel addition in the growing media to plant height variables, stem diameter and amount of macronutrients in the leaves, but showed no significant response to the amount of micronutrients in the leaves.

Keywords: hydrogel, growing media, rootstocks, physical property, nutrients.

APRESENTAÇÃO

Esta tese foi dividida em três capítulos abrangendo desde a compatibilidade do hidrogel com fertilizantes e suas implicações, até as alterações nas propriedades físicas de substrato e a resposta da planta a presença do hidrogel na composição do meio de cultivo. No Capítulo 1, foi estudada a capacidade de retenção de água do hidrogel na presença de diversas soluções nutritivas, formuladas a partir de diferentes fertilizantes. No capítulo 2, foi avaliada a alteração nas propriedades físicas do substrato quando adicionado hidrogel superabsorvente na sua composição. No Capítulo 3, foi estudada a resposta do porta-enxerto de limoeiro “Cravo” cultivado em substrato com hidrogel superabsorvente.

CAPACIDADE DE RETENÇÃO DE ÁGUA DO HIDROGEL DE POLIACRILAMIDA EM DIFERENTES SOLUÇÕES NUTRITIVAS

Capítulo 1

RESUMO

O hidrogel usado na agricultura brasileira, principalmente em atividades florestais, de fruticultura e em composição de substratos está consolidado devido à sua capacidade de armazenar e disponibilizar água ou soluções nutritivas para as plantas. Este trabalho objetivou estudar a capacidade de retenção de água do hidrogel (W) quando hidratado em diferentes soluções nutritivas. Foi instalado, no Centro Técnico de Irrigação da Universidade Estadual de Maringá, um experimento inteiramente casualizado num esquema fatorial 10 x 5 com 51 tratamentos e 4 repetições. Foram usados como tratamento dez fertilizantes (nitrato de potássio, nitrato de cálcio, uréia, ácido bórico, fosfato monoamônico, sulfato ferroso, sulfato de amônio, sulfato de zinco, sulfato de cobre e sulfato de magnésio) e cinco níveis (0,4; 0,8; 1,2; 1,6 e 2,0 g/500 g de água destilada). O tratamento testemunha foi constituído de água destilada mais hidrogel. O hidrogel foi deixado hidratando por um período de 24 horas para então ser determinada a capacidade de retenção do hidrogel. Observamos que a condutividade elétrica e os fertilizantes interferiram na capacidade de retenção. A uréia não alterou a condutividade elétrica, mas sim a capacidade de retenção do hidrogel. O sulfato de zinco e principalmente o sulfato de cobre reduziram a capacidade do hidrogel em reter água.

ABSTRACT

The hydrogel used in the Brazilian agriculture, mainly in the forestry activities, fruit growing and in the composition of growing medis purposes is consolidated due to its capacity of holding and releasing water (nutrient solution) to plants. This paper has aimed at studying the hydrogel holding water capacity (W) when it is hydrated in different nutrient solution. This present study has been carried out at the Irrigation Technical Center on Maringá State University. It was conducted on a 10 x 5 factorial basis with 51 different treatments and 4 replications in the randomized design. Ten fertilizers (potassium nitrate, calcium nitrate, urea, boric acid, monoammonium phosphate, ferrous sulphate, ammonium sulphate, zinc sulphate, copper sulphate and magnesium sulphate) and five levels (0.4; 0.8; 1.2, 1.6 and 2.0 g to each 500 g of distilled water). Distilled water and hydrogel were used as control treatment. The hydrogel was hydrated for 24 hours so that its storage capacity could be determined. It was observed that the electric conductivity and the fertilizers interfered on its storage capacity. The urea did not change the electric conductivity, but it did change the hydrogel's storage capacity. The zinc sulphate and specially the copper sulphate significantly reduced the hydrogel water storage capacity.

1. INTRODUÇÃO

O hidrogel agrícola de poliácridamida é um produto sintético, derivado de petróleo, que apresenta propriedade físico-química, capaz de reter água em maior quantidade que as micelas do solo. Sua utilização na agricultura brasileira tem crescido nos últimos anos, principalmente na silvicultura, fruticultura e na composição de substratos para produção de mudas. De acordo com Azevedo et al 2002, essa consolidação se deve, à grande parte, pela capacidade que o hidrogel possui de armazenar e disponibilizar água e íons para as plantas. Isso faz com que haja uma diminuição da lixiviação de nutrientes, já que o hidrogel, além de reter água, apresenta elevada capacidade de trocar cátions com o solo (TAYLOR e HALFACRE, 1986).

Segundo Fonteno e Bilderback (1993), a capacidade de aproveitamento de água do hidrogel pelas plantas é função da superfície de contato das raízes com os grânulos de hidrogel hidratado. Flannery e Busscher (1982), trabalhando com as culturas de azaléia e centeio, demonstraram que ao adicionar hidrogel no substrato de cultivo, elevou-se a capacidade de retenção de água desse substrato, e grande quantidade dessa água armazenada pelo hidrogel ficou prontamente disponível para as plantas, contribuindo com a diminuição da freqüência total das irrigações. Em hidroponia, com disponibilidade contínua de solução nutritiva, o hidrogel também apresentou resultados satisfatórios na produção de alface, segundo Paschold e Kleber (1995). A habilidade do hidrogel em armazenar água é influenciada pela presença de fertilizantes (BOWMAN e EVANS, 1991; WOODHOUSE e JOHNSON, 1991).

Bowman et al. (1990) constataram que soluções nutritivas contendo potássio e amônio (cátions monovalentes) reduziram a capacidade de retenção de água do hidrogel em torno de 75%, enquanto que em soluções contendo magnésio, cálcio e ferro (cátions divalentes), a redução na habilidade de reter água foi afetada em torno de 90%. Bowman e Evans (1991) afirmaram que o hidrogel hidratado em soluções nutritivas formada por cátions mono e divalentes readquirem sua capacidade máxima de retenção de água quando

postos para hidratar em água destilada, porém essa hidratação deixa de ser total e passa a ser parcial, pois os cátions remanescentes dentro do hidrogel impedem sua máxima expansão.

Azevedo et al. (2005) e Azevedo et al. (2006) estudaram a interferência de soluções nutritivas na capacidade de retenção do hidrogel, constataram que houve uma redução na capacidade máxima de hidratação de 72,5%, 60,6%, 56,2% e 7,14% quando hidratado com solução de nitrato de cálcio, sulfato de amônio, nitrato de potássio e uréia, respectivamente. Em alguns casos, uma formulação de fertilizante é retida com maior eficiência pelo hidrogel do que outras. Henderson e Hensley (1993) quando trabalhando com tomate (*Lycopersicon esculentum*) encontraram que o amônio (NH_4^+) foi retido em maiores proporções pelo hidrogel quando comparado com o nitrato (NO_3^-) e a lixiviação de nitrato, tanto para o tratamento testemunha (sem hidrogel), quanto para o que recebeu hidrogel, foi semelhante. Essas diferentes respostas para os dois fertilizantes nitrogenados podem ser atribuídas a uma diferença na solubilidade dos fertilizantes, assim como também, na capacidade de troca catiônica do hidrogel. Essa afirmação pode ser corroborada por Fry e Butler (1999) e Woodhouse e Johnson (1991) que constataram uma elevação na capacidade de troca catiônica (CTC) de um meio de cultivo composto por um solo com textura arenosa, que naturalmente apresenta baixa CTC, quando adicionaram hidrogel em sua composição.

O objetivo deste trabalho foi determinar a capacidade de retenção de solução nutritiva do hidrogel superabsorvente.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi conduzido na Universidade Estadual de Maringá com 51 tratamentos e 4 repetições, num delineamento inteiramente casualizado, disposto em fatorial e um tratamento testemunha o qual o hidrogel foi hidratado com água destilada. Foi adicionado 1,0 g de hidrogel seco em um Becker com 500 g de água destilada. Dez diferentes fertilizantes, como fontes de macro e micronutrientes, mais usados em cultivos hidropônicos foram dissolvidos em cinco taxas: 0,4, 0,8, 1,2, 1,6 e 2,0 g de nitrato de potássio, nitrato de cálcio, uréia, ácido bórico, fosfato monoamônico, sulfato ferroso, sulfato de amônio, sulfato de zinco, sulfato de cobre e sulfato de magnésio. O tempo de hidratação do hidrogel em todas as soluções foi de 24 horas e sua hidratação em água destilada foi considerado o tratamento testemunha, de acordo com Bowman et al. (1990) e Bowman e Evans (1991). A concentração e a fórmula química dos fertilizantes estão no Quadro 1.

Quadro 1. Concentração e fórmula química dos fertilizantes usados no estudo.

Fertilizante	Fórmula Química	Concentração (mmol L ⁻¹)
Nitrato de Potássio	KNO ₃	0,0506
Nitrato Cálcio	Ca(NO ₃) ₂	0,0820
Ácido Bórico	H ₃ BO ₃	0,0309
Fosfato Monoamônico	NH ₄ H ₂ PO ₄	0,0575
Sulfato Ferroso	FeSO ₄	0,0759
Sulfato de Amônio	(NH ₄) ₂ SO ₄	0,0660
Sulfato de Zinco	ZnSO ₄ .7H ₂ O	0,1437
Sulfato de Cobre	CuSO ₄ .5H ₂ O	0,1248
Sulfato de Magnésio	MgSO ₄ .7H ₂ O	0,1232
Uréia	NH ₂ CONH ₂	0,030

As soluções de cada tratamento foram drenadas em uma peneira com diâmetro de malha de 0,5 mm e a quantificação de solução armazenada foi determinada de acordo com a seguinte equação: $W = 500 - SD$, onde W e SD significam, respectivamente, quantidade de solução nutritiva armazenada (g) e excedente de solução drenada (g).

Para todos os tratamentos, a condutividade elétrica (CE), mS cm^{-1} , foi medida antes e depois da hidratação do hidrogel. Foi aplicado o teste de média (Tukey, 5%) para as médias dos valores de CE em função das doses de fertilizantes e de W em função dos fertilizantes.

Os valores da variável dependente (W) em função da variável independente (CE) foram submetidos à análise de regressão, utilizando o software SISVAR versão 4.3 e a escolha do melhor modelo matemático foi baseada no maior valor do índice de determinação corrigido da equação de regressão.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O desdobramento da variável hidratação do hidrogel dentro das soluções de fertilizantes mostrou diferença significativa para todas as soluções. O modelo de regressão potencial foi o que melhor explicou W em função de CE. As equações, com os respectivos R^2 , desses modelos estão apresentados no Quadro 2.

Quadro 2. Equações de regressão.

Fertilizantes	Equações	R^2
Nitrato de Potássio	$W = 141,84 X^{-0,4444}$ (2)	0,9965
Nitrato de Cálcio	$W = 69,987 X^{-0,9672}$ (3)	0,9727
Ácido Bórico	$W = 117,95 X^{-0,5357}$ (4)	0,9941
Fosfato Monoamônico	$W = 122,16 X^{-0,5457}$ (5)	0,9942
Sulfato Ferroso	$W = 69,770 X^{-0,9562}$ (6)	0,9700
Sulfato de Amônio	$W = 137,752 X^{-0,4631}$ (7)	0,9956
Sulfato de Zinco	$W = 36,715 X^{-1,4065}$ (8)	0,9566
Sulfato de Cobre	$W = 8,424 X^{-2,4234}$ (9)	0,9192
Sulfato de Magnésio	$W = 70,550 X^{-0,8602}$ (10)	0,9893

X- condutividade elétrica ($mS\ cm^{-1}$).

Os diferentes níveis de uréia não alteraram a condutividade elétrica da solução, porém houve uma redução na hidratação do hidrogel à medida em que os níveis do fertilizante foram aumentados (Figura 1). Para o nível zero de uréia o W foi igual a $286,8\ g\ g^{-1}$, sendo este considerado a capacidade máxima de retenção do hidrogel, já para os níveis 0,4; 0,8; 1,2; 1,6 e 2,0 g de uréia por 500 g de água, o W foi de 283,4; 261,2; 250,2; 250,9 e 230,3 g de água por g de hidrogel, respectivamente, contrariando os resultados obtidos por Bowman (1990) onde constatou que a uréia, em diferentes concentrações na solução de hidratação, não alterou a capacidade de retenção de água do hidrogel.

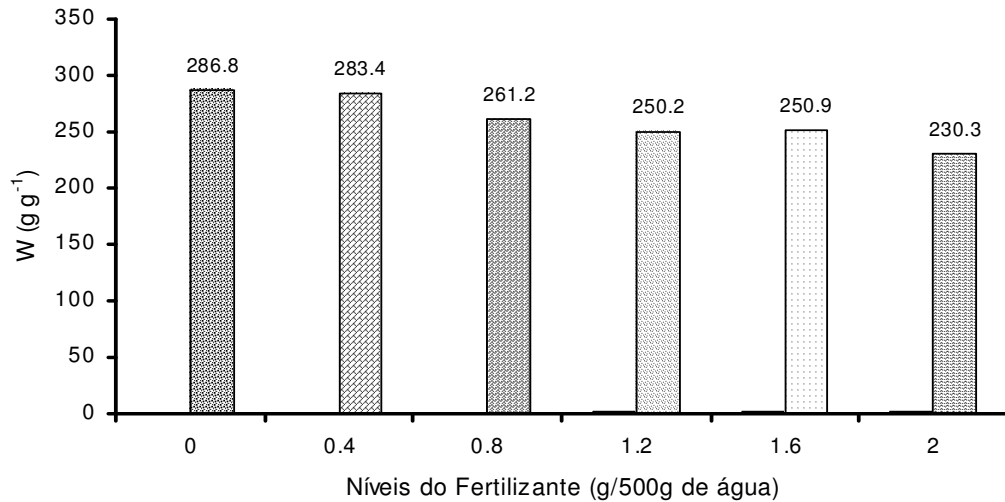


Figura 1. Capacidade de armazenamento de solução de uréia pelo hidrogel.

A condutividade elétrica da água de embebição do tratamento testemunha alterou de 0,0 para 0,2 mS cm⁻¹ após o período de hidratação, por essa razão, uma amostra de água destilada usada nesse trabalho e uma outra amostra, após permanecer 24 horas hidratando o hidrogel, foram analisadas e foi constatado que os valores de sódio na água destilada e na água de hidratação do hidrogel foi, respectivamente, de 2,6 e 48 ppm. Esse aumento na concentração de sódio na água de hidratação do hidrogel provavelmente aconteceu devido à passagem do mesmo, constituinte da molécula do hidrogel, para a água de hidratação. Atualmente, os hidrogéis superabsorvente usados na agricultura possuem o potássio na constituição da molécula polimérica, em substituição ao sódio. Taylor e Halfacre (1986), Szwonek e Nowosielski (2000) e Chatzoudis e Rigas (2003) verificaram que os níveis de potássio aumentaram em todos os tecidos das plantas cultivadas com hidrogel e eles atribuíram esse aumento ao aumento na absorção do potássio que fazia parte da molécula do hidrogel.

É possível observar na Figura 2 que W foi maior para os menores valores de CE o que equivaleu à menor dose de soluções de sulfato.

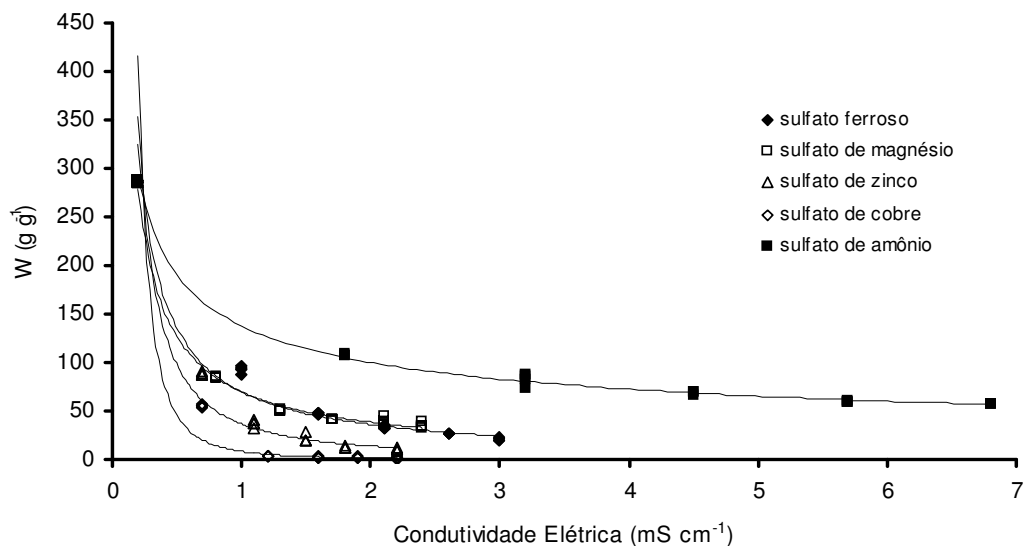


Figura 2. Capacidade de armazenamento de soluções de sulfato pelo hidrogel.

