

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA  
FILHO” FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS CÂMPUS DE  
BOTUCATU**

**APLICAÇÃO DE POLÍMERO HIDRORETENTOR NO  
DESENVOLVIMENTO INICIAL DE *Eucalyptus grandis*.**

**LUIZ VITOR CREPALDI SANCHES**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências  
Agronômicas da UNESP – Campus de  
Botucatu, para obtenção do título de Doutor  
em Agronomia (Irrigação e Drenagem).

BOTUCATU – SP

Fevereiro - 2013

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA  
FILHO” FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS CÂMPUS DE  
BOTUCATU**

**APLICAÇÃO DE POLÍMERO HIDRORETENTOR NO  
DESENVOLVIMENTO INICIAL DE *Eucalyptus grandis*.**

**LUIZ VITOR CREPALDI SANCHES**

**Orientador: Prof. Dr. Roberto Lyra Villas Bôas**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências  
Agronômicas da UNESP – Campus de  
Botucatu, para obtenção do título de Doutor  
em Agronomia (Irrigação e Drenagem).

**BOTUCATU – SP**

**Fevereiro - 2013**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

S211a Sanches, Luiz Vitor Crepaldi, 1984-  
Aplicação de polímero hidroretentor no desenvolvimento inicial de *Eucalyptus grandis* / Luiz Vitor Crepaldi Sanches. - Botucatu : [s.n.], 2013  
xiv, 97 f. : fots. color., grafs., tabs.

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2013  
Orientador: Roberto Lyra Villas Bôas  
Inclui bibliografia

1. Eucalipto - Plantio. 2. Acrilamida de potássio. 3. Gel. 4. Povoamento florestal. I. Villas Bôas, Roberto Lyra.  
II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. III. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CAMPUS DE BOTUCATU  
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "APLICAÇÃO DE POLÍMERO HIDRORRETENTOR NO  
DESENVOLVIMENTO DE INICIAL DE *Eucalyptus grandis*"

ALUNO: LUIZ VITOR CREPALDI SANCHES

ORIENTADOR: PROF. DR. ROBERTO LYRA VILLAS BÔAS

Aprovado pela Comissão Examinadora

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. ROBERTO LYRA VILLAS BÔAS

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. ANTÔNIO DE PÁDUA SOUSA

  
\_\_\_\_\_  
PROFª DRª MAGALI RIBEIRO DA SILVA

  
\_\_\_\_\_  
PROFª DRª CAROLINE DE MOURA D'ANDRÉA MATEUS

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. CLAUDINEI PAULO DE LIMA

Data da Realização: 26 de março de 2013.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por iluminar meu caminho e assim guiar minha vida, alimentando minha Fé dia após dia;

À minha companheira de sempre Maria Júlia, pelo amor, carinho, dedicação e paciência ao decorrer desta conquista;

Aos meus pais Luiz Antônio e Lucylene e, minha irmã Lucilaine pelo amor, educação, carinho, compreensão, apoio e força;

Aos meus familiares e amigos que estiveram presentes no decorrer de toda essa caminhada, com apoio, incentivo e amor;

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, especialmente ao Departamento de Engenharia Rural, pela oportunidade de realização do curso e ao Departamento de Ciência do Solo pelo acolhimento e carinho;

A Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de estudos;

Ao meu orientador, Prof. Dr. Roberto Lyra Villas Bôas, pelas valiosas transmissões de conhecimento, incentivo, apoio, motivação, pelas oportunidades, pelas excelentes discussões e sugestões, por acreditar em mim e no meu trabalho e, sobretudo, pela amizade;

À Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Denise Laschi pelo acolhimento, amizade, carinho, ensinamentos, oportunidades e inúmeros momentos de convívio;

Ao Prof. João Carlos Cury Saad pela amizade, e grandes ensinamentos passados;

Aos Profs. Drs. Antonio de Pádua Sousa; Antônio E. Klar; Carlos Wilcken; Dirceu M. Fernandes; Maria Helena Moraes; Romy Goto, Sergio H. Benez e outros por transmitirem seus conhecimentos e enriquecerem o meu ensino;

Às Empresas JNS Grupo, Eucatex e JFI Silvicultura pelas condições e oportunidades oferecidas durante a realização deste estudo;

A todos os funcionários e docentes do Departamento de Recursos Naturais/Ciência do Solo pela colaboração nos momentos necessários, pela amizade, e pelos inúmeros momentos de agradável convívio;

À Deise, Mauricio, Gustavo, Rogério e Suenon pelo convívio em república, pela amizade, irmandade, apoio, compreensão, e inúmeros momentos de felicidades;

Aos amigos e colegas que fazem parte do GEMFER (Grupo de Estudos em Manejo de Fertilizantes e Resíduos) pelos excelentes momentos de convívio e crescimento no decorrer dessa caminhada;

Aos amigos da pós-graduação pela união, amizade e pelos momentos de excelente convívio;

E por fim a todos que, de uma forma ou de outra, me apoiaram e incentivaram no decorrer desses anos e contribuíram para a realização deste trabalho, meus mais sinceros agradecimentos;

## SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS .....	VII
LISTA DE TABELAS .....	VIII
RESUMO .....	1
SUMMARY .....	3
1 INTRODUÇÃO .....	5
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	8
2.1 Eucalipto – História e importância econômica no Brasil.....	8
2.2 Polímeros Super Absorventes - Hidrogéis .....	11
2.2.1 História.....	11
2.2.2 Função de aumento na capacidade de retenção de água no solo .....	15
2.2.3 Usos e aplicações.....	17
2.2.4 Economia no consumo de água na agricultura .....	21
2.2.5 Estudos experimentais.....	25
2.2.5.1 Horticultura.....	25
2.2.5.2 Fruticultura.....	26
2.2.5.3 Agricultura.....	28
2.2.5.4 Florestal.....	29
2.3 Influência de nutrientes e temperatura ambiente na eficiência dos hidrogéis.....	34
3 MATERIAL E MÉTODOS .....	39
3.1 Polímero.....	39
3.2 Localização da Área Experimental .....	40
3.3 Delineamento experimental e tratamentos .....	40
3.4 Procedimento experimental: implantação e condução.....	43
3.4.1 Laboratório.....	43
3.4.1.1 Densidade.....	43
3.4.1.2 pH e condutividade elétrica do hidrogel .....	43
3.4.1.3 Capacidade de retenção de água do hidrogel .....	44
3.4.1.4 Capacidade de retenção de água sob a influência da temperatura .....	45

3.4.2 Campo.....	46
3.4.2.1 Temperatura e pluviosidade.....	49
3.4.2.2 Altura da planta.....	50
3.4.2.3 Diâmetro do caule.....	50
3.4.2.4 Índice de Cor Verde.....	51
3.4.2.5 Número de ramos.....	51
3.4.2.6 Índice de sobrevivência.....	52
3.4.2.7 Número de irrigações realizadas.....	52
3.4.2.8 Volume de água utilizado.....	52
3.4.2.9 Custo operacional.....	52
3.4.2.10 Custo do polímero.....	53
3.4.2.11 Análise estatística.....	53
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	54
4.1 Ensaio laboratoriais.....	54
4.1.1 Densidade.....	54
4.1.2 Capacidade de retenção de água do polímero.....	55
4.1.3 Capacidade de retenção de água sob a influência da temperatura.....	56
4.1.4 pH e Condutividade elétrica do hidrogel.....	60
4.2 Ensaio em Campo.....	61
4.2.1 Variáveis climáticas durante o ensaio experimental.....	61
4.2.2 Altura da planta.....	62
4.2.3 Diâmetro do caule.....	64
4.2.4 Número de ramos.....	65
4.2.5 Índice de Cor Verde - ICV.....	66
4.2.6 Índice de sobrevivência.....	68
4.2.7 Número de irrigações realizadas.....	69
4.2.8 Intervalo de dias entre as irrigações.....	70
4.2.9 Volume de água aplicado por planta e por hectare.....	71
4.2.10 Custo operacional de irrigação.....	72
4.2.11 Custo do polímero.....	73
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	75
6 CONCLUSÕES.....	76
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	77

## LISTA DE FIGURAS

	Página
<b>Figura 1.</b> Plantadeira manual com aplicador de hidrogel acoplado. Botucatu/SP, 2009. ....	23
<b>Figura 2.</b> Muda transplantada com hidrogel aplicado na cova. Botucatu/SP, 2009.....	23
<b>Figura 3.</b> Aplicador tipo “chuveirinho” de hidrogel via irrigação.....	24
<b>Figura 4.</b> Aplicação de hidrogel com o aplicador do tipo “chuveirinho”.....	24
<b>Figura 5.</b> Polímero Hydrosolo H <sup>TM</sup> na forma de cristal. ....	39
<b>Figura 6.</b> Polímero hidratado (Hidrogel). ....	40
<b>Figura 7.</b> Anéis volumétricos com hidrogéis constituídos com diferentes doses de polímero em estufa de circulação forçada de ar a 65°C. ....	45
<b>Figura 8.</b> DataLogger Digital Modelo AZ8829. Fonte: AZ Instrument (2012). ....	49
<b>Figura 9.</b> Pluviômetro tipo Villes de Paris. Fonte: Pluviômetros (2012). ....	49
<b>Figura 10.</b> Medida da altura de plantas de <i>E. grandis</i> . ....	50
<b>Figura 11.</b> Medida do diâmetro do caule de plantas de <i>E. grandis</i> . ....	50
<b>Figura 12.</b> Medida do Índice de Cor Verde nas folhas de <i>E. grandis</i> . ....	51
<b>Figura 13.</b> Temperaturas máxima, média e mínima (° Celsius) e precipitação pluviométrica (mm) durante o período de avaliação do ensaio experimental na Fazenda Santa Clara. Itatinga/2009.....	62

## LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Caracterização das doses utilizadas nos ensaios laboratoriais de densidade.....	41
Tabela 2. Caracterização dos tratamentos nos ensaios laboratoriais.....	41
Tabela 3. Caracterização dos tratamentos do ensaio em campo.....	42
Tabela 4. Volumes de hidrogel aplicados no plantio.....	47
Tabela 5. Custos operacionais do plantio de eucalipto em solo arenoso na região de Itatinga/SP, 2012. ....	53
Tabela 6. Densidade do polímero Hydrosolo H <sup>TM</sup> hidratado em função da quantidade em g L <sup>-1</sup> . ....	54
Tabela 7. Capacidade de retenção de água de hidrogéis compostos por diferentes doses do polímero Hydrosolo H <sup>TM</sup> . ....	55
Tabela 8. Capacidade de retenção de água (%) de soluções compostas por diferentes doses do polímero Hydrosolo H <sup>TM</sup> submetidos à temperatura de 65°C. ....	56
Tabela 9. Capacidade de retenção de água (%) de soluções compostas por diferentes doses do polímero Hydrosolo H <sup>TM</sup> após a reidratação e submetidos à temperatura de 65°C.....	58
Tabela 10. Capacidade de retenção de água (%) de soluções compostas por diferentes doses do polímero Hydrosolo H <sup>TM</sup> após a segunda reidratação e submetidos à temperatura de 65°C. ....	59
Tabela 11. Efeito no pH e condutividade elétrica da água com a adição de diferentes doses do polímero Hydrosolo H <sup>TM</sup> . ....	61
Tabela 12. Alturas de plantas de <i>E. grandis</i> em resposta a formas de aplicação de hidrogel e diferentes doses de polímero Hydrosolo H <sup>TM</sup> . ....	63
Tabela 13. Diâmetro do caule de plantas de <i>E. grandis</i> em resposta a formas de aplicação de hidrogel e diferentes doses de polímero Hydrosolo H <sup>TM</sup> . ....	65
Tabela 14. Número de ramos em plantas de <i>E. grandis</i> em resposta as formas de aplicação de hidrogel e diferentes doses de polímero Hydrosolo H <sup>TM</sup> . ....	66
Tabela 15. Índice de Cor Verde (ICV) em folhas de plantas de <i>E. grandis</i> em resposta as formas de aplicação de hidrogel e diferentes doses de polímero Hydrosolo H <sup>TM</sup> . ....	67
Tabela 16. Porcentagem de sobrevivência de plantas de <i>E. grandis</i> em resposta a formas de aplicação de hidrogel e diferentes doses de polímero Hydrosolo H <sup>TM</sup> . ....	68

Tabela 17. Número de irrigações realizadas no ensaio experimental em resposta a formas de aplicação de hidrogel e diferentes doses de polímero Hydrosolo H <sup>TM</sup> .....	69
Tabela 18. Intervalo de dias entre as irrigações da cultura de <i>E. grandis</i> em função das formas de aplicação de hidrogel e diferentes doses de polímero Hydrosolo H <sup>TM</sup> .....	70
Tabela 19. Volume de água aplicado por planta e por hectare de <i>E. grandis</i> em função das formas de aplicação de hidrogel e diferentes doses de polímero Hydrosolo H <sup>TM</sup> .....	72
Tabela 20. Valor (R\$) por hectare da aplicação do polímero Hydrosolo H <sup>TM</sup> no ensaio experimental em um solo arenoso no município de Itatinga/SP, 2012. ....	73
.Tabela 21. Valor (R\$) do polímero Hydrosolo H <sup>TM</sup> por planta e por hectare no ensaio experimental em solo arenoso no município de Itatinga/SP, 2012.....	74

## **APLICAÇÃO DE POLÍMERO HIDRORETENTOR NO DESENVOLVIMENTO INICIAL DE *Eucalyptus grandis*.**

### **RESUMO**

O experimento foi realizado em duas etapas, a primeira foi composta pela caracterização físico-química do hidrogel em laboratório e a segunda pelo ensaio em campo. As análises laboratoriais foram realizadas no Departamento de Recursos Naturais/Ciência do Solo da Faculdade de Ciências Agronômicas, pertencente à Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Campus de Botucatu/SP. O ensaio em campo foi implantado em agosto de 2009 na Fazenda Santa Clara (48° 40’ 45” W e 23° 18’ 47” S) localizada no município de Itatinga/SP. O polímero estudado foi o Hydrosolo H<sup>TM</sup> com capacidade de reter 500 ml de água por grama do polímero. No experimento em campo adotou-se o delineamento experimental fatorial 2 x 5 (2 modos de aplicação x 5 doses do polímero mais o controle) em blocos casualizados com 4 repetições, parcelas compostas por 49 plantas, sendo 25 úteis para avaliação. As aplicações de hidrogel foram realizadas na cova e via superficial simulando o uso com plantadeira e aplicador do tipo chuveirinho, sendo utilizadas as quantidades do polímero 0; 0,85; 1,50; 2,20; 2,90 e 3,60 g planta<sup>-1</sup>. Em laboratório foi avaliado a densidade, capacidade de retenção de água, pH e condutividade elétrica do hidrogel, em campo experimental foram avaliados a altura da planta, o diâmetro do caule, o índice relativo de clorofila e o número de ramos no plantio, e aos 15 e 30 dias após o plantio. O índice de sobrevivência, volume de água utilizado em cada tratamento, número de irrigações necessárias, intervalo de dias

entre as irrigações e os custos operacionais e do polímero foram mensurados ao fim do experimento. O polímero promoveu benefício, pois com sua aplicação ocorreu 100% de sobrevivência das mudas após 30 dias do plantio; reduziu em 57% o número de irrigações necessárias para promover o povoamento florestal; aumentou o intervalo entre as irrigações, passando de 4 para a cada 10 dias; reduziu significativamente o consumo de água para irrigação tanto em hectare como por muda, ocorrendo economia de 58% ( $18,3 \text{ m}^3 \text{ hectare}^{-1}$ ); o custo operacional de irrigação foi reduzido a mais da metade (57%), passando de R\$1.400,00 para R\$600,00. Recomenda-se a dose de 3,6 g por planta de polímero, independente da forma de aplicação utilizada.

---

Palavras-chave: hidrogel; acrilamida de potássio; gel; povoamento florestal; plantio.

**APPLICATION OF POLYMER HYDROGEL IN THE INITIAL DEVELOPMENT OF *Eucalyptus grandis*.** Botucatu, 2013, 99 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: LUIZ VITOR CREPALDI SANCHES

Adviser: ROBERTO LYRA VILLAS BÔAS

### **SUMMARY**

The experiment was conducted in two stages, the first was composed by physicochemical characterization of the hydrogel in the laboratory and the second field test. Laboratory tests were performed at the UNESP - Univ Estadual Paulista, Campus of Botucatu/SP, Department of Natural Resources/Soil Science in Lageado Experimental Farm. The field test was implemented in August 2009 in Santa Clara farm (48° 40' 45" W and 23° 18' 47" S) in the city of Itatinga/SP. The polymer was studied Hydrosolo H™ capable of retaining 500 ml of water per gram of polymer. The field experiment adopted the experimental design factorial 2 x 5 (2 modes of application and 5 polymer doses plus the control) in a randomized block design with four replications, plots with 49 plants, being 25 useful to analyse. The applications of hydrogel were performed on furrow and surface simulating the use with of the planter, and applicator with showerhead type , being used the quantities of polymer 0; 0,85; 1,50; 2,20; 2,90 and 3,60 g.plant<sup>-1</sup>. In laboratory was evaluated density, water holding capacity, pH and electrical conductivity of the hydrogel, and the experimental field were evaluated plant height, stem diameter,

relative chlorophyll index, and number of branches at planting, 15 and 30 days after transplantation. The survival rate, volume of water used in each treatment, number of irrigations needed, interval days between irrigations and operating costs and the polymer were measured after experiment. The polymer promoted great cost x benefit, because it occurred 100% survival of plants after 30 days of transplantation; reduced by 57% the number of irrigations needed to promote forest stand; increased the interval between irrigations, from 4 for 10 days; significant reduced in water consumption in irrigation both as per hectare or per plants, occurring savings of 58% ( $18,3 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ), the operating cost of irrigation was reduced to about half (57 %), from R\$1,400.00 to R\$600.00. Recommended dose of 3.6 g per plant of polymer, regardless of the form of application used.

---

Keywords: Hydrogel; Potassium acrylamide; Gel; Forest stand;

Planting.

## 1 INTRODUÇÃO

A disponibilidade de água é um fator decisivo para o desenvolvimento das plantas, onde tanto a escassez como o excesso afeta diretamente o crescimento das plantas, desta forma a maioria das culturas necessitam de um volume de água específico para que suas atividades metabólicas e fisiológicas sejam mantidas de forma adequada. O solo armazena temporariamente a água e a disponibiliza, entretanto a recarga deste reservatório depende de volumes pluviais que não seguem distribuição uniforme ou mesmo processos de irrigação, e o volume disponível às plantas é variável, desta maneira o uso de hidrogéis pode uniformizar de distribuição de água entre os períodos de recarga (DRANSKI, 2010).

Segundo Buzetto et al. (2002) em cultivos florestais comerciais é comum a prática de irrigação no plantio e no pós plantio durante as primeiras semanas, principalmente em épocas do ano onde as condições ambientais não são favoráveis ao povoamento florestal. De acordo com Alves (2009) a utilização de hidrogéis na silvicultura tem sido baseada em experiências realizadas pelas próprias empresas florestais na tentativa de aumentar o volume de água para as mudas tentando suprir a demanda de água na fase de pós plantio. Entretanto as experiências demonstram conclusões que o hidrogel realmente promove efeito de disponibilidade gradual de água para as mudas, o que resulta em alto índice de sobrevivência, além de reduzir o número de irrigações, o volume de água aplicado e os custos operacionais envolvidos, porém as empresas vem adotando esta técnica ainda de forma empírica (BENEDYCKA e NOWAL, 1998; SROKA, 2004; ALVES, 2009). Segundo Rezende (2001), com a utilização do hidrogel pode-se aplicar

maiores volumes de água nas irrigações devido ao polímero conseguir reter grandes quantias de água, com isso ocorre menor frequência de irrigação, e permitindo longos intervalos entre irrigações (FLANNERY e BUSSCHER, 1982; JOHNSON, 1984a; ARAUJO et al., 2009).

Pela grande capacidade de reter e liberar gradualmente água para as plantas os hidrogeis são considerados um produto promissor na agricultura já que possibilita o desenvolvimento de plantas em áreas áridas ou semiáridas, sejam em condições irrigadas ou de sequeiro (VOLKMAR e CHANG, 1995; AZEVEDO et al. 2002, VALE et al. 2006). Segundo Paluszek e Żembrowski (2006) o hidrogel favorece a revegetação em áreas degradadas onde a flora foi absolutamente devastada.

Segundo El-Shafei et al. (1992), Andry et al. (2009) a utilização de hidrogeis em solos arenosos é uma excelente opção, pois é um solo com baixa capacidade de retenção de água, drenagem excessiva e lixiviação de nutrientes para fora da zona radicular das culturas.

Segundo Dusi (2005) são grandes os volumes de águas de chuvas e irrigações que são perdidas pela rápida infiltração e evaporação e pelo carreamento dos nutrientes para fora da rizosfera, onde o hidrogel é uma excelente ferramenta para evitar estes tipos de perdas.

Entretanto, são poucos os estudos científicos que relatam a eficiência ou não de hidrogeis em cultivos em campo (SARVAS, 2003; OLIVEIRA et al. 2004).

Segundo Cró (2009) e Petena (2009) no Brasil são insuficientes os estudos que avaliam a eficiência de hidrogeis nas mais diversas culturas, em principal a do eucalipto, onde as recomendações de uso são baseadas em testes realizados empiricamente pelas indústrias florestais. Atualmente existem empresas que não utilizam o hidrogel como ferramenta devido a ensaios cujo resultado foi a morte de milhares de mudas florestais, entretanto outras empresas utilizam hidrogel no momento do plantio da mudas onde o resultado atinge a margem de 90% de sobrevivência das mudas em épocas de déficit hídrico (PETENA, 2009). Contudo as empresas utilizam diferentes métodos de aplicação do hidrogel, onde segundo Cró (2009) e Petena (2009) a aplicação na cova da muda e na superfície do solo no pós-plantio são as mais comuns.

Pelo fato dos hidrogéis acumularem grandes quantidades de água, faz-se necessário realizar estudos de doses e formas de utilização para cultura além das condições edafoclimáticas (BERNARDI et al., 2005).

Outro ponto observado é a aplicação a esmo das dosagens do polímero no campo o que pode promover desde pouca água disponível para a planta devido a baixa dosagem do hidrogel como até a alta dosagem que aumenta excessivamente o volume de água disponível no solo e que pode causar a podridão do sistema radicular e levar a planta a morte.

O objetivo do presente estudo foi o de avaliar modos de aplicação e doses do polímero hidroretentor e sua influência no uso de água no desenvolvimento inicial de eucalipto.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Eucalipto – História e importância econômica no Brasil

O eucalipto pertence à família das Mirtáceas e é nativo da Austrália, onde cobre 90% da área do país, formando densos maciços florestais nativos. O Serviço Florestal da Austrália já identificou 670 espécies e apenas duas delas, *Eucalyptus urophylla* e *E. deglupta*, têm ocorrência natural fora do território australiano. Além do elevado número de espécies, existe também, um número muito grande de variedades e híbridos (BERTOLA, 2004).

Os historiadores mencionam que, por volta de 1774, o eucalipto teria sido introduzido na Europa e, em 1788, foi descrito pela primeira vez pelo botânico francês L'Héritier de Brutelle, no Sertum Anglicum, em Paris, valendo-se do material recolhido em expedições no território australiano. Até a metade do século XIX, o eucalipto figurou apenas em coleções de alguns jardins botânicos, sem nenhuma importância comercial (BERTOLA, 2004).

A Índia é o segundo país em termos de área total reflorestada com eucalipto (aproximadamente 550.000 hectares até 1980 e taxa anual de plantio da ordem de 6.000 hectares), os primeiros plantios ocorreram em 1843 e, por volta de 1856, já havia povoamentos de eucaliptos bem desenvolvidos na região referida como colinas de Nilgiris (FAO, 1981; MATHUR, 1983; e ELDRIDGE, 1986 ambos citados por BERTOLA 2004).

Segundo Bertola (2004) na América do Sul, talvez o Chile tenha sido o primeiro país a introduzir o eucalipto, em 1823, recebendo as sementes de um navio

inglês. A Argentina teria introduzido o eucalipto em seu país em 1865, através do Presidente Garcia Moreno. No Uruguai, as primeiras sementes de eucalipto foram recebidas em 1853.

É difícil se determinar, com segurança, a data de introdução do eucalipto no Brasil. Até a algum tempo, tinha-se como certo que os primeiros plantios aconteceram no Rio Grande do Sul, em 1868, por Frederico de Albuquerque. Tal pioneirismo é questionado, uma vez que, em 1869, chegara a Paris uma correspondência de Frederico de Albuquerque, solicitando sementes de eucalipto e que realizara tentativas de introdução de eucalipto no Brasil. No ano de 1868, o tenente Pereira da Cunha plantou alguns exemplares na Quinta da Boa Vista, no Rio de Janeiro. O acadêmico Osório Duque Estrada afirmou que, em 1875, na antiga propriedade de seu pai, mais tarde transformada em Sanatório da Gávea, havia exemplares de *Eucalyptus globulus* que, pelo seu porte gigantesco, não deviam contar menos de vinte anos, o que faz recuar a data de sua introdução no Brasil para 1855 (BERTOLA, 2004).

Atualmente o setor florestal tem participação significativa na balança comercial do País, pois representa 19,2% do saldo total, onde no ano de 2011 o segmento de Papel e celulose em conjunto com o de Madeira Processada Mecanicamente (exceto móveis) exportaram 7,97 bilhões de dólares em produtos e matéria prima, um crescimento de 5,2% sobre os 7,5 bilhões exportados no ano anterior (ABRAF, 2012). Segundo a ABRAF - Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas (2012) a Argentina, Alemanha e China, lideram o *ranking* de importação de produtos florestais brasileiros como papel, compensados e celulose, respectivamente, e os Estados Unidos à importação de carvão vegetal, painéis e celulose.

Mesmo com o cenário econômico internacional abalado pela crise financeira as empresas associadas da ABRAF projetaram investimento no setor florestal entre os anos de 2010 e 2014 de cerca de R\$ 8,4 bilhões, distribuídos na cadeia produtiva da seguinte forma: Plantio R\$ 3,04 bilhões (36%); Colheita e Transporte R\$ 2,8 bilhões (34%); Indústria R\$ 1,2 bilhões (15%); Aquisição de terras R\$ 549 milhões (6,5%); Construção e manutenção de estradas R\$ 499 milhões (6%); Pesquisa & Desenvolvimento R\$ 94 milhões (1,1%); e outros R\$88 milhões (ABRAF, 2010).

Segundo a ABRAF (2010) no ano de 2009 a área total de florestas plantadas de eucalipto e pinus no Brasil atingiu 6.310.450 ha, apresentando crescimento de 2,5 % em relação ao total de 2008, considerado modesto tendo em vista o crescimento

médio anual de 5,5 % no período de 2005 a 2008. Tal fato se deve a crise financeira internacional que afetou a economia mundial. Em 2011 a área plantada atingiu 6.516.000 hectares (74,8% da área plantada com Eucalipto e 25,2% de Pinus) com geração de 401 mil empregos diretos e indiretos, totalizando 4.733.612 de pessoas empregadas no setor florestal brasileiro o que representa pouco mais de 5% da população economicamente ativa do País (ABRAF, 2012). Segundo a ABRAF (2012) no período 2005-2011, o crescimento acumulado da área plantada foi de 27,9%, com média de 3,0% ao ano.

No Brasil no censo realizado pela ABRAF (2010) mostra que em 2009 a região Sudeste continha 56% (2.534.240 ha) das áreas com florestas plantadas de eucalipto do País, com destaque para o estado de Minas Gerais com 1.300.000 ha (29%) plantados seguido por São Paulo, com 1.029.670 ha (23%) e Bahia com 628.440 ha (14%), onde em conjunto, estes três estados possuíam 2/3 do total da área plantada de eucalipto do País.

O Brasil aumentara significativamente a área plantada de eucalipto nas próximas décadas com a forte expansão do setor florestal nos Estados do Centro-Oeste e Norte do País (ABRAF, 2010). No Mato Grosso do Sul o Governo do Estado, através da Secretaria de Desenvolvimento Agrário, Produção, Indústria, Comércio e Turismo (SEPROTUR) e em conjunto com o SEBRAE, implantaram um Plano Estadual para o Desenvolvimento Sustentado de Florestas Plantadas (PEF/MS) que estima área cultivada de 1 milhão de hectares com 35,5 milhões de m<sup>3</sup> de madeira em tora entre os anos de 2010 e 2030 com investimentos que podem chegar a mais de R\$ 20 bilhões (ABRAF, 2010).

Segundo a WWF (2003) estima-se que em 2030 o Brasil atinja 5,5 milhões de hectares plantados de eucalipto.

Segundo a ABRAF (2012) em 2011 as áreas de plantio de eucalipto e pinus de suas empresas associadas estavam distribuídas no segmento industrial de maneira em que 71,2% da área foi destinada a indústria de Papel e Celulose, 18,4% para a Siderurgia na forma de carvão vegetal, 6,8% para a fabricação de Painéis de Madeira Industrializada e 3,6% como produtores independentes.

No Brasil, dos 300 milhões de metros cúbicos de madeira consumidos por ano, somente 100 milhões provêm de plantios florestais, havendo, portanto, imenso mercado a ser explorado para florestas plantadas (FILGUEIRAS et al., 2011).

## 2.2 Polímeros super absorventes - Hidrogéis

### História

Segundo Wofford Júnior e Koski, (1990 citado por AZEVEDO, et al., 2002), o hidrogel a base de poliacrilamida surgiu na década de 50 desenvolvido por uma empresa norte americana. Segundo Wallace e Wallace (1986) o produto chamava-se Krillium™, e era comercializado como condicionador do solo, cuja função aumentar a disponibilidade de água as plantas por meio da melhoria dos agregados do solo, redução do efeito de encrostamento e aumento da infiltração da água no solo. Na época, a capacidade de retenção de água deionizada não ultrapassava 20 vezes a sua massa (WOFFORD JÚNIOR e KOSKI, 1990). Segundo Wallace e Wallace (1986) durante 30 anos o Krillium™ foi o único produto do gênero comercializado. Entretanto, segundo Wofford Júnior e Koski, (1990) citado por Azevedo, et al. (2002), com a expiração da patente nos anos 70, uma empresa britânica melhorou as propriedades de retenção de água do polímero, elevando a capacidade de retenção de 20 para 40 vezes e posteriormente para 400 vezes no ano de 1982. No entanto, o produto não teve êxito, como esperado, principalmente pelo preço ser elevado, o que inviabilizava a sua utilização na agricultura e também pela escassez de pesquisas para fomentar as recomendações de uso e aplicação dos hidrogéis para fins agrícolas.