O valor da CE para o sulfato ferroso na quantidade de 2,0 g foi de 3,0 mS cm⁻¹, com W estimado de aproximadamente 20,1 g g⁻¹, de acordo com a Equação 6 do Quadro 2, enquanto que para o sulfato de magnésio, na mesma dose, a CE foi de 2,4 mS cm⁻¹ com W estimado de 32,9 g g⁻¹, Equação 10 do Quadro 2. O hidrogel superabsorvente quando hidratado, apresenta-se na forma de um gel transparente e consistente. Na presença do sulfato ferroso, a consistência de gel se desfez rapidamente, tornando-se uma substância semiderretida e sem consistência, perdendo totalmente suas características originais.

De todos os tratamentos com sulfato, o sulfato de amônio foi o que mais alterou a CE da solução, no entanto, foi o que menos interferiu nos valores estimados de W. Para a dose de 0,4 g, CE da solução foi de 1,8 mS cm⁻¹ e o W estimado, conforme Equação 7 do Quadro 2, foi de 104,92 g g⁻¹. Para os valores de CE de 6,8 mS cm⁻¹ o que equivaleu à dose de 2,0 g de sulfato de amônio em 500 g de água destilada, o W estimado foi de 56,7 g g⁻¹. A solução de sulfato de cobre, juntamente com a de sulfato de zinco foram as que mais interferiram na redução da capacidade de retenção do hidrogel. Para os valores

de CE de $2,0 \text{ mS cm}^{-1}$ o W estimado de acordo com as Equações 9 e 8 do Quadro 2, para soluções de sulfato de cobre e de zinco, foram, respectivamente, de $1,57 \text{ g g}^{-1}$ e $13,84 \text{ g g}^{-1}$. Os micronutrientes cobre e zinco apresentaram uma interferência muito elevada na capacidade de armazenamento de soluções nutritivas do hidrogel.

Ficou evidenciado, que além da CE das soluções de hidratação, os diferentes fertilizantes baseados em sulfatos também modificaram o W . Isto é importante principalmente no uso do hidrogel em cultivos de plantas e na composição de substratos para produção de mudas, quando o uso de fertilizantes é intensivo e o máximo aproveitamento da água armazenada pelo hidrogel é pretendido.

A solução de nitrato de cálcio reduziu a capacidade de hidratação do hidrogel. O modelo potencial de equação de regressão também foi o que melhor se ajustou para representar W em função de CE, Figura 3.

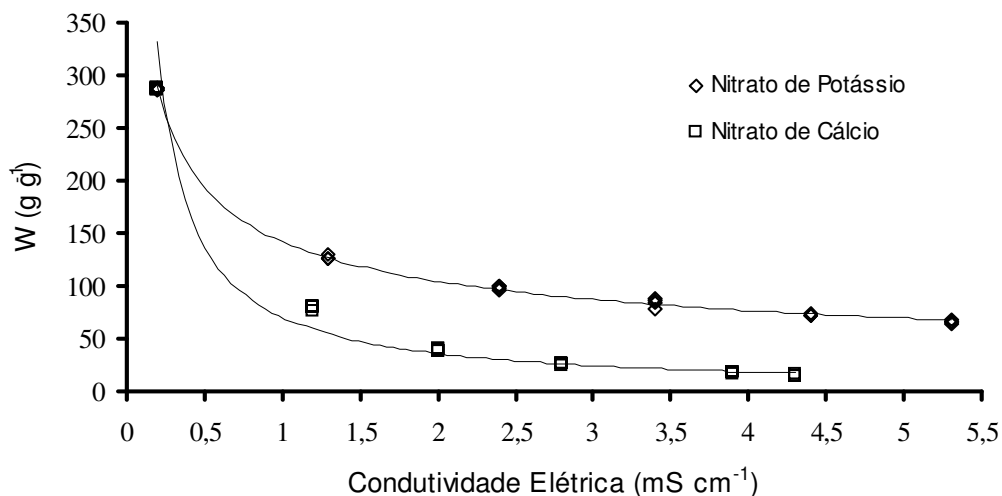


Figura 3. Capacidade de armazenamento de soluções de nitrato pelo hidrogel.

É importante observar que W para o nitrato de cálcio foi menor, apesar

de que a CE de $4,3 \text{ mS cm}^{-1}$ produzida pela dose de $2,0 \text{ g}$ ser menor do que a CE, para a mesma dose, do nitrato de potássio que foi de $5 \text{ m}^3 \text{ mS cm}^{-1}$, Equações 2 e 3 do Quadro 2. O total de solução de nitrato de cálcio armazenada pelo hidrogel na condutividade elétrica de $4,3 \text{ mS cm}^{-1}$ foi de $13,6 \text{ g g}^{-1}$, estimado pela Equação 3 do Quadro 2. A capacidade de retenção do hidrogel na presença de solução de nitrato de potássio, estimado pela Equação 2 do Quadro 2, foi de $65,3 \text{ g g}^{-1}$ na condutividade elétrica da solução de $5,3 \text{ mS cm}^{-1}$. Bowman et al. (1990) relataram que a presença de cátions bivalentes nas soluções de hidratação do hidrogel, como cálcio e magnésio interferem na sua capacidade de retenção.

Na Figura 4, foi observado que a solução nutritiva de ácido bórico apresentou o menor potencial de salinização, o que pode ser quantificado pelo W estimado pela Equação 4 da Quadro 2. Para os valores de CE de $1,8 \text{ mS cm}^{-1}$, equivalente à dose de $2,0 \text{ g}$ de ácido bórico, W foi de $89,2 \text{ g g}^{-1}$. Já para a solução de fosfato monoamônico que apresentou CE de $3,6 \text{ mS cm}^{-1}$ para a dose de $2,0 \text{ g}$ o valor de W pela Equação 5, Quadro 2 foi de aproximadamente $58,7 \text{ g g}^{-1}$.

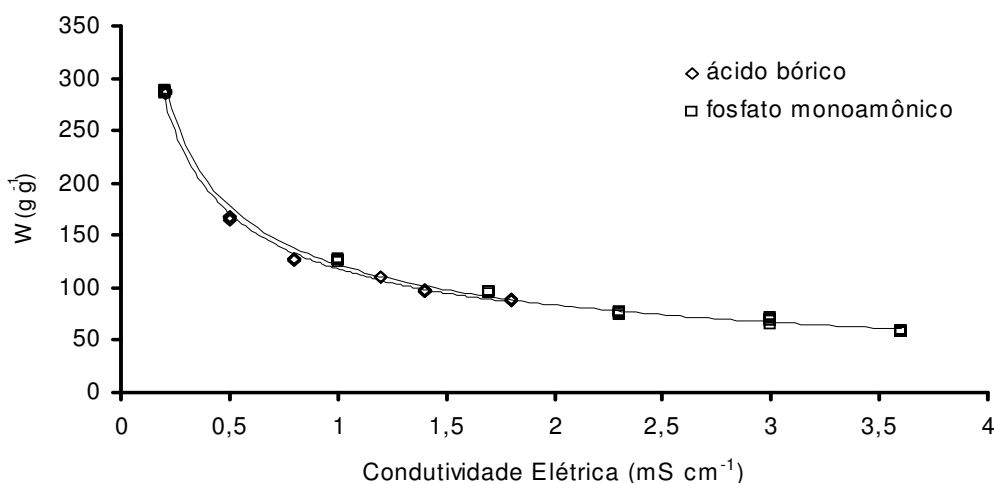


Figura 4. Capacidade de armazenamento de soluções de ácido bórico e fosfato monoamônico pelo hidrogel.

4 CONCLUSÕES

Tanto a condutividade elétrica geradas pelas diferentes soluções, como os diversos tipos de fertilizantes alteraram a capacidade de retenção de água do hidrogel;

A uréia não alterou a condutividade elétrica da solução, porém diminuiu a capacidade de hidratação do hidrogel;

Dentre as soluções de sulfato estudadas, o sulfato de amônio foi o que mais contribuiu com a elevação da condutividade elétrica, porém foi o que menos interferiu na capacidade de retenção do hidrogel;

O nitrato de cálcio reduziu mais a capacidade de retenção do hidrogel do que o nitrato de potássio, apesar deste último ter tido maior contribuição na elevação da salinidade da solução;

A capacidade de retenção de soluções de ácido bórico e de fosfato monoamônico foi semelhante a do hidrogel, mas a condutividade elétrica provocada pelo fosfato monoamônico foi maior.

5- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZEVEDO,T.L.F.; BERTONHA,A.; GONÇALVES,A.C.A.; FREITAS,P.S.L.; REZENDE,R.; FRIZZONE,J.A. Níveis de polímero superabsorvente, frequência de irrigação e crescimento de mudas de café. **Acta Scientiarum Agronomy**, 24(5), p.1239-1243. 2002.

AZEVEDO, T. L. F.; BERTONHA, A.; FREITAS, P. S. L.; GONÇALVES, A. C. A.; REZENDE, R. Capacidade de Retenção de solução nutritiva do hidrogel agrícola. In: BARBOSA, O. A. Avances en ingenieria agrícola 2003-2005. Universidad Nacional de San Luis, San Luis. p.230-234, 2005.

AZEVEDO, T. L. F.; BERTONHA, A.; FREITAS, P. S. L.; GONÇALVES, A. C. A.; REZENDE, R. DALLACORT, R.; BERTONHA L. Retenção de soluções de sulfatos por hidrogel de poliacrilamida. **Acta Scientiarum Agronomy**, 28(2), p.287-290, 2006.

BOWMAN, D. C.; EVANS. R. Y.; PAUL. J. L. Fertilizer salts reduces hydration of polyacrylamide gels and effect physical properties of gel – amended container media. **J. Amer. Soc. Hort.**, 115:382-386. 1990.

BOWMAN, D. C.; EVANS. R. Y. Calcium inhibition of polyacrylamide gel hydration is partially reversible by potassium. **Hort. Science.**, 26(8):1063-1065. 1991.

CHATZOUDIS, G. K. and RIGAS, F. P. Combined action of hydrogel and controlled-release fertilizers on growth of tomato plants. **Acta Hort.**, 613: 193-196. 2003.

FLANNERY, R. L.; BUSSCHER, W. J. Use of a synthetic polymer in potting soil to improve water holding capacity. **Commun. Soil Sci. Plant.**, 13(2), p.103-111. 1982.

FONTENO, W. C.; BILDERBACK. T. E. Impact of hydrogel on physical properties of coarse-structured horticultural substrates. **Journal American Society Horticulture Science.**, v.118. n. 2, p. 217-222. 1993.

FRY, J. D.; BUTLER, J. D. Water management during tall fescue establishment. **HortScience**, 24(1), p.79-81, 1999.

HENDERSON, J. C.; HENSLEY, D. L. Efficacy of a hydrophilic gel as a transplant aid. **HortScience**, 24(4), p.991-992, 1993

PASCHOLD, P. J.; KLEBER, J. 1995. Production of vegetable transplants for NFT in pure hydrogel. **Acta Hort.**, 396:297-304., 1995.

SZWONEK, E; NOWOSIELSKI, O. Nutrient status and yield of cucumbers as influenced by superabsorbent fertilizer blends. **Acta Hort.**, 533:419-424. 2000.

TAYLOR, K. C.; HALFACRE, R. G. The effect of hydrophylic polymer on media water retention and nutrient availability to *Ligustrum lucidum*. **Hort. Science**, 21(5): 1159-1161. 1986.

WOODHOUSE, J. M.; JOHNSON, M. S. Effects of soluble salts and fertilizers on water storage by gelforming soil conditioners. **Acta Horticulturae**, 294, p.261-269, 1991.

PROPRIEDADES FÍSICAS DE SUBSTRATOS CONDICIONADOS COM HIDROGEL SUPERABSORVENTE

Capítulo 2

RESUMO

Os substratos atuais empregados no cultivo de plantas podem apresentar uma composição muito variada, desde o solo mineral puro ou outros componentes inorgânicos até materiais orgânicos naturais ou sintéticos, passando por misturas em proporções variadas além dos condicionadores, dentre os quais os hidrogéis superabsorventes que são produtos formados por cadeias poliméricas longas e flexíveis e por grupos químicos funcionais que facilitam a absorção e retenção de água. O objetivo desse trabalho foi caracterizar substratos compostos de casca de *Pinus sp*, vermiculita e hidrogel superabsorvente em um delineamento inteiramente casualizado. A adição de hidrogel superabsorvente aumentou a porosidade total, o espaço de aeração e reduziu a densidade do substrato, porém a disponibilidade de água não foi alterada e a condutividade hidráulica reduziu-se.

ABSTRACT

Current growing media used to cultivate plants can show a much diversified composition which might range from pure mineral soil and other inorganic components to natural or synthetic organic materials, as well as mixtures in varied amounts. The hydrogels are products formed by flexible and long chains and by functional groups that facilitate water absorption and storage. This present study has aimed at characterizing growing media composed by *Pinus sp* bark, vermiculite and superabsorbent hydrogel following a randomized design. The addition of superabsorbent hydrogel has increased the growing media density. However, water availability has not changed and the electric conductivity has decreased.

2.1 INTRODUÇÃO

2.1.1 Evolução dos meios de cultivo

Durante os últimos anos, tem ocorrido um grande desenvolvimento das técnicas de cultivo de plantas em vasos e outros tipos de recipientes semelhantes a esses. Os meios de cultivo evoluíram desde os primeiros substratos, baseados em solo mineral, até as atuais misturas, com maiores proporções de compostos orgânicos como: turfa, casca de *Pinus sp* e similares. Esses novos substratos proporcionam resultados de desenvolvimento de plantas melhores do que os baseados em solo mineral, sempre que conheçam e compreendam suas características e necessidades (MINER, 1994).

Paralelamente à evolução das técnicas e meios de cultivo, tem-se experimentado uma importante ampliação do campo de aplicação dos substratos: cultivo de plantas ornamentais e arbustivas, produção de mudas florestais, frutíferas e outras, além da aplicação como meio de sustentação das plantas cultivadas hidropônica e semi-hidroponicamente. Um significativo aumento da demanda de substratos tem alertado para um conseqüente esgotamento dos recursos naturais renováveis constituintes de meios de cultivo (turfa). Tudo isso tem favorecido o aproveitamento de materiais diversos, que há pouco tempo eram considerados como resíduos não desejáveis (lodos de esgoto) ou subprodutos de escasso valor comercial (casca de árvores, palha de cereais, etc).

Os substratos atuais empregados no cultivo de plantas podem apresentar uma composição muito variada, desde solo mineral puro ou outros componentes inorgânicos até materiais orgânicos naturais ou sintéticos, passando por misturas de ambos os tipos de ingredientes, em proporções variadas. Winsor (1990) classificou os substratos em orgânicos (turfas, cascas, palhas, etc) e inorgânicos ou inertes (perlita, vermiculita, etc). No entanto, esta última denominação refere-se principalmente à sua estabilidade química ou resistência à decomposição.

2.1.2 Caracterização das propriedades físicas dos substratos

Propriedades físicas são aquelas que podem ser vistas e sentidas: granulometria, cor, retenção de água e aeração. Na prática, dá-se mais importância às propriedades físicas dos substratos, já que uma vez selecionado uma mistura como meio de cultivo, apenas pode-se modificar sua estrutura física, sendo que sua composição química pode ser alterada durante o desenvolvimento da planta, mediante aporte de fertilizantes.

As propriedades físicas de um substrato são usualmente descritas como capacidade e características de transporte. Características de transporte envolvem aspectos relacionados ao movimento de água, tais como drenagem e condutividade hidráulica, enquanto capacidade está relacionada com a habilidade do substrato de reter e disponibilizar água e espaço de aeração disponível em condições variadas de umidade e compactação. Existem métodos diretos e indiretos que descrevem a disponibilidade e o movimento de água dos substratos, dando dessa forma medidas da estrutura dos meios de cultivo. Para as medidas diretas, estão a densidade aparente, densidade de partículas e tamanho e distribuição das partículas (DRZAL e FONTENO, 1999).

2.1.2.1 Granulometria

As partículas constituintes dos substratos apresentam formas e tamanhos variados, podendo assim interferir na capacidade de retenção de água e aeração. Para as partículas com dimensões entre 1 e 10 mm, tanto a porosidade, como a quantidade de água retida variam pouco, no entanto, partículas inferiores a 1 mm, reduzem a porosidade de aeração e aumentam a capacidade do substrato reter água, conforme observaram Miner (1994) e Handreck (1983), trabalhando com misturas baseadas em casca de *Pinus sp.* Concluíram que frações menores que 0,5 mm e em particular as que variaram entre 0,1 a 0,25 mm, foram as que apresentaram a máxima porosidade e retenção de água.

Nos substratos com uma ampla variação nos tamanhos das partículas,

as partículas mais finas se alojam nos espaços vazios formados pelas partículas de maior tamanho, reduzindo assim a porosidade total e a ocupada por ar. Para os substratos a base de cascas, a granulometria depende do material de origem, grau de trituração e peneiramento.

A porosidade de um meio de cultivo é a percentagem do seu volume que não se encontra ocupado pela fase sólida em relação ao seu volume total.

Drzal e Fonteno (1999) e Schmitz (2002) afirmam que o conteúdo de água retido pelos substratos é diretamente correlacionado com a distribuição dos tamanhos dos poros. Dessa forma, a compactação de substratos compostos por partículas de menor diâmetro aumenta a retenção de água e reduz a porosidade de aeração. Drzal e Fonteno (1999) definiram tamanho de poros em função da tensão de retenção de água para os substratos de produção de mudas: Macroporos são poros com diâmetro de partículas acima de 416μ e esses poros não conseguem armazenar água entre as tensões de 0 a 10 hPa, sendo assim a água drena facilmente logo após a saturação; Mesoporos foram selecionados como sendo poros entre os diâmetros ≤ 416 a 10μ e a tensão máxima de retenção de água não excede os 30 hPa; Microporos são categorizados com diâmetro médio de partículas entre 10 e $0,2 \mu$, isso equivale à água armazenada entre as tensões de 30 e 150 hPa, entretanto Karlovich et al. (1986) e Milkes et al. (1989) afirmaram que o conteúdo de água armazenada acima de 30 hPa, é insignificante para substratos formados à base de cascas.

A porosidade total (PT) expressa pela fórmula: **PT= 100(d_s/d_p)**, a qual d_s é definida como a massa da amostra dividida pelo volume que ela ocupa e d_p é a massa de partículas do meio de cultivo dividido pelo volume que ela ocupa, sem considerar os poros. Seu valor é próprio de cada material e, diferentemente da densidade aparente, não depende do grau de compactação e nem do tamanho de partículas. De acordo com Miner (1994), a d_p para substratos a base de casca de *Pinus sp*, é de $1,64 \text{ g cm}^{-3}$.

Segundo Waller e Wilson (1984), a porosidade total é considerada uma propriedade física importante, porém pouco informativa, pois não especifica o tamanho dos poros presentes, de forma que o mesmo espaço poroso total pode ser ocupado por diferentes volumes de água e de ar.

Segundo Schmitz et al. (2002) os valores de PT foram, respectivamente, 61%, 42%, 78%, 85%, 79%, 41%, 58%, 60%, 79% e 82% para os tratamentos de solo mineral (horizonte B de um Argissolo), areia, turfa vermelha, casca de arroz carbonizada (CAC), resíduo decomposto de acácia negra (RDCA), solo + areia (1:1), solo + areia + casca de arroz (1:1:1), solo + areia + RDCA (1:1:1), turfa + CAC (2:1) e turfa + RDCA (2:1). Para os mesmos autores, a combinação turfa + RDCA (2:1) foi a que apresentou os valores de PT mais desejados para substratos para produção de mudas, no entanto, o substrato CAC, apesar de ter apresentado um valor de PT superior, o inconveniente é a sua baixa capacidade de retenção de água.

Para Miner (1994) e Gallardo (1994), a densidade de substratos não deve ultrapassar $0,4 \text{ g m}^{-3}$, segundo Bellé e Kampf (1994), d_s de substrato para o cultivo de mudas em ambiente protegido ao redor de $0,20 \text{ g cm}^{-3}$ é considerado baixo demais, pois ocasiona problema de fixação da muda com grande possibilidade de tombamento, principalmente se os vasos forem altos, no entanto para a utilização em bandejas multicelulares para o enraizamento de estacas, é o mais indicado, porque apresenta-se mais porosos.

2.1.3 Água Disponível (AD) e Espaço de Aeração (EA)

Conforme De Boodt e Verdonck (1972), Miner (1994), Sáez (1999), e Zanetti et al. (2003), o conteúdo de água disponível (AD) dos substratos refere-se à quantidade de água que é disponibilizada para a planta ao se aplicar uma tensão no substrato entre 1 e 10 hPa e espaço de aeração é a diferença entre a porosidade total e o conteúdo de água do substrato a uma tensão de 1 hPa de acordo com Sáez (1999) e Miner (1994).

Zanetti et al. (2003) propuseram o conteúdo de água disponível para um substrato composto de casca de *Pinus sp* sem vermiculita e sem hidrogel, de $0,26 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$. Miner (1994) mostrou que os valores apropriados para água disponível de um meio de cultivo variam entre 0,24 e $0,40 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$. Para Kramer e Boyer (1995) não é possível definir com precisão a disponibilidade

hídrica para as plantas, no entanto, afirmam que do ponto de vista vegetal, a disponibilidade de água depende da relação entre suprimento e demanda. A demanda da planta depende principalmente da transpiração o que varia de acordo com as espécies e com as condições meteorológicas. O suprimento de água está relacionado com a densidade de raízes e com a eficiência dessas raízes em absorver água.

2.1.4 Condutividade Hidráulica (Ks) do Meio não Saturado

A condutividade hidráulica de um meio é definida como a habilidade que esse meio poroso possui em conduzir água, e ela varia nos substrato de acordo com as características de partículas, com a sua geometria porosa e com o seu conteúdo de água. Segundo Reichardt (1990), qualquer fator que exerça influência sobre o tamanho e a configuração dos poros dos meios de cultivo exerce também influência sobre a condutividade hidráulica. À medida que ocorre o secamento do meio, o potencial da água é aumentado, aumentando a resistência ao fluxo, pois os poros de maior diâmetro, em que a força da capilaridade é relativamente menor, são esvaziados primeiro. Outro fator importante é a contração das raízes e do substrato com o secamento, o que tende a reduzir o contato substrato-raiz, aumentando as resistências à absorção. Baixas temperaturas e aeração deficiente também reduzem a permeabilidade das raízes, aumentando a resistência à entrada da água (KRAMER e BOYER, 1995).

Raviv et al. (1999) sugerem que o volume de água e de nutrientes disponíveis às plantas depende mais do fluxo de umidade no meio do que da quantidade de água no recipiente. Esse fluxo é afetado principalmente pelo valor da condutividade hidráulica naquele momento. O conhecimento da sua variação, juntamente com os valores da curva de tensão e volume de água, é importante para um efetivo manejo da irrigação, que deve prover a quantidade de água para um ótimo aproveitamento pela planta. É importante ressaltar também que mudanças na condutividade hidráulica, no fluxo de água e

nutrientes são esperadas entre irrigações, mesmo que o conteúdo de umidade seja mantido dentro da faixa de água disponível.

2.1.5 Polímeros Superabsorventes ou Hidrogel Superabsorvente

São produtos que apresentam uma grande capacidade de retenção de água. Quando secos, apresentam-se na forma de grão branco, duro e cristalino, porém quando hidratados, possuem a forma de um grão com consistência gelatinosa e macia.

Segundo Kabiri e Zohuriaan-Meehr (2003), os hidrogéis são formados por cadeias carbônicas flexíveis e por grupos iônicos funcionais que facilitam a absorção e retenção de água e soluções em geral.

Inicialmente, no processo de absorção de água pelo hidrogel, a água se movimenta de forma lenta para o interior da molécula, em seguida a difusão da água dentro da partícula faz com que o hidrogel aumente de volume devido ao afastamento das cadeias poliméricas. O deslocamento da cadeia é sempre no sentido oposto ao do movimento da água e como consequência disso, a água fica armazenada dentro dos poros formados por esse deslocamento das moléculas do hidrogel (BULCHHOLZ, 1998). Para o mesmo autor, a água se difunde para dentro do hidrogel num movimento aleatório como consequência do processo de alongação e do aumento de volume do mesmo. No início do processo de hidratação do hidrogel, a água ocasiona uma desorganização das partículas, e eventualmente, a força resultante dessa alongação da cadeia polimérica resulta numa diferença de concentração de água dentro e fora do hidrogel até um ponto de alongação máxima da cadeia, o que culmina na paralisação do movimento de água para dentro do polímero.

O hidrogel altera as propriedades do solo, principalmente propriedades físicas, porque aumenta a capacidade de retenção de água em até 5700% (MINAMI et al. 2003). Com o processo de expansão sofrido pelo hidrogel para acomodar a água em seu interior, há uma movimentação do solo influenciando potencialmente a taxa de infiltração de água, densidade, estrutura, compactação e taxas de evaporação (HELALIA e LETEY, 1988; TEYEL e EL

HADY, 1981).

Segundo Huttermann et al. (1990) e Johnson (1984), a adição de hidrogel em solos arenosos promove alteração na capacidade de retenção de água dessa classe de solo quando comparado com solos com teores mais elevados de argila. Informação essa corroborada por Balena (1998), em que utilizando hidrogel em duas classes de solo, constatou um acréscimo de 7,5 vezes na capacidade de retenção de água para o solo arenoso, enquanto que para o solo argiloso, a capacidade de retenção foi apenas duplicada. Isso mostra a grande capacidade que o hidrogel possui de aumentar a retenção de água no solo, podendo dessa forma, essa água ser prontamente aproveitada pelas plantas, bastando apenas adicionar o hidrogel no meio de cultivo. Quanto mais arenoso ou mais rico em macroporos for o solo ou o substrato, ou seja, quanto menor for a capacidade natural de reter de água, mais significativo será o efeito do hidrogel no aumento da retenção de água quando adicionado nesses meios de cultivo.

Azzam (1980) e Al-Harbi et al. (1999) incorporaram hidrogel em um solo arenoso e constataram uma redução significativa na sua densidade devido à expansão desse solo. Porém, Fonteno e Bilderback (1993) constataram que não houve mudanças na densidade e nem na taxa de percolação de substratos à base de casca de *Pinus sp* e solo arenoso misturados com hidrogel, quando cultivados em vasos.

A máxima capacidade de retenção de água do hidrogel é expressa quando ele é hidratado em água destilada. No entanto, o hidrogel apresenta a habilidade de armazenar em seu interior tanto de água pura quanto de soluções iônicas, porém com uma menor capacidade de retenção (AZEVEDO et al. 2005).

O objetivo deste trabalho foi caracterizar fisicamente um substrato para produção de mudas cítricas à base de casca de *Pinus sp*, vermiculita e hidrogel superabsorvente

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

Neste trabalho empregou-se dois substratos, respectivamente “Rendmax Citrus” comercializado em embalagens de 20 Kg, constituído de casca de *Pinus sp* compostada e vermiculita de granulometria média e fina denominado de Substrato 1 e substrato comercializado a granel para produção de mudas cítricas, compostos também de casca de *Pinus sp* compostada e vermiculita com granulometria grossa denominado de Substrato 2 (Quadro 1).

Quadro 1. Granulometria do substrato usado no experimento.

Granulometria (mm)	Substrato 1	Substrato 2
	(%)	(%)
≥ 4,00	7	25,65
entre 4,00 e 2,38	27	15,7
entre 2,38 e 2,00	18	6,6
entre 2,00 e 1,00	15	13,3
entre 1,00 e 0,5	14	13,2
entre 0,5 e 0,25	9	10,58
entre 0,25 e 0,125	10	14,74

O experimento foi disposto em um delineamento inteiramente casualizado composto de seis tratamentos, T₁, T₂, T₃, T₄, T₅ e T₆ contendo respectivamente 0,0, 0,25, 0,5, 0,75, 1,0 e 1,5 kg de hidrogel seco por m³ de substrato e quatro repetições para o substrato 1 e com quatro tratamentos, T₁, T₂, T₃ e T₄, respectivamente 0,0; 0,5; 1,0 e 1,5 Kg de hidrogel seco por metro cúbico de substrato e quatro repetições para o Substrato 2. O hidrogel empregado apresentava uma granulometria média de 0,5 mm.

As relações tensão volume de água foram determinadas para ambos os substratos com o emprego da mesa de tensão submetendo amostras em cilindros de aço inox com 94 cm³ de substratos às tensões de 1, 3, 5, 7, 9 e 10 hPa. Antes da determinação da relação tensão-volume as amostras foram

saturadas por 24 horas e após cessar a drenagem eram retiradas da mesa e pesadas em seguida.

O Espaço de Aeração foi obtido pela diferença entre a porosidade total e o conteúdo de água contido no substrato na tensão de 1 hPa na mesa de tensão (MINER, 1994).

A porosidade total (PT) foi determinada considerando $1,64 \text{ g cm}^{-3}$ a densidade de partículas (d_p), por ser a densidade da casca de *Pinus sp* que é o constituinte mais abundante do substrato.

A determinação da densidade do substrato (d_s) foi feita pela relação massa volume das amostras após o secamento em estufa com circulação forçada de ar a 105° C por 24 horas. O volume usado para a determinação da d_s não foi o do cilindro e sim o volume das amostras secas indeformadas.

A condutividade hidráulica de cada tratamento foi determinada utilizando o software Soil Water Retention Curve (SWRC), versão 4.3, com o qual se elaborou as curvas de K_s a partir dos valores de tensão e umidade obtidos na mesa de tensão.

Os valores observados de d_s e PT foram submetidos à análise de regressão e o critério adotado para a escolha do melhor modelo foi baseado na significância da regressão, na não significância do desvio da regressão e na significância dos coeficientes da regressão pelo teste “t” a 5% de probabilidade. Primeiramente, os dados observados foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk para a verificação da normalidade dos dados, para isso, utilizou-se o software SAS e em seguida, usou-se o software SISVAR para a análise da regressão seguindo a rotina da técnica de polinômios ortogonais.

Na representação gráfica dos resultados de Densidade (d_s), Porosidade Total (PT), Espaço de Aeração (EA) e Água Disponível (AD) empregou-se as médias das repetições dos tratamentos, porém as análises estatísticas para a obtenção das equações de regressão apresentadas, foram realizadas com os dados observados de todas as repetições de cada tratamento.

As variáveis d_s e PT foram determinadas somente para o substrato 1 e a relação tensão-volume de água e condutividade hidráulica foi determinada para ambos os substratos.

Uma amostra de hidrogel hidratado e de areia lavada foi levada ao

Laboratório de Análises Física de Solo da Universidade Estadual de Maringá submetida às tensões de 0, 1000, 2000, 3000 e 4000 hPa para a elaboração da curva de retenção de água desses dois meios porosos com capacidade diferenciada de retenção de água.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.3.1 Porosidade Total (PT) e Densidade (d_s)

A PT do Substrato 1 aumentou, de forma linear, com o aumento dos níveis de hidrogel, Figura 1. Os valores estimados para os tratamentos T_1 , T_2 , T_3 , T_4 , T_5 e T_6 foram, respectivamente, de 77,61, 77,71, 77,81, 77,91, 78,01 e 78,28%, ficando estes abaixo dos determinados por Miner (1994) que foi de 85%, porém dentro da faixa de PT considerada ideal por Lamaire (1995) e Kämpf (2001) que varia de 75 a 90%.

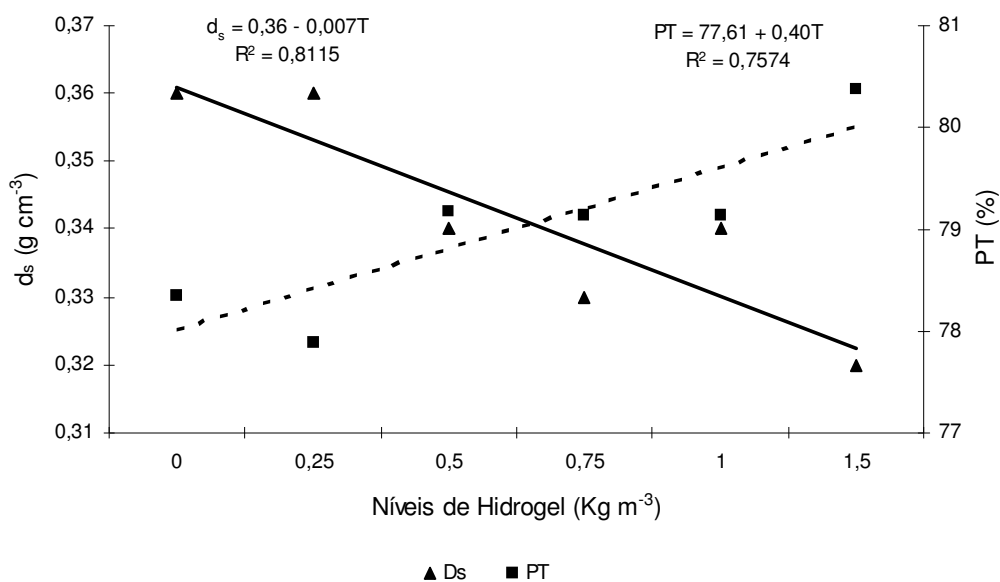


Figura 1. Porosidade Total e Densidade do substrato 1.

A PT do substrato foi diretamente proporcional à quantidade de hidrogel a devido tanto à sua taxa de expansão e contração ser maior que do substrato quanto ao seu volume hidratado ser maior que do substrato, que praticamente não se altera em função da hidratação.

A PT estimada do Substrato 1, variou de 77,61 até 78,21%, ou seja, 0,76%, entre os tratamentos T₁ e T₆ respectivamente, porém todos os tratamentos apresentaram resultados numa faixa que corroboram com os observados por Zanetti et al. (2003) no estudo de propriedades físicas de substratos para produção de mudas cítrica, em que a PT variou de 65 até 80%.

A densidade do substrato diminuiu linearmente com o aumento dos níveis de hidrogel (Figura 1), devido à redução do tamanho do grânulo de hidrogel durante sua desidratação.