O uso de hidrogéis foi difundido mundialmente por resultar numa redução significativa na frequência de irrigação e no volume de água requerido especialmente em solos arenosos melhorando assim a eficiência do uso da água. Esta é uma questão importante em regiões áridas e semiáridas do mundo onde a água de irrigação é escassa, onde em função da disponibilidade a irrigação pode tornar-se economicamente e operacionalmente inviável ou mesmo impraticável, além de muitas vezes a água ser um fator que limita o tamanho da área de cultivo (BAASIRI et al., 1986; SAVÉ et al., 1995; RAJU e RAJU, 2001a; RAJU, et al., 2002; ABEDI-KOUPAI e SOHRAB, 2006; ABEDI-KOUPAI; et al., 2008; ANDRY et al., 2009; DRANSKI, 2010).

Os polímeros tem grande importância para a agricultura, podem ser eficaz em retardar o estresse hídrico em plantas (JOHNSON e VELTKAMP, 1985; CAULFIELD et al., 2002; SHARMA, 2004). Dependendo da severidade do estresse

hídrico ocorre redução no comprimento das plantas e resulta em crescimento atrofiado (STOCKER, 1960).

Segundo Gonçalves et al. (2004) e Alves (2009) o hidrogel tem efeito positivo sobre a sobrevivência e crescimento das mudas de eucalipto em pós-plantio devido à redução da evaporação, maior volume de água disponível a planta, menor estresse devido ao transplante e, menor mortalidade das mudas. Além de viabilizar o plantio durante todo o ano, já que o mesmo não mais fica susceptível as variações climáticas que ocorrem ao longo do ano. Wofford Júnior (1991), Buzetto, et al. (2002) relatam realmente que o hidrogel aplicado em pós-plantio foi capaz de aumentar a taxa de sobrevivência de *Eucalyptus urophylla*, contudo sem proporcionar aumento no crescimento em altura das mudas.

Segundo Flannery e Busscher (1982), Johnson (1984a) e Gonçalves et al. (2004) o uso de hidrogel promove o estabelecimento do povoamento florestal pela maior eficiência da irrigação devido a maior retenção de água e sua liberação de maneira gradativa para a planta.

Segundo Magalhães, et al. (2003) e Magalhães (2009) existem mais de 100 marcas comerciais de hidrogéis em todo o mundo, sendo Israel é um dos maiores importadores deste material para promover o uso mais eficiente da sua escassa água.

Os polímeros super absorventes (SAPs) mais conhecidos como hidrogéis ou mesmo géis são materiais de natureza polimérica constituídas por inúmeras redes reticuladas de polímeros hidrófilos capazes de absorver e reter grandes volumes de água em sua estrutura sem se dissolver (SHIGA et al., 1992; OLIVEIRA et al., 2004; BERNARDI et al., 2005; LIN, 2006; BEZERRA et al., 2007).

Os polímeros Super Absorventes (SAPs) atualmente utilizados no mundo podem ser separados em três classes: polímeros naturais; polímeros semi-sintéticos e sintéticos (MIKKELSEN, 1994). Os produtos naturais são derivados do amido e os sintéticos derivados do petróleo, e ambos apresentam propriedades físico-químicas capaz de reter água gravitacional próximo ao sistema radicular das plantas (AZEVEDO et al., 2002; VALE et al. 2006; LECIEJEWSKI, 2009). Alguns exemplos são a propenamida (denominados de poliácridamida ou PAM) e os co-polímeros (VALE et al. 2006).

No passado os hidrogéis eram capazes de inchar e reter água até a 500 vezes o seu próprio peso (JOHNSON, 1984a; KAZANSKII e DUBROVSKII, 1992; BUCHHOLZ, 1998). Já existe no mercado hidrogéis que são capazes de reter água maior

que 1.500 vezes sua própria massa seca (HUTTERMANN et al., 1999; BOWMAN e EVANS, 1991; BAKASS et al., 2001). Segundo James e Richards (1986) com a poliacrilamida parcialmente hidrolisada é possível gerar copolímero com potencial de absorver até 950 gramas de água destilada deionizada por grama de polímero. A água retida pelo hidrogel serve como reservatório de água no solo, podendo maximizar a eficiência de captação e disponibilização de água as plantas (BOURANIS et al., 1995; ABEDI-KOUPAI e ASADKAZEMI, 2006). Nos últimos anos compósitos de copolímeros veem sendo estudados para tentar melhorar a eficiência dos hidrogéis, Bezerra, et al. (2007) formaram um compósito de copolímero acrilamida-acrilato e Dolomita, os géis sintetizados se mostraram mais eficientes na absorção de água do que o gel comercial analisado tanto para a velocidade de retenção da água como para o volume que foi 42% maior que o produto comercial. Quando comparado com gel de poliacrilamida comercial os copolímeros de acrilamida-acrilato e caulinita se mostraram mais eficientes (62%) na absorção de água e conservaram suas propriedades superabsorventes mesmo submetidos a ciclos de secagem e intumescimento (BRITO et al., 2009).

No Brasil os hidrogéis são utilizados a tempos na agricultura brasileira, porém com o desenvolvimento de novos produtos com maior retenção de água, sua utilização tem crescido nos últimos anos, principalmente na silvicultura, fruticultura, viveiros de mudas, plantas ornamentais, gramados esportivos, jardins e na composição de substratos para produção de mudas florestais, ornamentais, flores, e hortaliças (BAASIRI et al., 1986; Wallace, 1987, AZEVEDO et al., 2002, OLIVEIRA et al. 2004).

A aplicação de hidrogel em áreas de hortaliças e legumes mostra-se uma ferramenta eficaz, já que promove crescimento rápido das plantas e os vegetais formam-se de forma precoce, um exemplo é a cultura do tomate que com a aplicação do hidrogel o tempo necessário para a primeira floração foi encurtado e, assim, o processo reprodutivo também foi acelerado (OUCHI, 1992; OUCHI, 2001). Mudas do tomate cv. Manapal cultivadas em substrato com hidrogel atingiram o ponto de transplante com 5 semanas, enquanto que as mudas sem hidrogel precisaram de 6 semanas (WILLINGHAM e COFFEY, 1981). Wofford Júnior (1989) cultivando tomateiro em solo arenoso obteve produtividade de 40 t ha<sup>-1</sup> com o uso de hidrogel, enquanto que a área sem o polímero produziu cerca de 27 t ha<sup>-1</sup>.

O hidrogel é uma ferramenta de fácil utilização e é uma alternativa economicamente viável para aplicação em viveiro florestal, neste caso, requer ajuste na

dose utilizada no substrato e realizar manejo de irrigação controlado para evitar estresse hídrico nas mudas, e assim promover melhor desenvolvimento das plantas (MALDONADO-BENITEZ, 2010).

Suas características funcionais dependem da estrutura química do polímero, composição química da solução do solo ou da água de irrigação, e diretamente relacionadas com a interação do hidrogel com a água, que ocorre por formação de ligações de hidrogênio (ABEDKI-KOUPAI e ASADKAZEMI, 2006; BEZERRA et al., 2007), e com relação a sua capacidade de reter água pode-se destacar três grupos de polímeros, onde no primeiro grupo a água fica ligada de forma irreversível ao polímero que são ocasionados pelas fortes ligações com o hidrogênio, fazendo com que ela fique em sua totalidade no interior do polímero, no segundo grupo o polímero tem alta capacidade de absorver água, porém a ligação física entre eles é fraca, evitando assim a absorção de água por períodos prolongados, tornando-se disponível em poucos dias e por fim no terceiro grupo onde a água é retida por fracas ligações com hidrogênio fazendo com que a água seja absorvida e liberada por maiores períodos. (GERVÁSIO, 2003).

São vários os estudos realizados que comprovam a eficiência dos hidrogéis, tais como: Still (1976); Willingham e Coffey (1981); Johnson (1984b); Takeuchi et al. (1984); Baasiri et al., (1986); Adams e Lockaby (1987); Callaghan et al. (1988 e 1989); Davies e Castro-Jimenez (1989); Wofford Junior (1989); Baker (1990 e 1991); Hüttermann et al. (1999); Wu (1990); Woodhouse e Johnson (1991b); Ouchi (1992); Daneels (1993); Mikkelsen et al., (1993); Silberbush et al. (1993); Nissen (1994); Ouchi (1994); Savé et al. (1995); Nissen e Tapia (1996); Singh (1998); Hüttermann, et al. (1999); Ouchi (2001); Moraes, et al. (2001); Raju e Raju (2001b); Tittonell et al. (2002); Viero et al. (2002); Chen et al. (2004); Gonçalves et al. (2004); Vichiato et al. (2004); Pamuk (2004); Arbona et al. (2005); Dusi (2005); Rowe et al. (2005); Abedi-Koupai e Asadkazemi (2006); Gomes (2006); Restrepo et al. (2006); Chan e Joyce (2007); Melo (2007); Sarvas, et al. (2007); Hafle et al. (2008); Pinto et al. (2008); Alves (2009); Araujo et al. (2009); Ptach, et al. (2009); Scandelai (2009); Zonta et al. (2009); Ghehsareh, et al. (2010); Lucero, et al. (2010); Marques e Bastos (2010); Moreira et al. (2010); Maldonado-Benitez et al. (2011); Rehman, et al. (2011); Sijacic-Nikolic, et al. (2011); Bernardi et al. (2012); Liu et al., (2012). Outros estudos, relatam que o hidrogel diminui o consumo de água em irrigação (INGRAM e YEAGER, 1987; ANDRY et al., 2009; VIERO et al., 2002; LUCERO, et al. , 2010; LOPES et al., 2010) ou que os efeitos não foram prejudiciais

sobre a sobrevivência de plantas e produtividade (MAEDA, 1988; AUSTIN e BONDARI, 1992; GREEN et al., 2004). Em outros estudos não foram observados efeitos benéficos da adição de hidrogeis ao solo sob o desenvolvimento das plantas devido a ocorrência de precipitações durante os estudos (HARTMANN et al., 1976;. LAMONT e O'-CONNELL, 1987; NWONWU, 1987; KEEVER et al., 1989; SWIETLIK, 1989; WANG , 1989; LAMANNA e CASTELNUOVO, 1991; TRIPEPI et al., 1991; WOFFORD JÚNIOR, 1991; HEISKANEN, 1994, BRUXEL et al., 2002; BUZETTO et al., 2002; LIMA et al., 2003; MELO et al., 2005; SANTANA et al.,2007; DEMARTELARES et al., 2008; FERNANDES, 2010; BARBOSA, 2011). As inconsistentes conclusões sobre os efeitos dos hidrogeis foram atribuídos à aplicação em diferentes tipos de solos e épocas do ano em que os experimentos foram realizados (FURUTA e AUTIO, 1988; WOODHOUSE e JOHNSON, 1991a; DRANSKI, 2010). Em alguns casos os autores relatam que a adição de hidrogel ao solo foi capaz de prejudicar o desenvolvimento de plantas jovens (RIETVELD, 1976; AUSTIN e BONDARI, 1992; SAAD, et al. 2009), pois o hidrogel pode apodrecer o sistema radicular das plantas devido ao excesso de água.