A alteração na densidade também foi promovida pela redução da massa, em proporção maior que a diminuição do volume ocupado pelo substrato quando na presença do hidrogel hidratado, pois quando o hidrogel entra em contato com a água, ocorre um movimento de expansão em consequência da entrada e retenção de água dentro dele. No processo de desidratação, o movimento do hidrogel é inverso, ou seja, de contração.

2.3.2 Espaço de Aeração (EA)

Houve um crescimento linear do EA em função do incremento de hidrogel no Substrato 1 (Figura 2), ocasionado pela contração do hidrogel quando desidratado, proporcionando o surgimento de espaços porosos no substrato.

O EA cresceu de 19,28, 22,42, 25,56, 28,7, 31,85 até 38,13%, respectivamente, para os tratamentos T₁, T₂, T₃, T₄, T₅ e T₆. Observa-se também que a partir do tratamento T₃ até o tratamento T₆, o EA foi superior ao determinado por Zanetti et al. (2003) que estimaram EA ao redor de 23% para substratos, à base de casca de *Pinus sp*, utilizados na produção final de mudas cítricas.

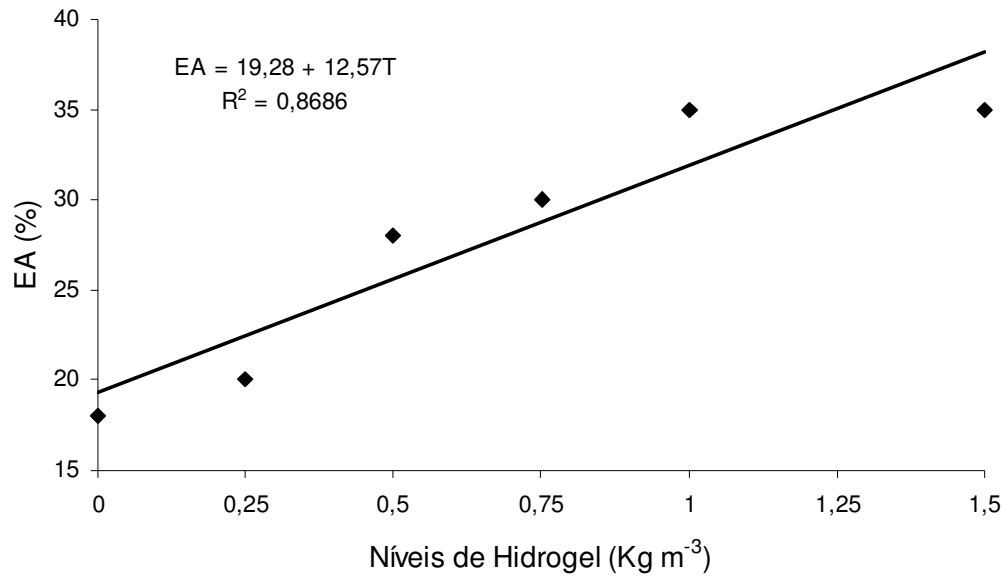


Figura 2. Espaço de Aeração do Substrato 1.

O pequeno volume de substrato onde as mudas cítricas são formadas leva a uma alta concentração de raízes, exigindo elevado suprimento de oxigênio e rápida remoção do gás carbônico formado. Por isso, o espaço de aeração do substrato deve permitir trocas gasosas eficientes para a respiração das raízes e para a atividade dos microorganismos do meio (KÄMPF, 2000).

Ao compararmos o EA do tratamento testemunha com os demais tratamentos, observamos que a aeração aumentou 14, 24, 32,82, 39,46 e 49,43%, respectivamente para os tratamentos T₂, T₃, T₄, T₅ e T₆, ou seja, a presença de hidrogel na composição de substrato é benéfica, principalmente para o cultivo de plantas que apresentam grande sensibilidade de aeração do sistema radicular.

O efeito do hidrogel no Substrato 2 foi semelhante ao encontrado no Substrato 1, pois o espaço de aeração cresceu 7,08% do tratamento T₁ para o T₂, 3,35% do tratamento T₂ para o T₃ e do tratamento T₃ para o T₄ o acréscimo foi de apenas 1% (Figura 3).

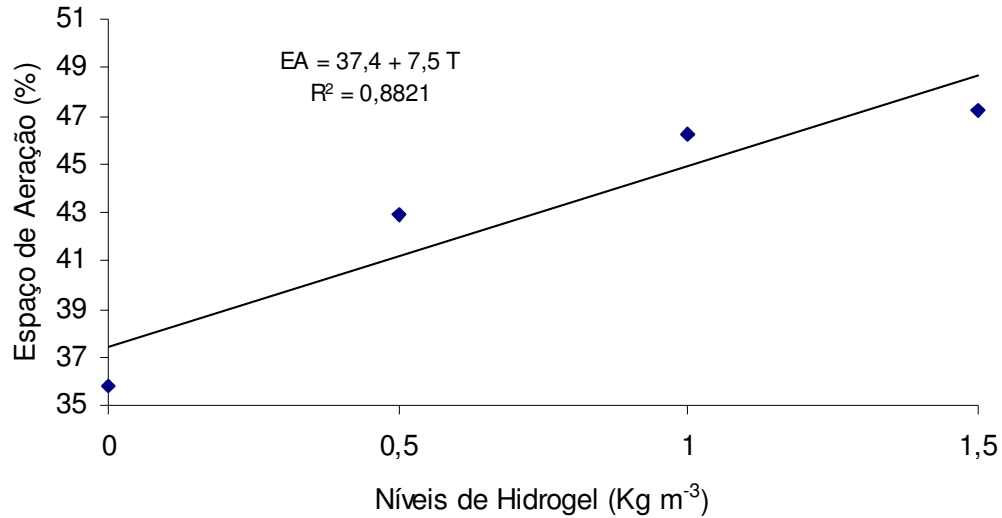


Figura 3. Espaço de aeração do Substrato 2.

2.3.3 Água Disponível (AD)

A capacidade de retenção de água do hidrogel é expressivamente superior à capacidade de retenção de água da areia (Figuras 4 e 5). Essa propriedade do hidrogel em armazenar grande quantidade de água em tensões na qual as plantas cultivadas conseguem aproveitar, sem que haja um desprendimento de energia excessiva para isso, atribui a ele um efeito condicionador de solo, pois mesmo em tensões superiores a 4000 hPa, a quantidade de água armazenada dentro dos microporos presentes dentro dos grânulos de hidrogel ainda é superior à da areia. A água armazenada pelo hidrogel na tensão de 4000 hPa foi de aproximadamente 70 Kg de água para cada Kg de hidrogel, enquanto que para a areia, na tensão de 20 hPa, a água armazenada foi de aproximadamente 0,16 Kg Kg⁻¹. Essa comparação extrema de retenção de água do hidrogel e da areia serve de parâmetro para mostrar quanto o hidrogel superabsorvente pode contribuir no fornecimento de água para as plantas quando usado com o propósito de aumentar a retenção de água do meio e o fornecimento da mesma para as plantas.

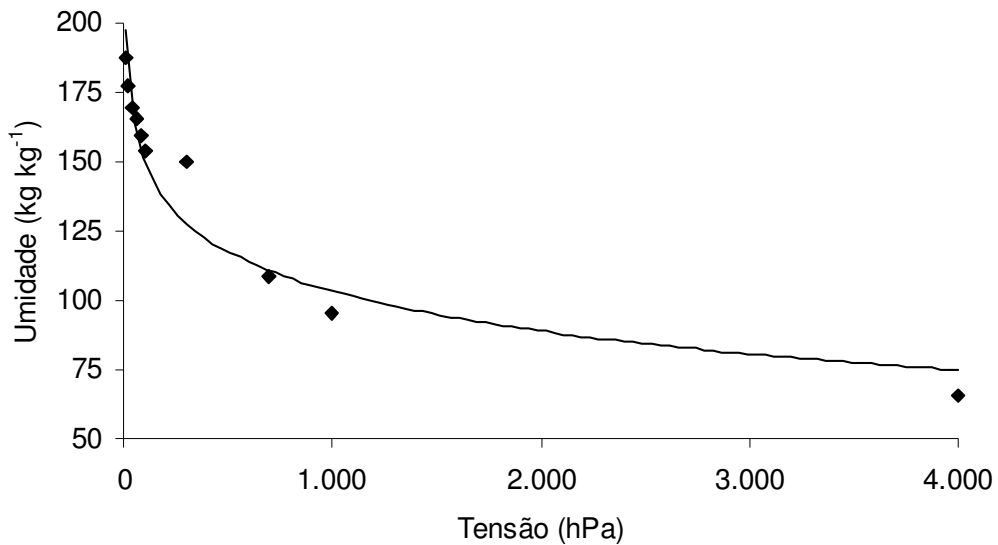


Figura 4. Curva de retenção de água do hidrogel superabsorvente.

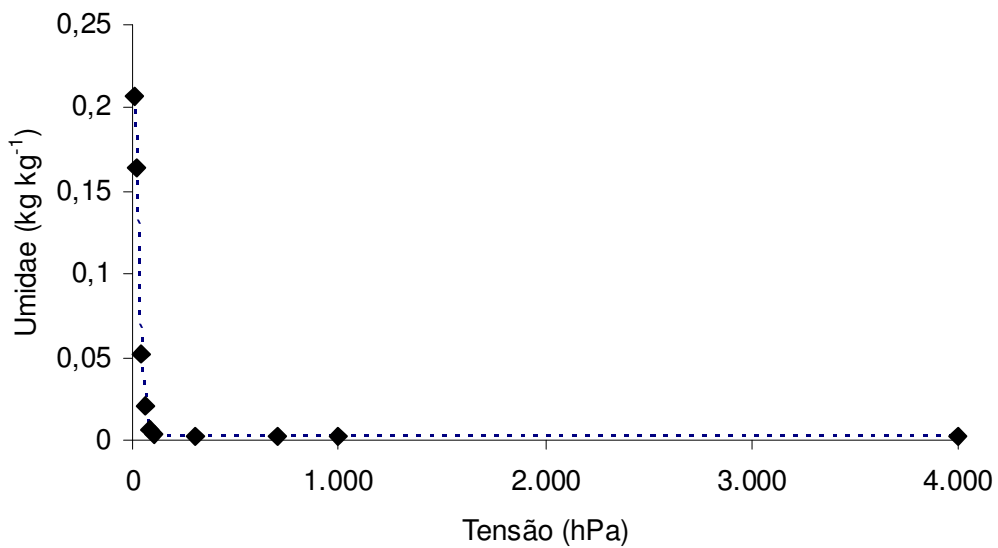


Figura 5. Curva de retenção de água da areia.

Para substratos empregados na produção de mudas, baseados em casca de *Pinus sp* e vermiculita, considera-se água disponível, a quantidade de água retida entre as tensões de 1 a 10 hPa (MINER, 1994).

No substrato 1, a adição de hidrogel não contribuiu com o aumento da retenção de água, pelo contrário, quanto maior o nível de hidrogel no substrato, mais a retenção de água se distanciou do máximo obtido pelo tratamento testemunha (Figura 6). A contribuição do hidrogel na retenção de água de um meio de cultivo é maior, e mais expressivo, quanto mais grossa for a sua textura o que, predominantemente, acarreta em um meio poroso rico em macroporos. Esta afirmação corrobora com as obtidas por Balena (1998) quando pesquisou a influência de diferentes níveis de hidrogel superabsorvente na retenção de água de dois meios porosos, um de textura grossa, areia de praia (rico em macroporos) e o outro de textura fina, solo argiloso (rico em microporos), no entanto, Moraes (2001) constatou que só foi possível identificar a contribuição do hidrogel superabsorvente no aumento da retenção de água de um solo argiloso a partir da tensão de 10 hPa.

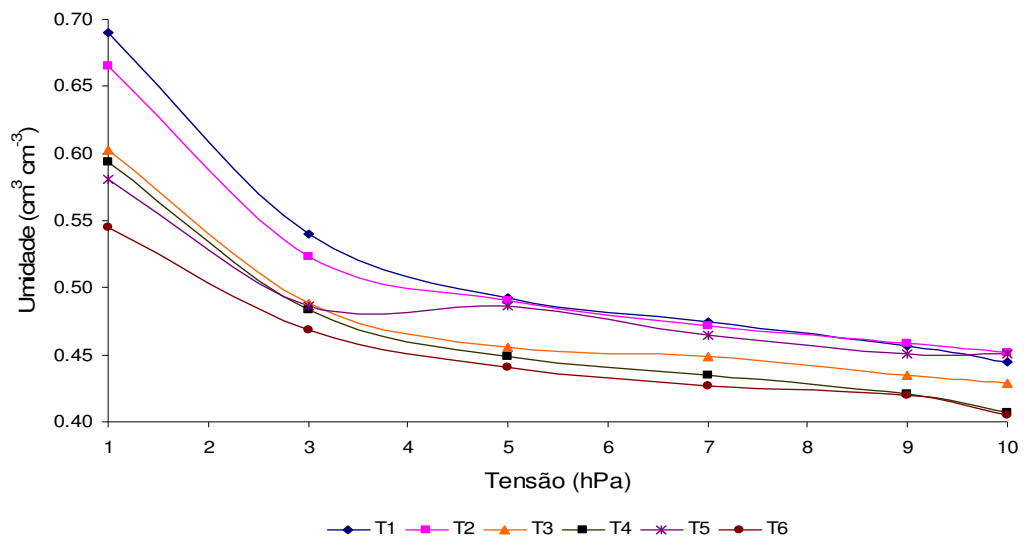


Figura 6. Curva de retenção de água dos tratamentos do Substrato 1.

Na Figura 7, está a curva de retenção de água do Substrato 2 que apresentava 25,65% das partículas do material constituinte, casca de *Pinus sp*, um diâmetro de partícula ≥ 4 mm, diferentemente do Substrato 1 que apresentava 7% das partículas com diâmetro ≥ 4 mm.

Observa-se na Figura 7 que o hidrogel contribuiu com a elevação da capacidade de retenção de água desse substrato, tendência essa que não foi

observada no Substrato 1 (Figura 6). A diferença entre os dois substratos estava na textura que se apresentou mais fina para o Substrato 1, por isso que, segundo Balena (1998), Fernandes e Corá (2008), o hidrogel contribuiu mais com o aumento da capacidade de retenção de água do Substrato 2.

A água disponível entre as tensões de 1 a 10 hPa foram semelhantes, respectivamente 0,10, 0,12, 0,13 e 0,11 $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ para os tratamentos T₁, T₂, T₃ e T₄ do Substrato 2, porém a retenção de água foi diferente, tanto maior quanto mais elevado o nível de hidrogel, corroborando com Gervásio e Frizzone (2004) que constataram ganho em retenção de água com adição de hidrogel no substrato até a tensão de 10 hPa, a partir desse ponto os valores de umidade em função da tensão foram praticamente iguais, independente do nível do condicionador no substrato, indicando que o hidrogel, além de aumentar a retenção de água em baixas tensões, a libera facilmente. No entanto, para o Substrato 1, esta confirmação não foi observada e a água disponível foi inversamente proporcional aos níveis de hidrogel sendo, respectivamente, 0,25, 0,22, 0,17, 0,18, 0,13 e 0,1 $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ para os tratamentos T₁, T₂, T₃, T₄, T₅ e T₆.

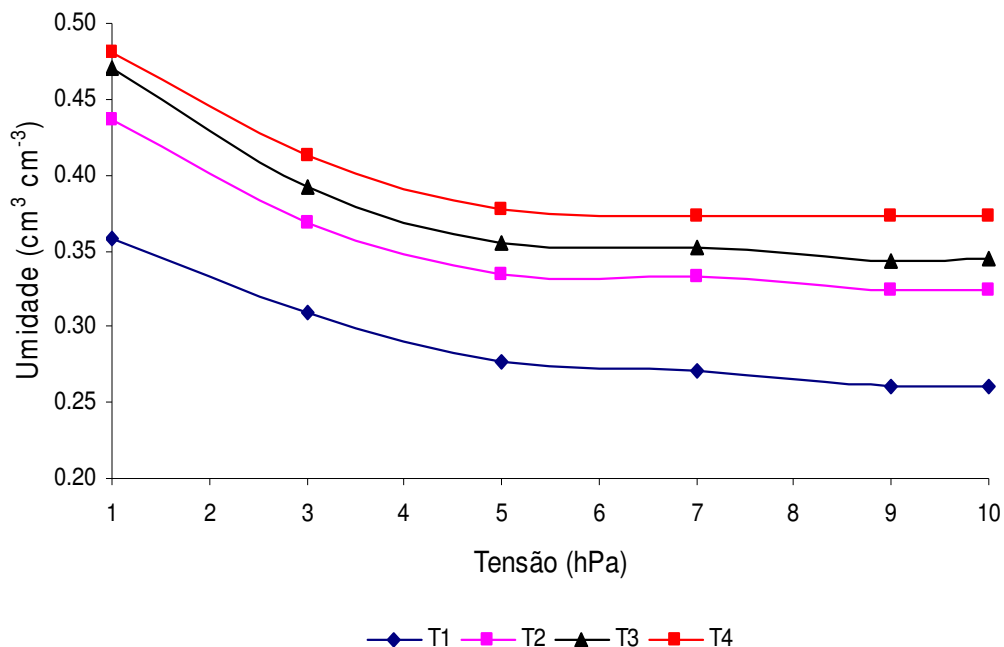


Figura 7. Curva de retenção de água dos tratamentos do Substrato 2.