### **Função do hidrogel no aumento da capacidade de retenção de água no solo**

Os hidrogéis possuem forma granular quando secos e quando hidratados apresentam uma forma elástica e macia como um gel (VALE et al., 2006). Os cristais do polímero em contato com a água incham rapidamente, criando um gel pela absorção de água, reservando-a para utilização das raízes das plantas, assim como os nutrientes solubilizados neste meio (EMPRESAS, 2007, p. 10). Segundo Magalhães, et al. (2003) o hidrogel em seu processo de intumescimento têm rápido ganho de massa na primeira hora de imersão em água, alcançando cerca de 90% do estado de equilíbrio com 2 horas de imersão. Por volta de 20 horas os sistemas atingem o equilíbrio.

Segundo Magalhães e Feitosa (2005) os hidrogeis mais reticulados liberaram rapidamente a água retida após 8 horas da adsorção da mesma, enquanto que os hidrogéis menos reticulados liberaram a água de forma gradual.

Nimah et al. (1983) observaram que o hidrogel foi capaz de aumentar em 125% o volume de água absorvida em solo arenoso e de 25 a 30% em solos argilosos.

Rezende (2001) relata que a eficiência do hidrogel na retenção e liberação gradual de água pode variar de acordo com o tipo de solo utilizado. Tal fato foi comprovado por Viero et al. (2002) que realizaram estudo com o objetivo de conseguir estender o período de plantio de *Eucalyptus grandis* durante o ano por meio da adição de hidrogel (STOCKOSORB 400K<sup>®</sup>) ao solo. O estudo mostrou que o hidrogel possui maior eficácia em solos arenosos do que em argilosos, e o teor de água no solo arenoso foi 2,3 vezes maior quando comparado ao tratamento controle e em solo argiloso 1,5 vezes. Resultados semelhantes foram observados por Abedi-Koupai, Sohrab e Swarbrick (2008) aplicando doses de hidrogel (Tarawat A100 e PR3005A) no solo o que proporcionou respectivamente aumento na absorção de água de 2,2 a 4,8 vezes mais em solo arenoso e de 1,8 a 2,4 vezes em argiloso quando comparados ao tratamento controle sem a adição de hidrogel. Abedi-Koupai, Eslamian e Kazemi (2008) também avaliaram a retenção de água em solos arenosos e argilosos com a adição de hidrogel e chegaram às mesmas conclusões, no solo arenoso houve aumento de aproximadamente 2,2 vezes a disponibilidade de água e em solos argilosos este aumento foi de aproximadamente 1,2 vezes.

Em solos arenosos o hidrogel melhora significativamente a retenção de água em diferentes tensões (CHOUDHARY et al, 1995; HÜTTERMANN et al., 1999, YANGYUORU et al., 2006; ABEDI-KOUPAI et al., 2008). Segundo Abedi-Koupai, Sohrab e Swarbrick (2008) a maior eficiência do uso de hidrogéis em solos arenosos esta atribuída a menor capacidade de troca de cátions do que em outras classes de solo como os argilosos que tendem a ser alta, pois a expansão do gel é aumentada quando as moléculas do polímero não estão adsorvidas nos colóides do solo. Diferente de outros autores Rezende (2001) avaliou o efeito de doses de dois polímeros hidrorretentores em dois tipos de solos, e observou que os polímeros foram mais eficientes na retenção de água quando aplicados em solos argilosos.

Oliveira et al., (2004) avaliaram a influência da dose de um polímero hidrorretentor (Terracottem<sup>®</sup>) nas características de retenção de água de dois solos classificados como Latossolo Vermelho-Amarelo, de textura franco-argilo-arenosa, e Argissolo Câmbico Vermelho-Amarelo, de textura argilosa. Os autores verificaram que em potenciais matriciais superiores a  $-1,0$  MPa, a retenção de água foi maior à medida que se aumentou a dose do polímero em ambos os solos. No entanto, em potenciais matriciais inferiores, a retenção de água não foi influenciada pelas doses do polímero. O polímero, usado na concentração de  $0,2 \text{ dag kg}^{-1}$ , aumentou a umidade no potencial matricial de  $-0,03$

MPa em cerca de 41% para o solo franco-argilo-arenoso e em 37% para o solo argiloso, em relação às respectivas testemunhas, com aumento da disponibilidade total de água correspondente a 123 e 135%, respectivamente.

Saad, et al. (2009) avaliaram a sobrevivência do clone H13 de *Eucalyptus grandis* cultivadas sob dois manejos hídricos em viveiro, transplantados em dois solos, com e sem a adição de hidrogel e observaram que os efeitos de estresse se manifestaram de forma diferente em solos argilosos e arenosos, os efeitos foram observados antes no solo argiloso. Entretanto o uso do hidrogel não favoreceu a sobrevivência das mudas, pois em solo argiloso as mudas resistiram 14 dias em solos contendo hidrogel e 20 dias sem hidrogel, enquanto, no solo arenoso, a sobrevivência foi maior, de 29 dias em solos contendo hidrogel e 34 dias sem hidrogel.

### Usos e aplicações

Segundo Puoci et al. (2008) os polímeros revolucionaram a indústria como novas ferramentas para diversas aplicações. Os hidrogéis são materiais importantes em diversos produtos, tais como fraldas descartáveis, absorventes femininos, atuadores de gel, barreiras de bloqueio de água, sistemas de liberação de fármacos (KOBAYASHI e KOBUNSHI, 1987; SHIGA et al., 1993). Clarisse e Lucas (2000) relatam que polímeros sintéticos ou naturais à base de taninos com o íon zinco ( $Zn^{+2}$ ) podem remover metais em efluentes.

Os hidrogéis têm sido utilizados no transplante de mudas de árvores em regiões áridas da África e Austrália para aumentar o índice de sobrevivência das plantas (CALLAGHAN et al., 1989; SPECHT e HARVEY-JONES, 2000). Na Eslováquia o hidrogel vem sendo utilizado em larga escala na área florestal para proteger o sistema radicular das mudas contra a desidratação durante o período de transporte da muda até o momento do plantio (SARVAS, 2003).

O hidrogel é também utilizado para combater doenças transmitidas por vírus e patógenos de outras culturas, os polímeros aumentam a eficácia de pesticidas e herbicidas, permitindo que doses baixas sejam utilizadas e, indiretamente, protege o meio ambiente funcionando como filtros ou catalisadores para a redução da poluição e limpeza dos poluentes existentes (AKELAH, KENAWY e SHERRINGTON, 1995;

PETRUZZELLI et al., 2000). Outras aplicações dos polímeros superabsorventes são na composição de cabos de comunicação, em absorventes industriais, formulação de detergentes, esportes artificiais de inverno, brinquedos, cosméticos, prevenção de entrada de umidade em paredes e Lages (fase de experimentação) (BUCHHOLZ e PEPPAS, 1994; PO, 1994; FIGULY, et al., 1997; UZUM e KARADAG, 2006), como agentes de remoção de cor em águas de efluentes (MAGALHÃES, 2009) e purificação de água (UZUM e KARADAG, 2006), como sistema de liberação controlada de fármacos ou agroquímicos (QIU e PARK, 2001; ÇAYKARA e TURAN, 2006; DEVINE et al, 2006; JIAN et al, 2006; SIEMONEIT et al, 2006; UZUM e KARADAG, 2006; YIN et al, 2007; WANG et al, 2007; ABD EL-MOHDY e SAFRANY, 2008; DON et al, 2008; YIN et al, 2008; MAGALHÃES, 2009).

Os diferentes polímeros hidro retentores também são utilizados para a recuperação de óleo (EMESIH et al., 1999), formulação de remédios (OHKAWA et al., 1998), na clarificação de água potável e de resíduos, desidratação de lamas, na mineração, na indústria de alimentos e produtos de higiene pessoal e em materiais de laboratório (BARVENIK, 1994).

A aplicação de polímero hidrorretentor na agricultura pode ser de duas formas, mistura do produto seco ao solo e rega para a expansão do polímero e retenção da água, e a aplicação do produto já adsorvido com água, comumente conhecido como hidrogel (OUCHI, 2001).

Os hidrogeis quando aplicados na superfície do solo podem aumentar a estabilidade e reduzir a hidratação total do agregado (GARY et al., 2005)

A eficiência dos hidrogeis depende do contato das raízes com os grânulos na forma de gel hidratado no solo, promovendo maior absorção de água pela planta, entretanto a eficiência também depende da espécie a ser cultivada (WALLACE E WALLACE, 1986; FONTENO e BILDERBACK, 1993; SROKA, 2004; AKHTER et al., 2004;. AL-HUMAID, 2005).

Com a aplicação de hidrogel ao solo o sistema radicular da planta desenvolve grande numero de pêlos radiculares devido ao seu crescimento por dentro dos grânulos do hidrogel o que aumenta a superfície de contato e conseqüentemente a absorção de água e nutrientes pela planta e o efeito é o maior desenvolvimento da planta (WOFFORD JÚNIOR, 1992; SILBERBUSH et al., 1993; HÜTTERMANN et al., 1999; ORZESZYNA et al., 2006).

Segundo Tayel e El-Hady, (1981); Nimah et al., (1983); Henderson e Hensley, (1986); Lamont e O'Connell, (1987); Wang e Boogher, (1987); Azevedo et al., (2002) e Magalhães (2009), os hidrogéis podem ser considerados condicionadores de solo, pois melhoram as propriedades físico-químicas do solo como aeração, promovem a descompactação, drenagem, aumento na capacidade de retenção de água, aumento da CTC (Capacidade de Troca Catiônica), redução da lixiviação de nutrientes.

Com a utilização de hidrogel ocorre maior retenção de água, maior volume de água disponível, redução na percolação da mesma, redução da evapotranspiração e diminui o estresse hídrico (TU et al., 1985; BAASIRI et al., 1986; DAVIES e CASTRO-JIMENEZ, 1989; TRIPPEI et al., 1991; TERRY e NELSON, 1996; ANJOS et al., 2001; SHARMA, 2004; OLIVEIRA et al., 2004; AZEVEDO et al., 2006; ABEDI-KOUPAI et al., 2008; BARTNIK, 2008; LECIEJEWSKI, 2008; ARAUJO et al., 2009; HADAM et al., 2011).

O aumento da absorção e retenção de água pelo hidrogel torna a água mais facilmente disponível para as plantas, possibilitando melhor desenvolvimento inicial destas (ZONTA et al., 2009) como melhor germinação de sementes, uniformidade na emergência, e retarda o aparecimento de sintomas de murchamento (JOHNSON, 1984a; ADAMS e LOCKABY, 1987). Henderson e Hensley, (1986) Wallace e Wallace, (1986); Lamont e O'Connell, (1987); Wallace e Wallace, (1994); Sroka, (2004); e Al-Humaid, (2005) ainda afirmam que os hidrogéis favorecem desenvolvimento precoce do sistema radicular, da brotação, do crescimento e desenvolvimento das plantas.

O polímero pode ser utilizado como uma ferramenta na hidrossemeadura, misturando as sementes de gramíneas e outros materiais, tais como o solo, compostos orgânicos, materiais fibrosos, fertilizantes e de água, é aspergida sobre encostas e taludes expostos para evitar o processo de erosão (OUCHI, 2001).

Segundo Pamuk (2004), a aplicação de polímeros com o intuito de revestir sementes deve ser realizada com cautela, pois existem tanto hidrogéis hidrofóbicos como hidrofílicos, os polímeros hidrofóbicos em sementes retardam a absorção de água. Uma vez que a primeira fase de germinação é o processo físico de embebição, a germinação pode ser atrasada ou impedida se o fornecimento de água for limitado (SHEPHARD e NAYLOR 1996).

Segundo Baker (1991) no período mais quente do dia as plantas tendem a murchar devido à alta transpiração e ao esgotamento ou baixo teor de água no

solo, com a aplicação do hidrogel foi possível observar maior volume de água disponível para a planta o que resultou em menor estresse hídrico e proporcionou maior crescimento e desenvolvimento da cultura. Tal fato também foi observado por Woodhouse e Johnson (1991b) em plantas cultivadas em solo arenoso contendo hidrogel o tempo para chegar ao ponto de murcha foi muito superior ao tratamento controle, o que comprova que o polímero consegue reter a água e libera-la no momento em que a planta necessita.

Specht e Harvey-Jones (2000) constataram que espécies menos tolerantes a seca demonstraram uma excelente resposta à incorporação de hidrogéis no momento do plantio.

Segundo Goebel et al., (2005) e John et al., (2005) além de aumentar a capacidade de retenção de água do solo e agregação do mesmo, o hidrogel auxilia na conservação da matéria orgânica do solo.

Segundo Gervásio e Frizzone (2004) caracterizando as propriedades físico-químicas do hidrogel TerraCottem<sup>®</sup> observaram que os resultados de eficiência obtidos no campo não se assemelham aos excelentes resultados obtidos em laboratório, o que pode inviabilizar a sua utilização devido ao auto custo.

As mudanças nas propriedades físico-hídricas de solos tratado com o hidrogel são mais dependentes da textura do solo e da salinidade e da concentração de hidrogel no solo do que o grau de inchamento do hidrogel (HUSSIEN et al., 2012). Abedi-Koupai, Sohrab e Swarbrick (2008) observaram que com a adição de hidrogéis em solos arenosos ocorre redução no volume de poros grandes e conseqüentemente a aeração é reduzida. Em solos argilosos os autores observaram efeitos inversos, onde a força de expansão do polímero pode movimentar as partículas do solo aumentando assim a aeração. Segundo Maldonado-Benitez (2010) quando aplicado à dose de 4 g L<sup>-1</sup> de hidrogel em diferentes substratos observou-se que o polímero reduziu o espaço de aeração dos meios de cultivo o que pode ocasionar problemas de falta de oxigenação nas raízes. Entretanto a utilização desta dose para o cultivo de mudas de pinus proporcionou maior taxa de sobrevivência das mudas no campo quando irrigado a cada 3 dias.

Segundo Vale et al. (2006) a hidratação do hidrogel pode ser diretamente afetada pela qualidade da água a ser utilizada, pelo volume de água disponível para a hidratação, pelos teores de sais contidos na água ou mesmo no solo, pela compactação do solo que cria resistência a expansão da molécula, ou mesmo a forma em que o polímero é aplicada ao solo.

Azzam (1983), afirma que os hidrogéis a base de poliacrilamidas não são biodegradados, quando aplicados ao solo sofrem pequena degradação ou dissociação devido à temperatura ambiente, ciclos contínuos de retenção e liberação de água, contínuo fracionamento por implementos agrícolas, ação do constante cultivo e dos raios ultravioleta do sol. Segundo Wallace, et al. (1986) os hidrogéis não possuem toxicidade residual ao ambiente já que sua dissociação gera água, amoníaco e dióxido de carbono. Assim é uma ferramenta que garante a segurança para o meio ambiente quanto à degradação da molécula (BENEDYCKA e NOWAL, 1998; SROKA, 2004).

### **Economia no consumo de água na agricultura**

Os hidrogéis podem liberar água e nutrientes gradativamente ao solo e são uma alternativa barata como forma de diminuir o uso dos sistemas de irrigação na fase inicial de desenvolvimento das culturas (SHAVIV, 2001).

Viero et al. (2002) em ensaio com hidrogéis observaram que aplicando-se  $4 \text{ g kg}^{-1}$  de solo de Superab A200 no plantio de mudas de *Cupressus arizonica* promoveu uma economia no uso de água de irrigação, onde esta dose aplicada proporcionou o estabelecimento e desenvolvimento da muda no campo com apenas 1/3 do volume de água utilizada no tratamento controle.

Raju e Raju (2001a) realizaram um estudo da germinação de feijão em solo contendo hidrogel, onde quando cultivada em solo sem o polímero as plantas murcharam após 15 dias da aplicação da irrigação enquanto que as plantas cultivadas com hidrogel suportaram 30 dias sem irrigação. Contudo as plantas cultivadas em hidrogel germinarão e se desenvolveram após 40 dias da germinação recebendo metade do volume de água aplicada no tratamento sem hidrogel.

Narjary et al., (2012) realizaram um estudo em laboratório, onde colocaram diferentes tipos de solos (areia, aluvião arenoso, vermelho franco-arenoso e argila preta) em colunas de PVC e incorporaram nos 10 cm superficiais dos solos diferentes doses de hidrogel (0; 0,5 e 0,7% em peso). Os autores observaram que a utilização de hidrogel em argila preta não é eficaz, pois além de proporcionar apenas de 4 a 7 dias entre os intervalos de irrigação o polímero reduziu drasticamente a porosidade do solo para menos de 10% que é considerado um nível crítico para o desenvolvimento das

plantas. Entretanto para solo arenoso o hidrogel se mostrou uma eficaz ferramenta, pois o polímero aumentou a retenção de água do solo em até 4 vezes quando comparado ao controle e elevou o período entre irrigações para quase 22 dias, o que corresponde ao intervalo de irrigação da maioria das culturas agrícolas. Para os solos aluviais e vermelho franco-arenoso, a aplicação de hidrogel também foi benéfica, pois a absorção de água pelos solos aumentou entre 1,5-2 vezes comparando ao controle, e o intervalo entre as irrigações foi elevado entre 7 a 15 dias.

Bhardwaj et al., (2007) recentemente fizeram uma descoberta onde que quanto maior for os grânulos do solo maior será a capacidade de retenção do hidrogel. Desta maneira os autores indicam para aumentar a quantidade de água retida por quilograma de hidrogel o polímero deve ser misturado com areia e de uma forma não uniforme ao longo da camada superior do solo.

Segundo Andry et al. (2009) a aplicação da irrigação no início da manhã pode economizar ainda mais água em solos arenosos contendo hidrogel, reduzindo a perda por percolação.

### **Formas de aplicação do polímero hidrorretentor**

Em períodos de estiagem para a cultura do eucalipto se faz necessária somente uma irrigação quando aplicado hidrogel, onde sem o polímero o número de irrigações pode subir para três ou quatro, pois a cada três a cinco dias sem chuvas, é preciso realizar uma nova irrigação aplicando-se de dois a três litros de água por planta (EMPRESAS, 2007, p. 10).

No ano de 2006 a empresa Votorantim Celulose e Papel – VCP utilizando hidrogel em seus plantios de eucalipto obteve em média 98,4% de sobrevivência das mudas nas fazendas da empresa na região do Vale do Paraíba, em São Paulo, além de reduzir os custos operacionais e o consumo de água, pois diminuiu o número de irrigações, onde só no Vale do Paraíba, a empresa obteve uma economia de R\$ 680 mil com atividades de irrigação e de cerca de 10 milhões de litros de água (EMPRESAS, 2007, p. 10). Onde a aplicação em cova de hidrogel em sistemas de plantio florestal é composta por um caminhão pipa e plantadeiras manuais (Figura 1) que permitem, através de dois gatilhos, a aplicação da muda seguida do hidrogel expandido (EMPRESAS, 2007, p. 10).

O gatilho da esquerda tem a função de abrir a cova e inserir a muda que esta alocada no tubo central, e o gatilho da direita aplica o hidrogel na cova.



**Figura 1.** Plantadeira manual com aplicador de hidrogel acoplado. Botucatu/SP, 2009.

O hidrogel envolve a muda dentro da cova conforme se pode observar na Figura 2.



**Figura 2.** Muda transplantada com hidrogel aplicado na cova. Botucatu/SP, 2009.

Na aplicação pós-plantio o plantio é realizado com a plantadeira manual, entretanto após o plantio um caminhão pipa contendo o hidrogel passa pela área onde os operadores com os pés formam uma espécie de bacia que recebe o hidrogel entorno da muda através de aplicadores do tipo chuveirinho (Figura 3).