Nota-se que a quantidade de poros responsáveis pela retenção de água foi maior no Substrato 1 do que no Substrato 2, pois a umidade na tensão de 1 hPa foi de, respectivamente 0,69, 0,67, 0,60, 0,59, 0,58 e 0,57 $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ para os tratamentos T₁, T₂, T₃, T₄, T₅ e T₆ do Substrato 1, enquanto que no Substrato 2, na mesma tensão, a umidade foi de 0,36, 0,44, 0,47 e 0,48 $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ para os tratamentos T₁, T₂, T₃ e T₄. Na tensão de 10 hPa, a umidade retida no Substrato 1 foi de 0,44, 0,45, 0,43, 0,41, 0,45 e 0,41 $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ para os tratamentos T₁, T₂, T₃, T₄, T₅ e T₆, superior à umidade de 0,26, 0,32, 0,34 e 0,37 $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ dos tratamentos T₁, T₂, T₃ e T₄ do Substrato 1 (Figuras 6 e 7).

2.3.4 Condutividade Hidráulica do Meio não Saturado

A condutividade hidráulica do Substrato 1 mostrou-se praticamente inalterada com o aumento da tensão para os tratamentos T₁, T₂ e T₃. Para os tratamentos T₄, T₅ e T₆, do mesmo substrato, houve uma redução da condutividade à medida que o meio foi perdendo água (Figura 8). Essa tendência também foi observada na condutividade hidráulica do Substrato 2 (Figura 9) que segundo Gervásio e Frizzone (2004), Prevedello e Balena (2000) a redução da condutividade hidráulica aconteceu devido à expansão do condicionador com a hidratação e conseqüente redução da macroporosidade e da permeabilidade do material. A expansão do condicionador pode ser visualizada na Figura 10 onde o diâmetro do grânulo seco mediu, aproximadamente, 0,5 mm e 8,0 mm quando hidratado, portanto um incremento de 1600%.

Suzuki et al. (2007) constataram que houve uma diminuição da condutividade hidráulica de solo com o aumento da densidade, contrariando os resultados observados neste trabalho onde a elevação dos níveis de hidrogel reduziu a densidade e também a condutividade hidráulica (Figuras 8 e 9).

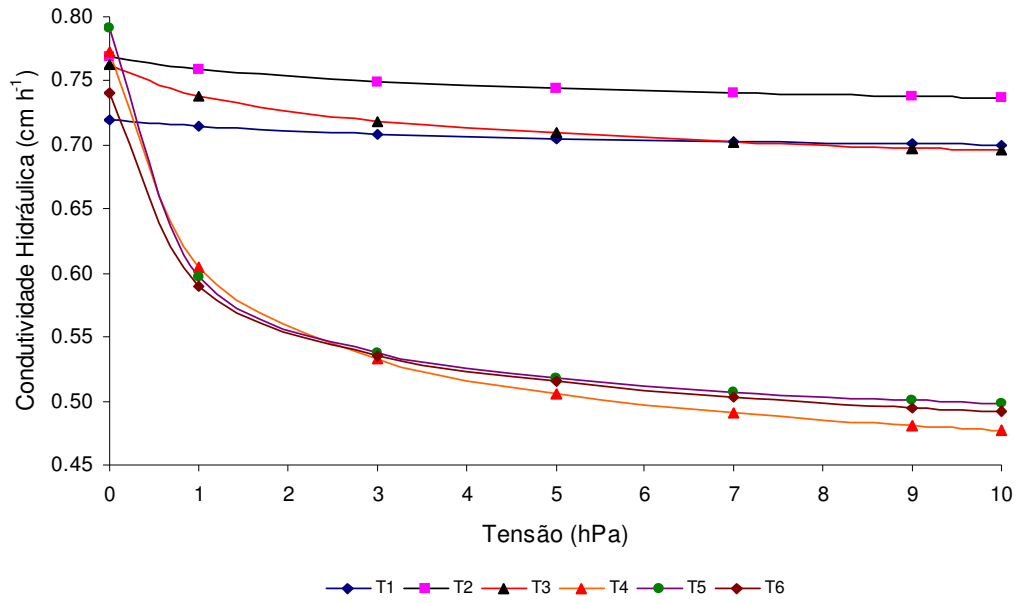


Figura 8. Condutividade hidráulica dos tratamentos do Substrato 1.

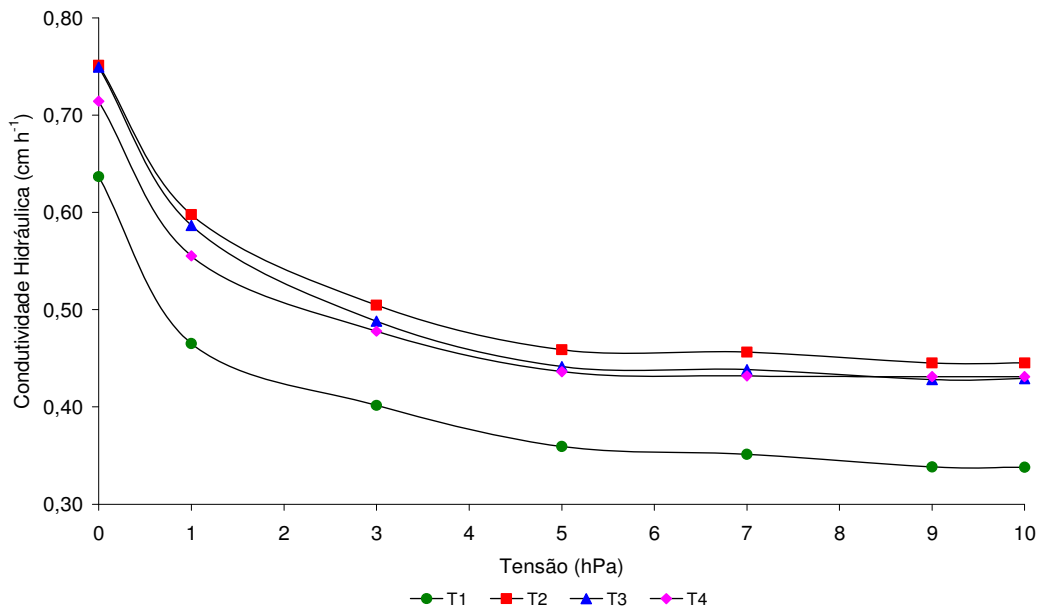


Figura 9. Condutividade hidráulica dos tratamentos do Substrato 2.



Figura 9. Foto do hidrogel superabsorvente seco e hidratado.

2.4 CONCLUSÕES

Os níveis crescentes de hidrogel no Substrato 1 proporcionaram o aumento da porosidade total do substrato;

A densidade do Substrato 1 reduziu com o aumento dos níveis de hidrogel;

O espaço de aeração do substrato aumentou com a elevação dos níveis de hidrogel para ambos os substratos;

Não houve incremento na quantidade de água disponível do Substrato 1 com o aumento dos níveis de hidrogel.

No Substrato 2, a água disponível foi praticamente a mesma para todos os tratamentos;

Para o Substrato 1, houve pequena alteração na condutividade hidráulica dos tratamentos testemunha e os que receberam 0,25 e 0,5 Kg de hidrogel por m^3 , enquanto que os tratamentos que receberam 0,75, 1,0 e 1,5 Kg m^{-3} a condutividade hidráulica reduziu com o aumento dos níveis de hidrogel.

No Substrato 2, para os tratamentos que receberam hidrogel, a condutividade hidráulica decresceu com o aumento dos níveis do condicionador e o K_s do tratamento testemunha foi inferior ao dos demais tratamentos.

2.5- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AL-HABIR, A.R.; AL-OMRAN, A.M.; SHALALAY, A.A.; CHOUDHARY, M.I. Efficiency of a hydrophylic polymer declines with time in greenhouse experiments. **HortScience**, 34(2), p.223-224, 1999.

AZEVEDO, T.L.F.; BERTONHA, A.; FREITAS, P.S.L.; GONÇALVES, A.C.A.; REZENDE, R. Capacidade de Retenção de solução nutritiva do hidrogel agrícola. In: BARBOSA, O.A. (ed.). Avances en ingenieria agrícola 2003-2005. Universidad Nacional de San Luis, San Luis. p.230-234, 2005.

AZEVEDO, T. L. F.; BERTONHA, A.; FREITAS, P. S. L.; GONÇALVES, A. C. A.; REZENDE, R. DALLACORT, R.; BERTONHA L. Retenção de soluções de sulfatos por hidrogel de poliacrilamida. **Acta Scientiarum Agronomy**, 28(2), p.287-290, 2006.

AZZAM, R. A. I. Agricultural polymers. Polyacrylamide preparation, application and prospects in soil conditioning. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, 11(8), p.767-834, 1980.

BALENA, S. P. Efeito de polímeros hidrotentores nas propriedades físicas e hidráulicas de dois meios porosos. Curitiba, 1998. 57p. Dissertação (Mestrado)-Universidade Federal do Paraná.

BELLÉ, S.; KAMPF, A. N. Utilização de casca de arroz carbonizada como condicionador hortícola para um solo orgânico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 29, n. 8, p.1265-1271. 1994.

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. **American Society of Horticultural Sciences Journal**, 115, p.382-386, 1990.

BOWMAN, D. C. ; EVANS, R. Y. Calcium inhibition of polyacrylamide gel hydration is partially reversible by potassium. **HortScience**, 26(8), p.1063-1065, 1991.

BUCHHOLZ, F. L. Absorbency and superabsorbency. IN: BULCHHOLZ, F.; GRAHAM, A. T. (ed.). **Modern superabsorbent polymer technology**. Canadá. Wiley-VCH. 279 p. 1998.

DE BOODT, M.; VERDONCK, O. The physical properties of the substrates in floriculture. **Acta Horticultural**, v. 26, p. 37-44, 1972.

DRZAL, M. S.; FONTENO, W. C. Pore fraction analysis: a new tool for substrate testing. **Acta Horticultural**, v.481, p.43-54, 1999.

FERNANDES, C; CORÁ, J. E. Caracterização física de substratos hortícolas a base de fibra de coco. Disponível em : <http://200.210.234.180/HORTA/Download/Biblioteca/olfg4077c.pdf>. Acessado: janeiro de 2008.

FONTENO, W. C.; BILDERBACK, T. E. Impact of hydrogel on physical properties of coarse-structured horticultural substrates. **Journal of the American Society of Horticultural Science**, 118(2), p.217-222, 1993.

FONTENO, W. C. Growing media: types and physical/chemical properties. In: REED, D. W. (ed.). **A Growers guide to water, media, and nutrition for greenhouse crops**. Batavia: Ball, p.93-122. 1996.

FRY, J. D.; BUTLER, J. D. Water management during tall fescue establishment. **HortScience**, 24(1), p.79-81, 1999.

GALLARDO, C.; VALENZUELA, O.; ALORDA, M.; GARCIA, M.A.; DIAZ, D. Características de los sustratos utilizados por los viveiros forestales. **Idia**, p. 55-57. 2004.

GERVASIO, E. S.; FRIZZONE, J. A. Caracterização físico-hídrica de um condicionador de solo e seus efeitos quando misturado a um substrato orgânico. **Irriga**. v.9, n. 2, p.94-105. 2004.

HANDRECK, K. A. Particle size analysis and the physical properties of growing media for containers. **Commun. In Soil Sci. Plant Anal**, 14(3), p.209-222, 1983.

HENDERSON, J. C.; HENSLEY, D. L. Efficacy of a hydrophilic gel as a transplant aid. **HortScience**, 24(4), p.991-992, 1993

HUTTERMANN, A.; ZOMMORODI, M.; REISE, K. Addition of hydrogels to soil for prolonging the survival of *Pinus sp halepensis* seedlings subjected to drought. **Soil and Tillage Research**, v. 50, p.295-304, 1990.

HELALIA, A.; LETEY. J. Cationic polymer effects on infiltration rates with a rainfall simulator. **Soil Science Society of American Journal**, v.52, p.247-250, 1988

JOHNSON, M. S. The effects of gel-forming polyacrilamides on moisture storage in sandy soils. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.35, p.1196-1200, 1984.

KABIRI, K.; ZOHURIAAN-MEHR, M. J. Superabsorbent hydrogel composites. **Polymers for Advanced Technologies**, 14(6), p.438-444, 2003.

KARLOVICH, P. T.; FONTENO, W. C. The effect of soil moisture on the growth of chrysanthemum in three container media. **Journal American Society Horticultural Science**. v. 2, n. 111,. p. 191-195. 1986.

KAMPF, A.N. **Análise física de substratos para plantas**. Viçosa: SBCS (Boletim Informativo). v. 26, p. 5-7, 2001.

KÄMPF, A.N. **Produção comercial de plantas ornamentais**. Guaíba: Agropecuária, 2000, 254 p.

KRAMER, P.J.; BOYER, J.S. Water relations of plants and soils. San Diego: Academic Press, p.55-63. 1995.

LAMAIRE, F. Physical, chemical and biological properties of growing medium. **Acta Horticultural**, v. 396, p.273-284, 1995.

MILKS, R.R.; FONTENO, W.C.; LARSON, R.A. Hydrology of horticultural substrates: II Predicting physical properties of media in containers. **Journal American Society Horticultural Science**, v. 1, n.114. p.53-56. 1989.

MINAMI, K; BUENO, S.C.S.; BLAT, S.F.; CUQUEL, F.L. Efficiency of a soil conditioner on strawberry. **Acta Horticultural**, v.607, p.169-173, 2003.

MINER, J.A. **Sustratos, propiedades y caracterización**. Bilbao, España: Mundi-Prensa, 1994. 172 p.

MORAES, O. Efeito do uso de polímero hidrorretentos no solo sobre o intervalo de irrigação na cultura da alface (*Lectuca sativa* L). Piracicaba, 2001. 73p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

PREVEDELLO, C. L.; BALENA, S. P. Efeitos de polímeros hidrorretentores nas propriedades físico-hídricas de dois meios porosos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n.2, p. 251-258, 2000.

RAVIV, M; WALLACH, R.; SILBER, A.; MEDINA, Sh.; KRASNOVSKY, A. The

effect of hydraulic characteristics of volcanic materials on yield of roses grown in soilless culture. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.2, n. 124, p.205-209, 1999.

REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas**. São Paulo, Ed. Manole Ltda, São Paulo, 1990. 118 p.

SÁEZ, J.N.P. Utilizacion de sustratos en viveiros. **Terra**, v.17, n.3, p.231-235. 1999.

SCHMITZ, J.A.K.; SOUZA, P.V.D.; KAMPF A.N. Propriedades químicas e físicas de substratos de origem mineral e orgânica para o cultivo de mudas em recipientes. **Ciência Rural**, v.32, p.937-944, 2002.

SUZUKI, L.E.A.S.; REICHERT, J.M.; REINERT, D.J.; LIMA, C.L.R. Grau de compactação, propriedades físicas e rendimento de culturas em Latossolo e Argissolo. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.42, n.8, p.1159-1167, 2007.

TAYEL, M.Y.; EL-HADY, O.A. Super gel as a soil conditioner. **Acta Horticulturae**, v.119, p.247-256.

WALLER, P.L.; WILSON, F.N. Evaluation of growing media for consumer use. **Acta Horticulturae**, n. 150, p.51-58, 1984.

WINSOR, G.W. Soilless culture for horticultural crop production. **FAO plant production and protection paper**, 1990. 101 p.

WOODHOUSE, J.M.; JOHNSON, M.S. Effects of soluble salts and fertilizers on water storage by gelforming soil conditioners. **Acta Horticulturae**, 294, p.261-269, 1991.

ZANETTI, M.; FERNANDES, C.; CAZETTA, J.O.; CORÁ, J.E.; MATTOS JUNIOR, D. Características físicas de substratos para a produção de mudas cítricas sob telado. **Laranja**, v.24, n.2, p.519-530, 2003.

DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO DO LIMOEIRO “CRAVO” [*Citrus limonia* (L.) Osbeck] CULTIVADO EM SUBSTRATO COM HIDROGEL SUPERABSORVENTE

Capítulo 3

RESUMO

A muda cítrica é o insumo mais importante na formação de um pomar e o caráter perene da cultura de citros evidencia esta importância por se revelar somente 8 anos após ser plantada. O vigor e sanidade do enxerto, a rusticidade e a qualidade do sistema radicular do porta-enxerto são características desejadas na formação da muda cítrica, portanto o objetivo desse estudo foi avaliar parâmetros agrônômicos do porta-enxerto de limoeiro “Cravo”, cultivado em substrato com hidrogel superabsorvente de poliacrilamida. O experimento foi conduzido em um viveiro comercial de produção de mudas cítricas em um delineamento estatístico inteiramente casualizado, com quatro tratamentos 0,0; 0,5; 1,0 e 1,5 quilograma de hidrogel por metro cúbico de substrato e oito repetições. A altura da planta, diâmetro do caule e teor de macronutrientes nas folhas responderam à presença de hidrogel no substrato de cultivo de casca de *Pinus sp* e vermiculita, mesmo levando em consideração que durante toda a fase de cultivo, as plantas não sofreram nenhum tipo de restrição hídrica e nem nutricional.

ABSTRACT

Citric seedling is the most important component for the formation of a citric farm. The perennial characteristic of citrus culture evidences its importance because the trees only blossom eight years after its planting. The strength and health of the rootstock, and the quality of the rootstock system are ideal characteristics for the formation of rootstock seedlings. Thus, the purpose of this study has been to evaluate the agronomic parameters of the rangpur lime's rootstock cultivated in growing media with superabsorbent polyacrilamide hydrogel. The experiment has been conducted in a commercial greenhouse production of citric seedlings following a randomized design, with four treatments (0.0; 0.5; 1.0 and 1.5 Kg of hydrogel / m³ of growing media) and eight replication. The plant height, stem diameter and amount of macronutrients variables in the leaves responded to the presence of hydrogel of the *Pinus* sp, bark and vermiculite growing media, even if during all the cultivation Period the plants did not go through any kind of water or nutritional shortager.

3.1- INTRODUÇÃO

Embora o Brasil esteja dentre os maiores produtores mundial de frutas cítricas, com uma produção que ultrapassa 23 milhões de toneladas e, deste montante, a produção principal é de laranjas destinadas à produção de suco de laranja concentrado e congelado, deve-se considerar a grande diversificação agroclimática do País e suas condições particulares de cultivo, compreendendo uma multiplicidade de ambientes, nos quais se verificam desde a ocorrência de geadas ocasionais ou freqüentes e até estresses hídricos ou térmicos, implicando múltiplas floradas com crescimento e maturação irregulares dos frutos (CERQUEIRA et al. 2004; SCHÄFER et al. 2001).

A muda cítrica é o insumo mais importante na formação de um pomar e o caráter perene da cultura evidencia a importância de sua escolha, pois ela influenciará na produção individual da planta que afetará as produções de frutos do pomar. As características mais importantes da muda cítrica são a origem do enxerto e do porta-enxerto e a qualidade do sistema radicular (LIMA, 1986).

Segundo Pompeu Júnior (1991), o porta-enxerto induz alterações à variedade copa no seu crescimento, tamanho, precocidade de produção, produtividade, época de maturação e peso dos frutos, coloração da casca e dos frutos, teor de açúcares e de ácidos, permanência dos frutos na planta, conservação após a colheita, transpiração das folhas, fertilidade do pólen, composição química das folhas, capacidade de absorção, síntese e utilização de nutrientes, tolerância à salinidade, resistência à seca e ao frio, resistência e tolerância a moléstias e pragas e resposta a produtos de abscisão. Os porta-enxertos tem efeito significativo no desenvolvimento do fruto e a maior parte dessa influência é devida à capacidade de fornecer água para a planta e, em segundo lugar, à absorção de nutrientes, além do mais, porta-enxertos mais vigorosos são melhores extratores de umidade do solo e mantêm a planta sob menor estresse hídrico (ALBRIGO, 1992; CASTRE, 1994).

O vigor e o desenvolvimento do sistema radicular de uma muda cítrica podem conferir a ela resistência à deficiência hídrica, pois um sistema radicular

mais abundante consegue explorar um volume maior de solo e, conseqüentemente, mais água e nutrientes. Os porta-enxertos têm diferenças significativas no desenvolvimento do sistema radicular, determinando a maior ou menor quantidade de radículas e também a distribuição delas no solo (MOREIRA, 1992).

Segundo Vitti (1992) a capacidade de um porta-enxerto vigoroso absorver água e colocar a raiz em contato com os nutrientes proporciona uma maior absorção destes por interceptação radicular, fluxo de massa ou difusão, elevando os níveis nutricionais da planta e com isso aumentado seu crescimento e desenvolvimento. Apesar da diversificação de porta-enxertos, o limoeiro “Cravo” (*Citrus limonia* Obeck) ainda é um dos mais utilizados na citricultura brasileira e essa preferência é explicada devido às suas características de induzir vigor, maior tolerância ao estresse hídrico e média produtividade.

Devido ao aparecimento de problemas fitossanitários associados ao solo, como nematóides, gomose e bacterioses em pomares cítricos, tem sido despertado um maior interesse na produção de mudas envasadas (CARVALHO e SOUZA, 1996).

Nos sistemas de produção de mudas de citros em ambiente protegido, utiliza-se substratos, livres de solo, constituído principalmente de casca de *Pinus sp* que possibilita a obtenção de mudas saudáveis e de alta qualidade, com sistema radicular mais volumoso, o que acelera o pegamento e a retomada do crescimento no pomar (TEÓFILO SOBRINHO, 1991).

Vichiato et al. (2004) trabalhando com porta-enxerto de tangerineira “Cleópatra” (*Citrus reshni* Hort. Ex Tan) produzida em substrato com 0, 4, 8, 12, 16 e 32 Kg m⁻³ de hidrogel superabsorvente, observou que a altura de planta foi prejudicada pela redução no espaço de aeração do substrato, provavelmente devido aos níveis de hidrogel empregado.

O diâmetro do caule é uma característica morfológica do porta-enxerto importante na produção de mudas de laranja, pois juntamente com a altura, determinam o vigor e a precocidade da planta, conseqüentemente o momento adequado para a realização da enxertia (SCHÄFER et al. 2006, BERNARDI et al. 2000). Quanto mais próximo do colo da planta, mais precoce será a enxertia

e, conseqüentemente, a formação da muda. Porém, enxertos muito baixos não são recomendados, porque aumentam a probabilidade das mudas cítricas contraírem doenças no campo, principalmente a gomose.

Segundo Kabiri e Zohuriaan-Mehr (2003), hidrogéis superabsorventes são polímeros reticulados, flexíveis e porosos que apresentam em sua estrutura polimérica grupos iônicos que facilitam a absorção e retenção de soluções aquosas em geral (Figura 1).

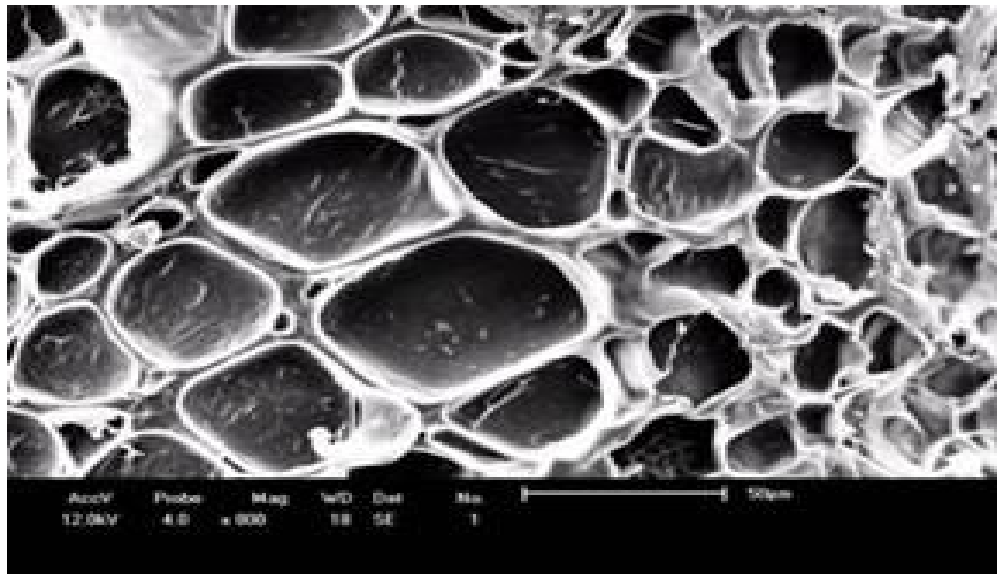


Figura 1. Micrografia de um hidrogel superabsorvente liofilizado após o intumescimento. Foto: Guilherme, M.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o porta-enxerto de limoeiro "Cravo" cultivado em substratos com hidrogel superabsorvente.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em um viveiro de produção de mudas cítricas localizado no município de Atalaia-PR, conforme um delineamento estatístico inteiramente casualizado com quatro tratamentos, T₁, T₂, T₃ e T₄, respectivamente 0,0; 0,5; 1,0 e 1,5 quilogramas de hidrogel superabsorvente por metro cúbico, de substrato de casca de *Pinus sp* e vermiculita com granulometria conforme o Quadro 1 e oito repetições. O hidrogel utilizado apresentava diâmetro médio de partículas de aproximadamente 0,5 mm e foi misturado ao substrato em uma betoneira.

Quadro 1. Granulometria do substrato usado no experimento.

Granulometria (mm)	Participação (%)
≥ 4,00	25,65
entre 4,00 e 2,38	15,7
entre 2,38 e 2,00	6,6
entre 2,00 e 1,00	13,3
entre 1,00 e 0,5	13,2
entre 0,5 e 0,25	10,58
entre 0,25 e 0,125	7,74
≤ 0,125	7,03

Na implantação do experimento, foram aplicados 3,0 g do inseticida Thiamethoxam (Actara 10 GR) e 4,0 Kg m⁻³ de substrato de Osmocote, adubo de liberação lenta, na formulação 37-0-0 com 37% de nitrogênio na forma amoniacal e 16% de enxofre. Durante a condução do experimento, a fertilidade e a disponibilidade hídrica do substrato foram mantidas com adubações regulares e irrigações diárias, conforme as boas práticas de condução estabelecidas para a produção de mudas comerciais.

As mudas de limoeiro “Cravo” (*Citrus limonia* (L.) Osbeck) foram

produzidas em tubetes de polietileno, cônicos de 50 cm³, com seis estrias e transplantadas aos 60 dias após o semeio, em sacos plásticos com capacidade para 5,0 dm⁻³ de substrato, de cor preta e mantidas em ambiente protegido 50 cm do solo durante toda a condução do experimento.

Aos 180 dias após o semeio, foram avaliadas altura de planta, diâmetro do caule a 15 cm acima do colo e teor de nutrientes nas folhas. A altura foi mensurada, com o auxílio de uma trena, do nível do colo da planta até o último par de folhas do ramo principal e o diâmetro foi determinado com o auxílio de um paquímetro.

Para a análise foliar de nutrientes, foram coletadas a terceira e a quarta folha, no sentido ápice-base, de cada planta das oito repetições de cada tratamento, constituindo assim uma única amostra para cada tratamento. A determinação dos nutrientes Ca, Mg, K, P, Fe, Cu, Zn e Mn foi feita pela técnica da digestão nitroperclórica (6:1), enquanto que a determinação do N foi feita pela digestão sulfúrica com catalisadores.

O enxerto do limoeiro “Cravo” foi realizado com borbulhas de laranja Pêra, (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck), a 15 cm de altura do colo da planta, foi realizado aos 200 dias após o semeio e aos 213 dias após o semeio, foram retiradas, ao acaso, uma planta de cada tratamento e deixadas sem irrigar até que manifestassem sintomas de murcha permanente (enrolamento permanente das folhas).

Aos 228 dias após o semeio, a massa seca de raiz (MSR), massa seca da raiz pivotante (MSRP), massa seca das raízes secundárias (MSRS), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da planta (MSP) foram avaliadas. Para estas determinações, os materiais avaliados foram colocados para secar em uma estufa com circulação forçada de ar a 60⁰ C por 24 horas, e pesados separadamente em uma balança, com capacidade máxima de carga de 500 g. Na determinação da massa seca de raiz, os grânulos do substrato que estavam aderidos às raízes, foram retirados com o auxílio de uma pinça.

Para a determinação do conteúdo de água disponível dos tratamentos, empregou-se uma mesa de tensão cujas amostras de cada tratamento foram submetidas às tensões de 1, 3, 5, 7, 9 e 10 hPa, de acordo com o procedimento descrito no material e métodos do Capítulo 2.

O Espaço de Aeração foi obtido pela diferença entre a porosidade total (Capítulo 2) e o conteúdo de água contido no substrato na tensão de 1 hPa (MINER, 1994).

A distribuição normal dos dados observados foi avaliada pelo teste de Shapiro-Wilk empregando-se software SAS, enquanto que o software SISVAR foi usado para a análise das regressões. A escolha do modelo de regressão foi baseada na sua significância, na não significância do desvio da regressão e na significância dos coeficientes da regressão pelo teste “t” a 5% de probabilidade. Para a variável déficit hídrico, o nível de significância adotado foi de 10%.

Com exceção das variáveis altura de planta e diâmetro do caule, a análise de regressão, pela técnica de polinômios ortogonais, foi feita com os dados observados das oito repetições de cada tratamento, para as demais variáveis, adotou-se o modelo de regressão linear simples sem repetição, ou seja, para cada tratamento foi analisada somente uma planta.

3.3- RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1- Altura de Plantas e Diâmetro de Caule

Houve um efeito quadrático negativo dos níveis de hidrogel na altura de plantas (Figura 2). Isso mostra que o emprego de hidrogel no substrato altera a altura da planta do porta-enxerto, maximizando-a em 74 cm para um nível ótimo de hidrogel de 0,57 kg m⁻³.

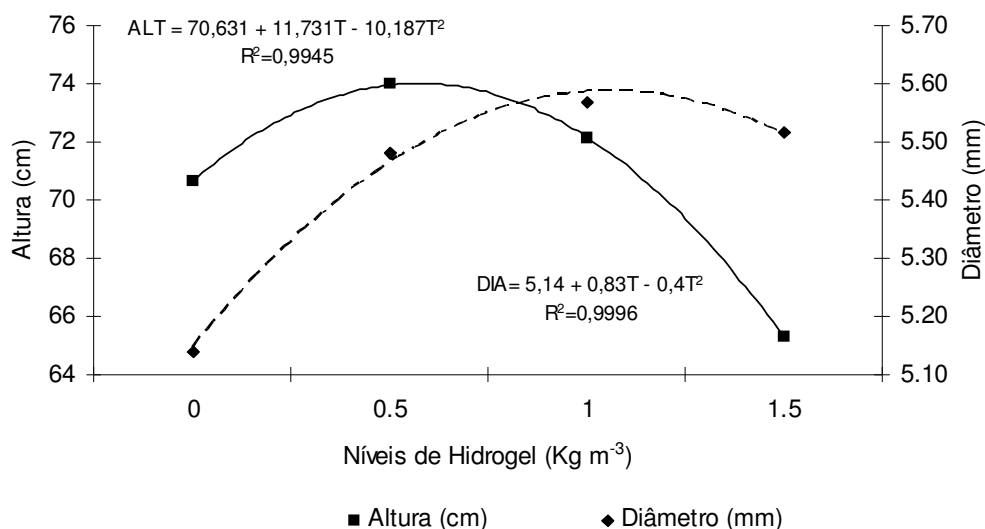


Figura 2. Altura e diâmetro de plantas de limoeiro “Cravo” aos 180 dias após a semeadura.

Observa-se também, na Figura 2, que o diâmetro do caule do porta-enxerto aumentou com a adição do hidrogel no substrato, atingindo 5,57 mm com o nível de hidrogel de 1,03 Kg m⁻³. O diâmetro estimado foi de 5,48 mm para o tratamento T₄, 5,57 mm para o tratamento T₃, 5,45 mm para o tratamento T₂ e de 5,14 mm para o tratamento T₁ e a variação máxima de 0,43 mm, foi imperceptível para uma tomada de decisão e menor que as encontradas por Moreira et al. (2000), que estimaram diâmetro de caule de

porta-enxerto de Limão “Cravo” de 13,21 mm, aos 180 dias após o semeio, mas a 10 cm do colo da planta.

3.3.2- Massa Seca de Planta (MSP) e Massa Seca de Raiz (MSR)

O maior acúmulo estimado de massa seca da planta de 26,49 g para 0,74 kg m⁻³ de hidrogel/substrato (Figura 3) ocorreu conforme observaram Bernardi et al. (2000) e também Miller et al. (1993). A partir deste nível de hidrogel/substrato, semelhante ao que aconteceu com a altura de plantas, a MSP reduziu com a adição de hidrogel no substrato.