**Figura 3.** Aplicador tipo “chuveirinho” de hidrogel via irrigação.

Para efetuar a aplicação de hidrogel se faz necessário a utilização de doses adequadas para facilitar a realização operacional da irrigação, pois o hidrogel deve apresentar textura viscosa (Figura 4) que possa fluir através dos emissores do aplicador tipo “chuveirinho” e conseguir percolar pelo perfil do solo e fornecer água a muda.



**Figura 4.** Aplicação de hidrogel com o aplicador do tipo “chuveirinho”.

## Estudos experimentais

De acordo com Wu (1990), a eficiência de germinação de oito tipos de culturas (trigo, milho, amendoim, algodão, noz-moscada, melancia, tomate e beterraba) melhoraram em 15%, quando as sementes foram revestidas com hidrogel. Para a cultura da batata-doce após imersão em hidrogel houve um aumento de 23,7% na sobrevivência das plantas (WU, 1990).

### 2.2.1.1 Horticultura

Daneels (1993) cultivando alface, cenoura, pimenta vermelha e tomate em solo arenoso com a adição de hidrogel (Terracottem<sup>®</sup>) observou que a massa fresca das raízes das plantas foi de 5 a 8 vezes maior que o tratamento controle e a produtividade do tomate foi aumentada em cerca de 3 vezes.

Moraes, et al. (2001) cultivando a cultura da alface (*Lactuca sativa* L.) em um solo argiloso observaram o efeito da aplicação de diferentes doses de hidrogel (0, 100, 200 e 300 g.m<sup>2</sup>) e diferentes intervalos de irrigação (1, 3 e 5 dias), onde relatam um melhor desenvolvimento da cultura quando aplicado a maior dose e no intervalo de 5 dias entre as irrigações, ocorrendo uma interação entre o efeito da dose do hidrogel e os intervalos de irrigação para as variáveis massa fresca e seca.

Takeuchi et al. (1984) realizou um estudo com o cultivo de nabos (*Brassica rapa* L.) nas dunas de Tottori no Japão aplicando-se água via sistema de irrigação por gotejamento. Foram adicionados ao solo diferentes doses de hidrogel que receberam diferentes lâminas de irrigação. O estudo mostrou-se que o hidrogel foi capaz de promover o desenvolvimento do nabo onde os tubérculos cultivados com polímero apresentaram sistema radicular 3 vezes maiores e 2,6 mais pesados que aos do cultivados no tratamento controle. Contudo o estudo evidencia a eficácia do hidrogel, pois a eficiência da irrigação foi melhorada em 2,6 vezes.

Marques e Bastos (2010) estudando o efeito de doses (0; 1; 1,5 e 2 g kg<sup>-1</sup> de substrato BioTerra<sup>®</sup>) de hidrogel (Hydroplan<sup>®</sup>) na produção de mudas de pimentão (*Capsicum annuum*) em badejas de isopor observaram um melhor desenvolvimento das mudas, pelo aumento da massa seca da parte aérea e de um maior

número de folhas de acordo com o aumento da dose de hidrogel. Segundo Tiftonell et al. (2002), a adição de hidrogel em substrato para o cultivo de pimentão proporcionou maior precocidade da cultura, além de promover maior uniformidade e tamanho de plantas.

Albuquerque Filho et al., (2009) avaliaram a eficiência do uso da água em solo contendo diferentes doses de um hidrogel sob o desenvolvimento de mudas de coentro, e observaram que com o aumento gradativo das doses (6 a 11 g kg<sup>-1</sup> de solo) houve um maior rendimento de matéria verde e seca e o número de plantas aumentaram linearmente. Ainda relataram que com a aplicação da dose máxima (16 g kg<sup>-1</sup> de solo) houve um menor desenvolvimento da cultura quando comparado ao tratamento controle.

Bruxel et al. (2002) estudaram a aplicação de diferentes lâminas de irrigação (1,7, 2,6, 3,4 e 4,3 mm/bandeja.dia) e de doses de hidrogel (AQUASORB-3005<sup>®</sup> - 0, 150, 250 e 300 g/kg de substrato comercial Plantmax<sup>®</sup>) na cultura do tomateiro (*Lycopersicon esculentum*) onde o hidrogel não proporcionou nenhum efeito sobre o desenvolvimento das plantas, já que receberam constante aplicação de água, porém as mudas cresceram mais quando aplicou-se a maior lâmina de irrigação.

Ouchi (1994) transplantou mudas de Azaleias Hirado em uma auto estrada com e sem hidrogel onde as plantas foram submetidas apenas à precipitação da chuva. Seis meses após o transplante, cerca de 90% das plantas de Azaleia Hirado com o polímero estavam vivas.

### **2.2.1.2 Fruticultura**

Scandelai (2009) observando o processo de germinação de sementes de diferentes híbridos de melão (*Cucumis melo L.* var. Valenciano) relata que o tratamento controle sem a adição de hidrogel apresentou uma redução de cerca de 39% no Índice de Velocidade de Emergência (IVE), 29% na altura de plântulas, 27% no peso de massa seca da parte aérea e um aumento de 130% no consumo de água. Entretanto Demartelares et al. (2008) cultivando o melão tipo Gália (*Cucumis melo L.*) sob diferentes doses de hidrogel e lâminas de irrigação observaram que não houve resposta da cultura a aplicação do polímero.

Segundo Hafle et al., (2008) na produção de mudas de maracujazeiro-doce por estaquias em substrato composto por terra, composto orgânico e

areia (2:2:1 v/v) que receberam diferentes doses (0; 1,5; 3; 4,5 e 6 g L<sup>-1</sup>) de hidrogel (Ecogel VEG<sup>®</sup>) no meio de cultivo houve um efeito benéfico no desenvolvimento das mudas, onde 125 dias após o plantio das estacas as mesmas mostram maior taxa de sobrevivência, calosidade, número de folhas, comprimento da parte aérea, comprimento da raiz, número de raízes, massa seca da parte aérea, massa seca da raiz e massa seca total de estacas quando aplicado a dose de 4,5 g L<sup>-1</sup> de hidrogel. Entretanto doses superiores a 4,5 g L<sup>-1</sup> causaram efeitos negativos para o enraizamento e desenvolvimento das mudas de maracujazeiro-doce.

Arbona et al. (2005) avaliaram o desenvolvimentos de plantas de citrus transplantadas em dois substratos (Perlita; Perlita + Turfa de esfagno na proporção 20:80) contendo hidrogel (Stockosorb Agro<sup>®</sup>). Observaram que as mudas de dois porta-enxertos *Poncirus trifoliata* L. Raf. X *Citrus sinensis* L. Osb. com 4 meses de idade transplantadas na perlita e *Citrus reshni* Hort. ex Tan. com 1 ano de idade transplantada no mix Perlita + Turfa de esfagno sobreviveram ao processo repetitivo de secagem e reidratação do substrato quando cultivado com 0,4% de hidrogel. O hidrogel proporcionou um maior crescimento dos porta-enxertos, além de reduzir a queda das folhas devido ao estresse hídrico, e promoveu um maior índice de folhas novas.

Moreira et al. (2010) avaliaram o desenvolvimento de estacas de amoreira (*ombyx mori*) em substratos contendo diferentes doses (0, 3, 6 e 9 g L<sup>-1</sup>) de hidrogel (Supragua<sup>®</sup>), onde observaram que a dose de 5 g.L<sup>-1</sup> promoveu o melhor desenvolvimento das mudas de amoreira. Entretanto a aplicação de doses superiores a 5,6 g L<sup>-1</sup> prejudicaram o desenvolvimento das plantas devido ao excesso de umidade no meio de cultivo.

Nissen (1994) aplicando hidrogel na cultura da framboesa no sul do Chile, observou que no segundo ano de cultivo, as plantas cultivadas com hidrogel apresentaram uma produtividade em cerca de 3,7 t.ha<sup>-1</sup> de frutos, enquanto que no tratamento controle as plantas produziram cerca de 2,3 t.ha<sup>-1</sup>, assim o uso de hidrogel promoveu um incremento na média de 38% na produtividade de frutas de framboesa.

Mudas de café cv. Rubi foram plantadas em sacos plásticos onde foram adicionadas o hidrogel (Hydroplan<sup>®</sup>) em diferentes doses (0; 0,5; 1; 1,5 e 2 g L<sup>-1</sup> de substrato) sob a aplicação de diferentes lâminas de irrigação (30%, 60%, 90% e 120% da evaporação do tanque classe A) onde não foi observado interação significativa entre todas as variáveis avaliadas (LIMA et al., 2003). Melo et al., (2005) produzindo mudas de café

em tubete avaliaram o efeito da aplicação de quatro frequências de irrigação (três vezes ao dia, três vezes a cada dois dias, uma vez ao dia e uma vez a cada dois dias) e também diferentes doses (0; 3; 6; e 9 g.L<sup>-1</sup> de substrato Plantmax Café<sup>®</sup>) de hidrogel (Terracotem<sup>®</sup>) para cada lâmina aplicada. A irrigação três vezes ao dia prejudicou o desenvolvimento das mudas, enquanto as demais proporcionaram desenvolvimento semelhante às plantas, e o peso de matéria seca de raiz e a altura de planta diminuíram com o aumento da dose do hidrogel independentemente da frequência de irrigação. Araujo et al. (2009) avaliaram a resposta do cafeeiro (*C. canephora*, cv. Conilon Robusta Tropical) a aplicação de cinco doses de hidrogel (0; 3; 6; 9 e 12 gramas por recipiente de 12 L) e 3 turnos de rega (7, 14 e 21 dias). Os autores relatam que o hidrogel não foi capaz de fornecer um volume satisfatório de água e um bom desenvolvimento da planta nos intervalos de irrigação de 14 e 21 dias. Entretanto quando irrigadas a cada 7 dias as plantas de cafeeiro se desenvolveram plenamente onde a maior dose de hidrogel (12 gramas) promoveu uma maior massa fresca na parte aérea ao fim do estudo.

### 2.2.1.3 Agricultura

Segundo Rehman, et al. (2011) a falta de água é uma grande preocupação no cultivo de arroz, pois é uma planta sensível à deficiência hídrica, e que resulta em queda de produtividade. Desta forma os autores realizaram um estudo em campo utilizando o uso de hidrogel em três técnicas de semeadura onde observaram para ambas as técnicas o hidrogel melhorou a umidade do solo e com isso aumentou o número de sementes germinadas além de estabelecer plantas com melhor arquitetura, desenvolvimento e maior produtividade.