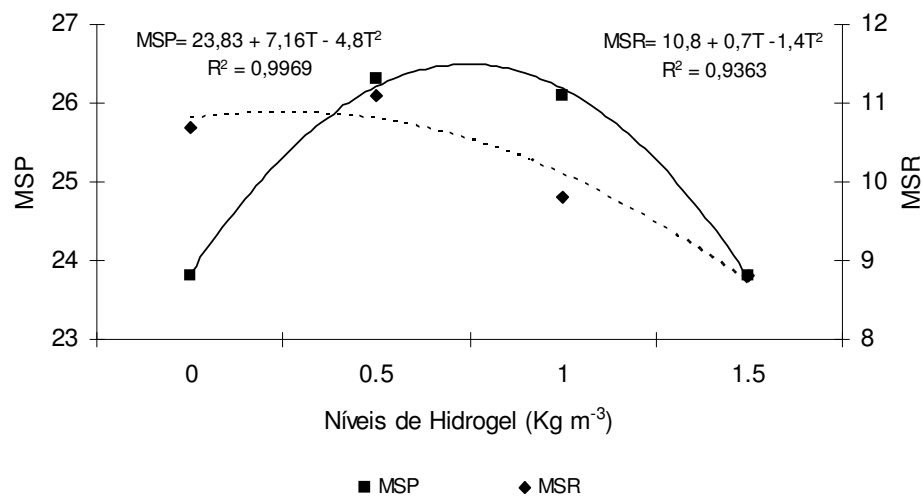


Figura 3. MSP e MSR do limoeiro “Cravo” aos 228 dias após o semeio.

Comparativamente, a MSP foi maior para os tratamentos T₂ e T₃, 26,21 e 26,19 g/planta, respectivamente, resultados corroborados por Vichiato et al. (2004) que constataram decréscimo no peso da massa seca dos porta-enxertos de limoeiro “Cravo” e tangerineira “Cleópatra” com o aumento dos níveis de hidrogel no substrato, porém com acúmulo de massa seca maior do

que as encontradas neste trabalho e níveis de hidrogel acima de 4 kg m^{-3} para hidrogel/substrato. Para Sita (2000), trabalhando com crisântemo, adição de hidrogel no substrato causou a redução da biomassa das plantas.

O acúmulo de massa seca de raiz, foi maximizado em $10,88 \text{ g/planta}$ com a adição estimada de $0,25 \text{ kg m}^{-3}$ de hidrogel/substrato (Figura 3). Essa tendência de redução da biomassa de raiz, a partir de baixos níveis de hidrogel no substrato, também foi observada por Tavares et al. (2007), estudando a produção de mudas de tomateiro e de alface em substrato com hidrogel superabsorvente, e por Jabur e Martins (2002) quando investigavam a influência de substratos na produção de mudas de porta-enxerto de tangerineira “Cleópatra”.

Separando as raízes, encontrou-se uma relação linear negativa da massa seca da raiz pivotante (MSRP), mas quadrática e crescente para as raízes secundárias, com o aumento dos níveis de hidrogel dentro do substrato (Figura 4). Essa resposta evidencia o efeito do hidrogel na formação de mudas, pois as raízes secundárias, principais responsáveis pela absorção de água e nutrientes do substrato. Como nos tratamentos com hidrogel havia um volume maior de água armazenada, a planta priorizou o crescimento e desenvolvimento das raízes secundárias que apresentaram uma massa maior na presença de hidrogel quando comparado com a testemunha.

O acúmulo de massa seca da parte aérea (MSPA) estimado foi, respectivamente, $13,03$ e $15,07 \text{ g}$ para os níveis zero e $1,5 \text{ kg}$ de hidrogel por m^{-3} de substrato, (Figura 5) e $16,09 \text{ g}$ para $0,95 \text{ kg m}^{-3}$. Observou-se que a massa seca de planta, o diâmetro de caule e a massa seca da parte aérea foi superior para todos os tratamentos que receberam hidrogel, quando comparados com o tratamento testemunha, evidenciando o efeito positivo da adição do hidrogel na produção de mudas que, segundo Bianchi et al. (2003), a massa seca da parte aérea do porta-enxerto do limoeiro “Cravo” se acumula mais em substratos que proporcionam melhores condições físicas e químicas para a absorção de água e nutrientes (BERNARDI et al. 2000)

O acúmulo de massa seca das raízes secundárias apresentou um ajuste quadrático negativo para o acréscimo nos níveis de hidrogel, sendo que a quantidade estimada de hidrogel de $1,05 \text{ kg m}^{-3}$ foi a que proporcionou o maior

acúmulo MSRS, 4,66 g (Figura 4).

Nos tratamentos em que houve a adição de hidrogel, os grânulos hidratados ficaram aderidos ao sistema radicular da planta e isso proporcionou um aumento da superfície de contato das raízes com os nutrientes que estavam diluídos e armazenados dentro do hidrogel. A disponibilidade de nutrientes em substratos com hidrogel pode ser explicada pela seletividade dele aos íons fertilizantes, conforme se observa no Capítulo 1. Já o armazenamento de soluções nutritivas pelo hidrogel só é possível graças à formação de microporos que são gerados dentro dele durante a hidratação. A água, ao entrar em contato com o hidrogel, provoca uma repulsão das cadeias poliméricas ocasionando o aparecimento e o aumento de tamanho dos poros.

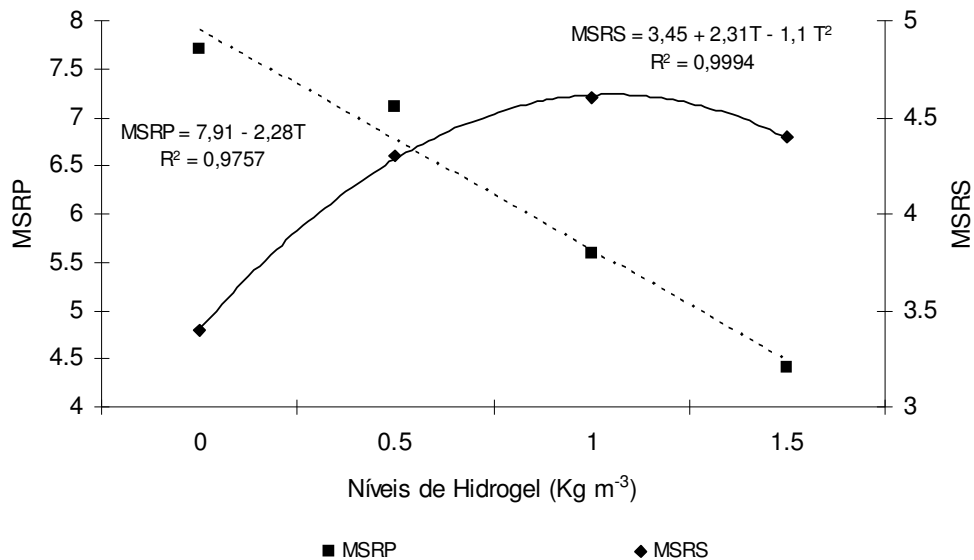


Figura 4. Massa seca de raiz pivotante e secundárias do limoeiro “Cravo” aos 228 dias após o semeio.

3.3.3 Massa Seca da Parte Aérea

A relação raízes/parte aérea é útil para estudar o equilíbrio entre os órgãos, uma vez que indica a existência de uma interdependência entre os órgãos no balanço por água, nutrientes e carbono.

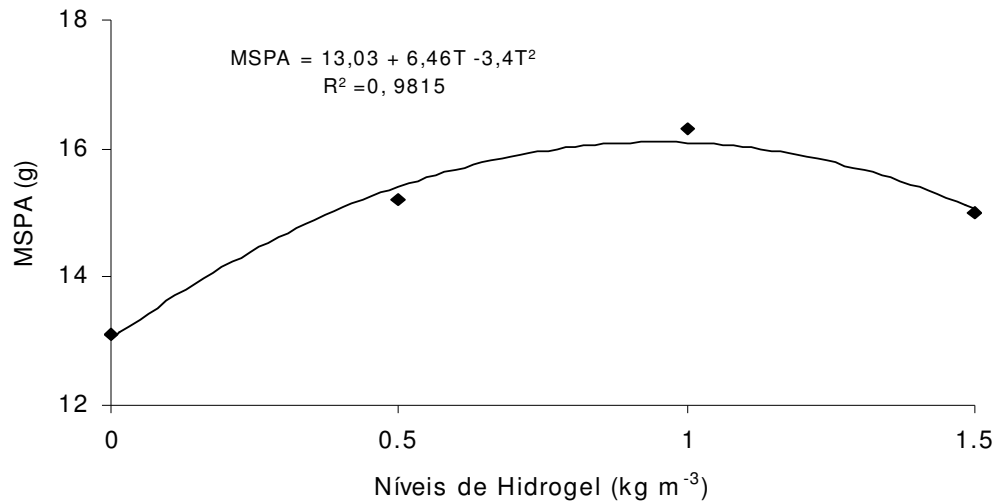


Figura 5. Massa seca da parte aérea de limoeiro “Cravo” aos 228 dias após o semeio.

A relação, massa seca de raízes e da parte aérea da planta, se ajustam conforme a relação linear decrescente em função do acréscimo dos níveis de hidrogel adicionados ao substrato, $MSR/MSPA = 0,8073 - 0,1648T$ (Equação 1).

3.3.4 Análise Foliar

O hidrogel utilizado neste trabalho apresentava o potássio na constituição da molécula polimérica, tendo como conseqüência um aumento na concentração deste nutriente na solução do substrato, que, em condições de viveiro, tanto pode ser absorvido como lixiviado, dependendo da CTC e da freqüência de irrigações (AZEVEDO et. al. 2006, TAYLOR e HALFACRE 1986).

De acordo com a Figura 6, o teor de nitrogênio acumulado na folha do limoeiro “Cravo” aumentou com o acréscimo dos níveis de hidrogel no substrato, com exceção para os tratamentos T_2 e T_3 quando os teores se apresentaram semelhantes. Resultados semelhantes foram encontrados por Henderson e Hensley (1985) quando estudaram a retenção de nitrogênio

amoniaco em substratos contendo hidrogel. Nos estudos de Ruschel et al. (2004), houve uma relação crescente do aumento do conteúdo de nitrogênio na folha do limoeiro “Cravo” em função do aumento dos níveis de nitrato de amônio aplicados no substrato de cultivo. É provável que o hidrogel tenha proporcionado uma redução na lixiviação de N, fazendo com que o teor desse nutriente aumentasse na folha como consequência da maior absorção.

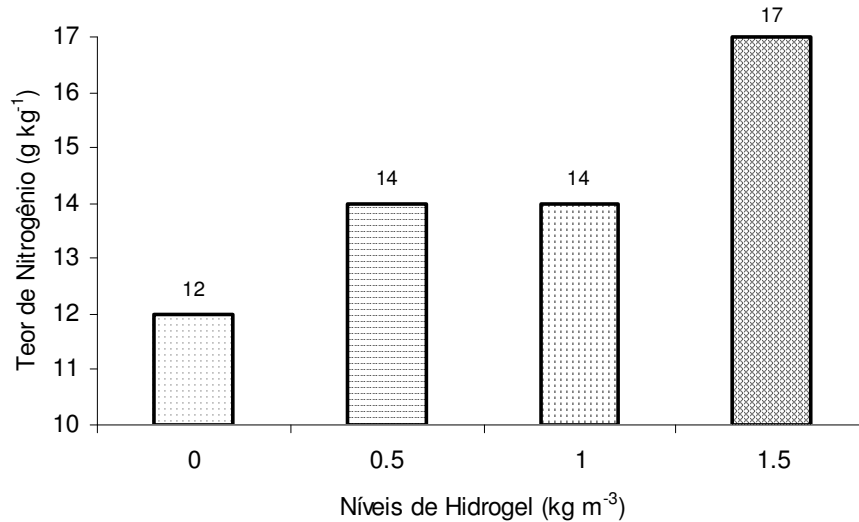


Figura 6. Teor de nitrogênio na folha de limoeiro “Cravo”, aos 180 dias após a semeadura.

Marschner (1995) observou que o nitrogênio interfere diretamente no balanço da planta por água e nutrientes, alterando sua morfologia, sendo que quando há um baixo suprimento desse nutriente, há menor crescimento da parte aérea e as raízes apresentam-se longas e com poucas divisões nos níveis intermediários, há desenvolvimento e divisão adequados do sistema radicular, porém quando há excesso do nutriente, observa-se excesso de divisão das raízes. No entanto, o sistema radicular é reduzido e há estímulo para o desenvolvimento da parte aérea. Esta afirmação explica o menor acúmulo da massa seca de raiz e o acréscimo da MSPA para as plantas que receberam níveis crescentes de hidrogel no substrato quando comparado com o tratamento testemunha.

O hidrogel é provido de cargas negativas em sua estrutura molecular,

formando sítios de troca de cátions (CTC), em torno de $400 \text{ mmolc dm}^{-3}$, o que proporciona maior capacidade de retenção de cátions como nitrogênio (forma amoniacal), cálcio, potássio entre outros (BUCHHOLZ e GRAHAM, 1998). O teor de cálcio na folha do limoeiro foi beneficiado por essa propriedade do hidrogel, sendo que ele aumentou com o aumento dos níveis de hidrogel no substrato (Figura 7). Esse acréscimo no teor de cálcio é muito importante, pois segundo Scivittaro et al (2004), o cálcio é o nutriente requerido em maior quantidade pelas plantas cítricas.

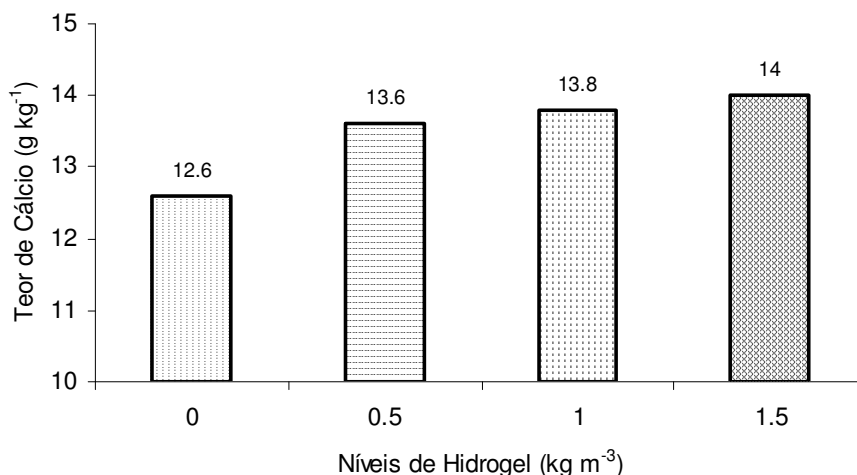


Figura 7. Teor de cálcio na folha de limoeiro “Cravo”, aos 180 dias após a semeadura.

Os teores na folha dos demais macronutrientes estudados: fósforo, potássio e enxofre foram, respectivamente, de $2,35$, $15,77$, $3,17 \text{ g Kg}^{-1}$ e não alteraram significativamente em função dos níveis de hidrogel (Figura 8), porém esses valores foram inferiores aos encontrados por Ruschel et al. (2004) que relataram teores de $5,3 \text{ g Kg}^{-1}$, $28,5 \text{ g Kg}^{-1}$ e de $5,4 \text{ g Kg}^{-1}$ para os nutrientes fósforo, potássio e enxofre nas folhas de limoeiro “Cravo”, respectivamente. Para o magnésio, Camargo et al. (1990), encontraram teores variando entre $0,7$ a $5,2 \text{ g kg}^{-1}$ o que corrobora com os determinados neste trabalho que foi de $3,05 \text{ g Kg}^{-1}$.

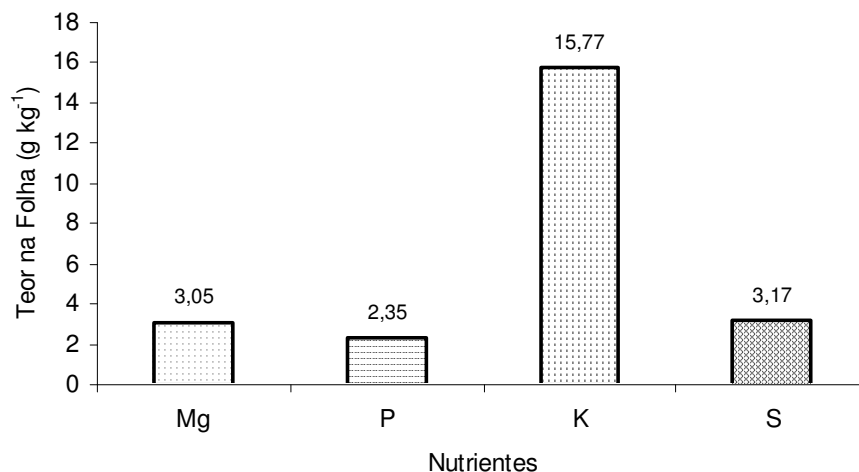


Figura 8. Teor de macronutrientes na folha de limoeiro “Cravo”, aos 180 dias após a sementeira.

Os teores de micronutrientes na folha do limoeiro “Cravo” não variaram significativamente com o aumento dos níveis de hidrogel no substrato (Figura 9). Os valores médios encontrados foram de 58,32, 111,7, 39,87, 26,8 e 51,7 mg kg⁻¹, respectivamente para ferro, cobre, zinco, boro e manganês.

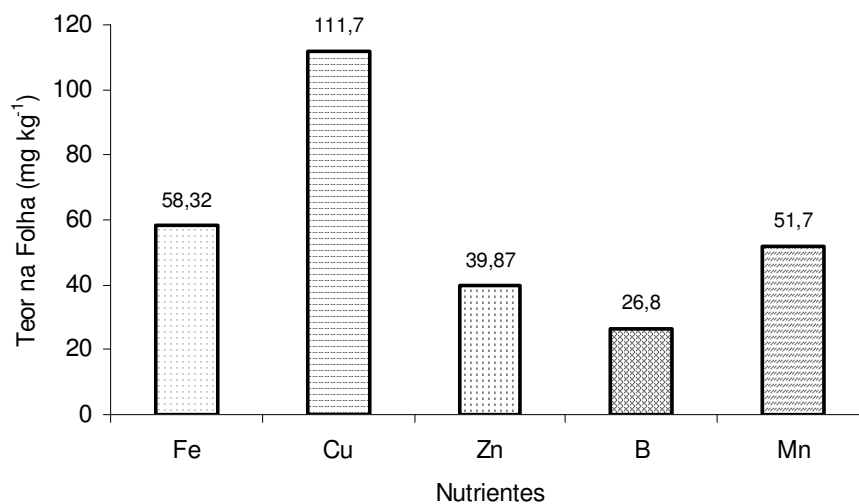


Figura 9 Teor de micronutrientes na folha de limoeiro “Cravo”, aos 180 dias após a sementeira.

O teor de Cu nas folhas do limoeiro “Cravo”, $111,7 \text{ mg Kg}^{-1}$, é bem superior ao teor de 10 mg Kg^{-1} encontrado por Villas Boas et al. (2002), estudando diferentes sistemas de fertirrigação e lâmina de água aplicada na laranjeira Valência. Os mesmos autores revelaram ainda que não houve diferença significativa entre os demais micronutrientes B, Fe, Mn e Zn.

3.3.5 Sintoma de Deficiência Hídrica do Limoeiro “Cravo”

A deficiência hídrica foi retardada, de maneira linear, com o aumento dos níveis de hidrogel superabsorvente no substrato (Figura 11).

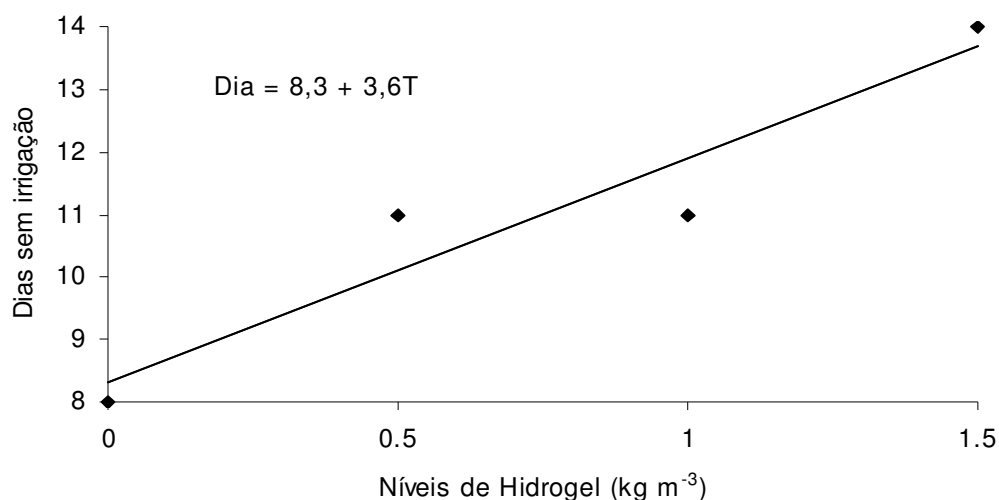


Figura 11. Manifestação de deficiência hídrica no limoeiro “Cravo”.

As plantas do limoeiro “Cravo” começaram a manifestar deficiência hídrica a partir do oitavo dia, um dia antes do relatado por Medina et al. (1999), ao estudarem plantas de laranjeiras-doces (*Citrus sinensis* Osbeck) enxertadas sobre o limoeiro “Cravo”. Para cada quilo grama de hidrogel adicionado ao substrato, o sintoma de déficit hídrico foi retardado em 3,6 dias o que comprova a maior capacidade de armazenamento de água do hidrogel (Figura 5) e o aproveitamento desta pelas plantas cultivadas em substratos

providos deste condicionador.

Após 15 dias sem irrigar, as plantas dos tratamentos T_1 , T_2 e T_3 apresentaram sintomas acentuados de deficiência hídrica, enquanto que na planta do tratamento T_4 o sintoma de deficiência hídrica era mais suave (Figura 12). Como resposta à escassez de água no substrato, houve uma queda generalizada das folhas e, segundo Castro (1994), as plantas cítricas sob um déficit hídrico acentuado aumentam sua transpiração, o que aumenta também a condutividade estomática e, como conseqüência, diminui o potencial de água na folha, Isso pode levar a um incremento na síntese de etileno, determinando uma queda de folhas, ocorrendo assim uma redução na superfície de perda de água.

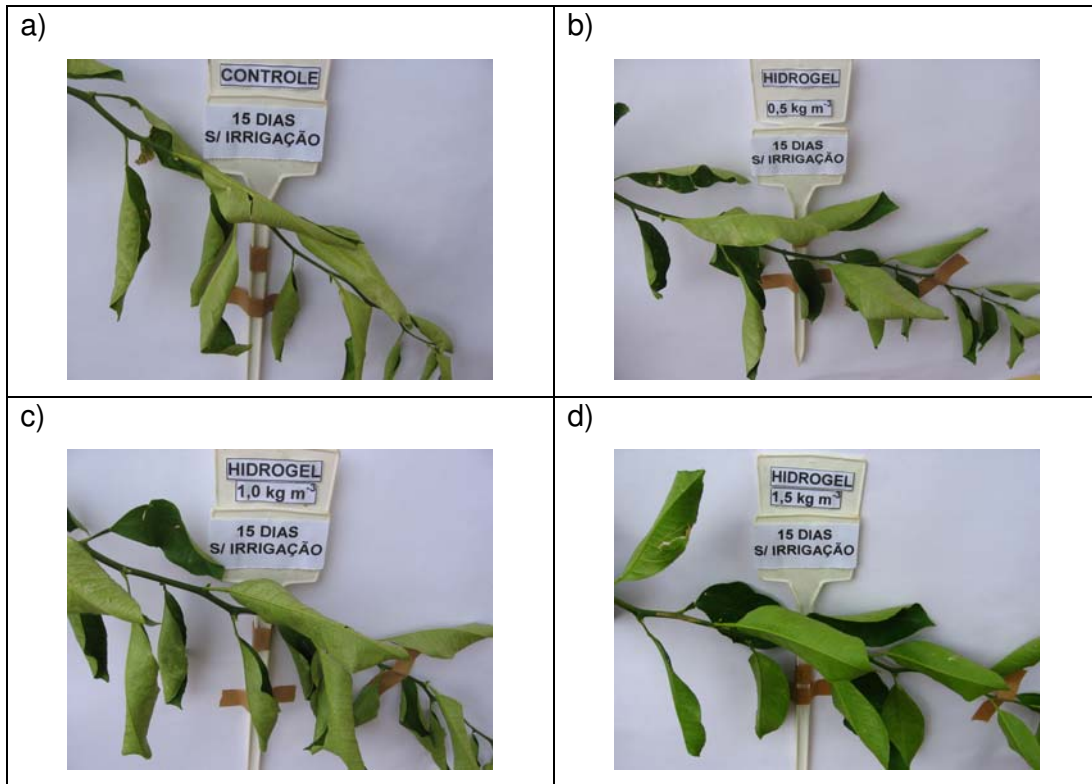


Figura 12. Sintoma visual de deficiência hídrica do limoeiro “Cravo” aos 15 dias sem irrigação. Níveis de hidrogel: a) $0,0 \text{ kg m}^{-3}$; b) $0,5 \text{ kg m}^{-3}$; c) $1,0 \text{ kg m}^{-3}$ e d) $1,5 \text{ kg m}^{-3}$.

3.4 CONCLUSÕES

A variável altura de planta atingiu o maior valor para o nível de hidrogel de $0,57 \text{ kg m}^{-3}$ para hidrogel/substrato;

O diâmetro do caule foi máximo para o nível de hidrogel de $1,03 \text{ Kg m}^{-3}$;

A massa seca de plantas e a massa seca de raiz atingiram seus valores máximos para os níveis de hidrogel de $0,74$ e $0,25 \text{ kg m}^{-3}$, respectivamente;

Para a massa seca de raiz pivotante, houve uma redução com o aumento dos níveis de hidrogel no substrato, porém para a massa seca das raízes secundárias, aumentou com o acréscimo dos níveis de hidrogel;

O acúmulo máximo de massa seca da parte aérea correspondeu a um nível de hidrogel de $0,95 \text{ kg m}^{-3}$ de substrato;

A relação massa seca de raiz e massa seca da parte aérea reduziu linearmente com o aumento dos níveis de hidrogel no substrato, evidenciando um acúmulo maior de massa seca da parte aérea em prol dos tratamentos que receberam níveis crescentes de hidrogel no substrato;

O acúmulo de nitrogênio e cálcio na folha do limoeiro elevou-se com o aumento dos níveis de hidrogel no substrato, porém para os demais macronutrientes, a presença do hidrogel não foi significativo;

O sintoma visual de deficiência hídrica do limoeiro “Cravo” foi minimizado, de forma linear, com o aumento dos níveis de hidrogel no substrato de cultivo.

3.5- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBRIGO, G. Influências ambientais no desenvolvimento dos frutos cítricos. In: **Seminário internacional de citros**. Anais. Campinas-SP: Fundação Cargil, p.100-106, 1992.

AZEVEDO, T.L.F.; BERTONHA. A.; FREITAS, P.S.L.; GONÇALVES, A.C.A.; REZENDE, R.; DALLACORT, R.; BERTONHA, L. C. Retenção de soluções de sulfatos por hidrogel de poli(acrilamida). **Acta Scientiarum Agronomy**, v.28, n.2, p.287-290, april/june, 2006.

BERNARDI, A.C.C.; CARMELLO, Q.A.C.; CARVALHO, S. A. Desenvolvimento de mudas de citros cultivadas em vasos em resposta à adubação NPK. **Scientia Agrícola**, v.57, n.4, p.733-738, out./dez. 2000.

BIANCHI, V.J.; MACHADO, L.B.; RODRIGUES, L.T.; COFCEWICZ, E.T.; MEDEIROS, C.B. Caracterização química e eficiência de dois substratos na produção de porta-enxertos de citros em recipientes. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 9, n. 1, p. 75-77, jan-mar, 2003.

BUCHHOLZ, F.L.; GRAHAM, A. . **Modern superabsorbent polymer technology**. New York: Wiley-VCH, 279p. 1998.

CAMARGO, I.V.P.; SOUZA, M. CARVALHO, J.G.; OLIVEIRA, E. Doses e fontes de fósforo e de fungos micorrízicos sobre a nutrição mineral do limoeiro “cravo” até a repicagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.25, p.1465-1470, 1990.

CASTRO, P.R.C. Comportamento dos citros sob déficit hídrico. **Larnaja**, v.15, n.2, p.139-154, 1994.

CARVALHO, S.A.; SOUZA, M. Doses e frequência de aplicação de nitrato de potássio no crescimento do limoeiro “Cravo” e da tangerineira “Cleópatra” em bandejas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.31, n.11, p.815-822, 1996.

CERQUEIRA, E.C.; CASTRO NETO, M.T.; PEIXOTO, C.P.; SOARES FILHO, W.S.; LEDO, C.A.S.; OLIVEIRA, J.G. Resposta de porta-enxertos de citros ao déficit hídrico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.26, n.3, p.515-519, Dezembro, 2004.

HENDERSON, J.C.; HENSLEY, D.L. Ammonium and nitrate retention by a hydrophilic gel. **Hort Science**, v.20, n.4, p.667, 1985.

JABUR, M.A.; MARTINS, A.B.G. Influência de substratos na formação dos porta-enxertos Limoeiro-Cravo (*Citrus limonia* Osbeck) e Tangerineira-Cleópatra (*Citrus reshni* Hort. Ex Tanaka) em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v.24, n.2, p. 514-518, agosto 2002.

KABIRI, K.; ZOHURIAAN-MEHR, M.J. Superabsorbent hydrogel composites. **Polymers for Advanced Technologies**, v.14, n.6, p.438-444, 2003.

LIMA, J.E.O. Novas técnicas de produção de mudas cítricas. **Laranja**, v.7, n.2, p.463-468, 1986.

MOREIRA, C.S.O sistema radicular das plantas cítricas. In: **Seminário Internacional de Citros**. Anais... Campinas-SP: Fundação Cargil, p.182-186, 1992.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. New York: Academic press, 1995. 889p.

MEDINA, C.L.; MACHADO, E.C.; GOMES, M.M. Condutância estomática, transpiração e fotossíntese em laranja “Valência” sob deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.11, n.1, p.29-34, 1999.

MILLER, J.E.; HOFMAN, P.J.; BERRY, R.K. Physiological and nutritional responses of five citrus rootstocks to potassium. **Journal of the Southern African Society for Horticultural Sciences**, v.3, n.1, p.20-23, 1993.

MOREIRA, A.; CABRERA, R.A.D.; MORAES, L.A.C.; CARVALHO, J.G. Avaliação de diferentes porta-enxertos de citrus cultivados em citropotes. **Ciência Agrotecnologia**. v.24, n.2, p.504-508, abr./jun.,2000.

POMPEU JÚNIOR, J. Porta-enxertos. In: RODRIGUEZ, O.; VIEGAS, F.C.P.; POMPEU JÚNIOR, J. **Citricultura Brasileira**. 2 ed. Campinas, Fundação Cargil, v.1, p.265-280, 1991.

RUSCHEL, J.; CARMELLO, Q.A.C.; BERNARDI, A.C.C. Concentrações foliares do porta-enxerto limoeiro “cravo” em função da adubação N, P, K, Ca e S. **Scientia Agrícola**, v.61, n. 5, p.501-506

SCHÄFER, G.; SOUZA, P.V.D.; KOLLER, O.C.; SCHWARZ, S.F. Desenvolvimento vegetativo inicial de porta-enxertos cítricos cultivados em diferentes substratos. **Ciência Rural**, v.36, n.6, p.1723-1729, nov-dez,2006.

SCHÄFER, G.; BASTIANEL, M.; DORNELLES, A.L. Porta-enxertos utilizados na citricultura. **Ciência Rural**, v.31, n.4, p.723-733, 2001.

SCIVITTARO, W.B.; OLIVEIRA, R.P.; MORALES, C.F.G.; RADMANN, E.B. Adubação nitrogenada na formação de porta-enxertos de limoeiro “Cravo” em tubetes. **Revista Brasileira de Citricultura**, v.26, n.1, p.131-135, Abril 2004.

SITA, R.C.M. Influência das formas de adubação nitrogenada e potássica na ação do polímero hidrorretentor sobre o crescimento de crisântemo (*Dendrathera grandiflora*) var. “ Virginal”. 2002. Disponível em: www.prppg.ufpr.br/documentos/stricto/solos/solos-resumos.rtf. Acesso em: junho de 2005.

TAYLOR, K.C.; HALFACRE, R.G. The effect of hydrophylic polymer on media water retention and nutrient availability to *Ligustrum lucidum*. **Horticultural Science**. v.21, n.5, p.1159-1161, 1986.

TAVARES, F.M.; SILVA, E.C.; MACIEL, G.M. Doses de um retentor de água na composição de substrato para produção de mudas de tomateiro e de alface. Disponível em: www.unifenas.br/neol/pdfs/felipe44cbo.pdf. Acessado em: novembro de 2007.

TEÓFILO SOBRINHO, J. Propagação dos citros. In: RODRIGUEZ, O.; VIEGAS, F.C.P.; POMPEU JÚNIOR, J. **Citricultura brasileira**. 2 ed. Campinas. Fundação Cargil, v.1, p.281-301, 1991.

VICHIATO, M.; VICHIATO, M.R.M.; SILVA, C.R.R. Crescimento e composição mineral do porta-enxerto tangerineira “Cleópatra” cultivado em substrato acrescido de polímero hidrorretentor. **Ciência Agrotecnica**, v. 28, n.4, p. 748-756, jul./ago., 2004.

VILLAS BOAS, R.L.; MORAES, M.H.; ZANINI, J.R.; PAVANI, L.C.; CAMARGO, D.A.; DUENHAS, L.H. Teores de nutrientes na folha, qualidade do suco e massa seca de raízes de laranja “Valência” em função da irrigação e fertirrigação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.24, n. 1, p.231-235, abril 2002.

VITTI, G.C. Nutrição e crescimento de plantas cítricas. In: **Seminário Internacional de Citros**. Anais... Campinas-SP: Fundação Cargil, p.132-162, 1992.

ZANETTI, M.; FERNANDES, C.; CAZETTA, J.O.; CORÁ, J.E.; MATTOS Jr., D. Caracterização física de substratos para a produção de mudas e porta-enxertos cítrico sob telado. Disponível em: http://www.citrograf.com.br/download/ZANETTI_FISICA_DE_SUBSTRATOS.pdf. Acessado em: Dezembro de 2004.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)