Segundo Chen et al. (2004) a aplicação de hidrogel no solo promove uma maior taxa de germinação de sementes de milho e melhor desenvolvimento das plântulas, pois além de reter grande volume de água os hidrogéis absorvem água, o que estimula a germinação. Na província de Hepei na China, a massa seca do milho cultivado em solo com hidrogel após 72 dias da germinação aumentaram de 45 para 118% quando comparado ao tratamento controle (WU, 1990).

No cultivo de algodão com e sem hidrogel as plantas em solo com o polímero resistiram 30 dias sem nova recarga de água, enquanto que as plantas cultivadas

em solos sem o polímero resistiram apenas durante 5 a 6 dias. Contudo o estudo demonstra que o algodoeiro cresceu a uma altura de 150 cm com o hidrogel, enquanto que sem a altura da planta foi de apenas 50 cm (RAJU e RAJU, 2001b).

Santana et al. (2007) observaram o efeito da aplicação de 3 doses de hidrogel sob o desenvolvimento de 3 cultivares de *Brachiaria spp*, e relatam que as doses de hidrogel para ambas as cultivares não surtiu benefícios para todos os parâmetros biométricos analisados.

Lucero, et al. (2010) aplicaram diferentes tipos de hidrogel no momento do transplante de mudas de *Bouteloua eriopoda* Torr cv. Nogal ou popularmente conhecida grama preta em um local árido para a restauração da área. Junto às mudas foram colocados tubos de PVC perfurados de diferentes formas e enterrados na vertical onde a muda recebia irrigação de forma subsuperficial. Os autores observaram que as mudas transplantadas com hidrogel à base de amido tiveram desenvolvimento superior com relação aos com base de acrilamida. Contudo ainda constataram que para as mudas que receberam hidrogel independente do tipo, desenvolveram-se satisfatoriamente recebendo menos de 1 litro de água em um período de 146 dias.

#### **2.2.1.4 Florestal**

Barbosa (2011) utilizou hidrogel no transplante de 30 espécies arbóreas nativas de 17 famílias botânicas diferentes e observou que o polímero não interferiu no estabelecimento e nem no crescimento das mudas. Tal fato foi explicado devido às plantas não terem sofrido estresse hídrico já que o transplante ocorreu em no mês de novembro e as precipitações em conjunto com o uso do polímero disponibilizaram um volume suficiente de água para a sobrevivência e povoamento das espécies cultivadas.

De acordo com Maeda (1988) em espécies arbóreas o crescimento de folhas novas e raízes são inibidos se as mudas forem transplantadas durante uma época inadequada do ano e se o hidrogel foi aplicado pelo método do torrão imerso em solução contendo hidrogel, pois o mesmo não evita o rápido murchamento da planta.

Adams e Lockaby (1987) observaram que dezoito dias após a irrigação plântulas de diferentes espécies florestais estavam murchas, enquanto as que receberam a aplicação de hidrogel se mantinham túrgidas.

Segundo Restrepo et al. (2006) estacas de Balsamo branco (*Heliocarpus americanus* L. Sin. *H. popayanensis*) tiveram melhor enraizamento quando utilizado cristais de hidrogel para o transporte sem a adição de substâncias cicatrizantes e no plantio das estacas no solo.

Segundo Gomes (2006) o hidrogel (Hidratassolo<sup>®</sup>) promoveu maior desenvolvimento do caule e no número de folhas de mudas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth) em intervalos de irrigação de 8 a 16 dias em solo argiloso e arenoso respectivamente. O autor ainda relata que a utilização de esterco bovino no solo favoreceu a expressão das doses de hidrogel em relação à ausência do esterco.

Ajala (2009) cultivou mudas de pinhão manso com adição de hidrogel na cova no período da primavera e observou que o polímero influenciou negativamente no desenvolvimento das mudas, pois mudas sem a adição de hidrogel apresentaram um crescimento superior, podendo o excesso de água na cova ter motivado tal fato. Resultado semelhante foi descrito por Dranski (2010), após realizar o plantio de pinhão manso com e sem a utilização de hidrogel em todas as estações do ano, observou que o uso do mesmo aumentou a sobrevivência das mudas somente na primavera, já no inverno ocorreu uma limitação no desenvolvimento das mudas de pinhão manso.

Chan e Joyce (2007) estudaram o efeito do uso de um hidrogel (Hydrocell<sup>®</sup>) no pegamento e desenvolvimento de rebentos de *Flindersia schottiana* em substrato casca de pinus compostada e em três diferentes tipos de solo (arenoso, textura média, argiloso). No cultivo em substrato os rebentos desenvolveram mais folhas quando aplicou-se 30% (v/v) de Hidrogel quando comparado aos tipos de solos, entretanto com a mesma dose observou-se que houve um aumento no crescimento de *F. schottiana* cultivados nos solos arenosos e de textura média, mas não em solos argilosos.

Ouchi (1994) transplantou mudas de loureiro no período de verão em solos contendo diferentes doses de hidrogel. A aplicação do polímero na proporção de 2 g kg<sup>-1</sup> de solo proporcionou mudas mais vigorosas, com maior crescimento, novos rebentos e número de folhas, enquanto que para a dose de 5 g kg<sup>-1</sup> as mudas se desenvolveram menos do que as do tratamento controle e as cultivadas na dose de 10 g kg<sup>-1</sup> morreram 17 dias após o transplante. Segundo o autor tal fato foi motivado pela alta dose de hidrogel que afetou a aeração do solo além de excesso de umidade.

O uso de hidrogel em mudas de salgueiro, álamo e carvalho aplicados na forma de imersão dos torrões na solução, mostra-se eficaz contra o

recessamento do torrão durante o transporte do viveiro até área de plantio e melhora a taxa de sobrevivência das mudas (WU, 1990).

Na produção de mudas de pinus em estufa o uso de hidrogel promoveu até 2 vezes mais a sobrevivência das mudas quando comparado ao tratamento controle sem hidrogel (SAVÉ et al., 1995). Com a aplicação do polímero no solo Hüttermann et al. (1999) dobraram a taxa de sobrevivência *Pinus halepensis* com a aplicação de 0,4% (m/m) de hidrogel ao solo.

Savé et al. (1995) cultivando *Pinus pinea* em campo observaram que com a aplicação de hidrogel as mudas sobreviveram por um período de 1,4 a 2,0 vezes mais que as que receberam apenas água no momento do plantio. O hidrogel possibilitou que mudas de *Pinus halepensis* aguentassem um período de estiagem de 19 dias sem precipitação ou irrigação (HÜTTERMANN et al., 1990).

Hüttermann, et al. (1999) observaram a sobrevivência de mudas de *Pinus halepensis* cultivadas em solo contendo diferentes doses (0,04%, 0,08%, 0,12%, 0,20% e 0,40%) de hidrogel (STOCKOSORB K 400®) durante o estresse hídrico, onde as mudas cultivadas na maior dose sobreviveram o dobro de tempo sem água quando comparado ao tratamento controle e ainda a parte aérea e sistema radicular se desenvolveram três vezes mais que o controle.

Maldonado-Benitez et al. (2011) avaliaram o desenvolvimento de *Pinus greggii* Engelm em diferentes substratos contendo doses de hidrogel (0; 2 e 4 g L<sup>-1</sup>) cultivadas em viveiro. Foram utilizados como substratos 10 misturas de casca e serragem de pinus, turfa, perlita e vermiculita. Segundo os autores as mudas de melhor qualidade foram obtidas quando cultivadas em substrato de casca e serragem de pinus (20:80%) contendo 4 g L<sup>-1</sup> de hidrogel, pois as plantas apresentaram um maior diâmetro do colo, o que é correlacionado com uma maior chance de sobrevivência em condições de campo.

Sijacic-Nikolic, et al. (2011) avaliaram o efeito de diferentes modos de aplicação de um hidrogel no plantio de pinheiro silvestre e pinheiro austríaco. O hidrogel foi aplicado em dois modos, um colocando a solução na cova de plantio em duas proporções (2,5 e 5 g por cova) e outra onde o torrão das mudas foi submerso em solução contendo hidrogel. O uso do hidrogel independente da forma de aplicação proporcionou maior altura da muda e diâmetro do caule de ambas as espécies cultivadas, onde o maior desenvolvimento foi observado na dose de 5g aplicadas diretamente na cova e o menor

desenvolvimento foi constatado quando o torrão foi submerso na solução, sendo este modo de aplicação não indicado para o cultivo de pinheiros silvestre e austríaco.

Ptach, et al. (2009) realizaram um estudo de pegamento de mudas de *Pinus sylvestris* L. transplantadas em duas áreas degradadas (área após processo industrial e outra área utilizada como estoque de resíduos da mineração de carvão) utilizando-se de um hidrogel comum (Aquaterra®) e outro contendo nutrientes (TerraVit®) ambos produzidos pela empresa Terra-Gubin®, além de avaliar o efeito de diferentes formas de aplicação do polímero. O estudo demonstra que ambos os hidrogéis foram capazes de promover o povoamento florestal nas áreas degradadas, entretanto a melhor forma observada para aplicar o hidrogel foi através do revestimento das raízes onde 93,3% das plantas sobreviveram quando comparado ao uso do hidrogel com fertilizantes (72,4%), hidrogel aplicado na superfície (89,1%), aplicado na cova (85,3%) e o tratamento controle sem adição de hidrogel (89,7). Contudo no período do estudo as plantas obtiveram um incremento de 47 mm na altura quando utilizado o hidrogel com fertilizantes, enquanto que o controle cresceu 31 mm e para o revestimento de raiz e aplicação superficial o crescimento foi semelhante mantendo-se entre 38 e 40 mm.

Pamuk (2004) avaliou a dinâmica da água, antes e durante a emergência das plântulas de pinus silvestre (*Pinus sylvestris* L.) usando sementes revestidas com hidrogel (Ethocel™). O revestimento foi realizado de forma em que as sementes foram misturadas ao hidrogel expandido e depois deixadas secar, após este processo foi realizada a semeadura em três locais distintos. Houve uma maior emergência de plântulas quando aplicado  $2 \text{ g L}^{-1}$  do polímero no revestimento das sementes. A emergência das plântulas nos três locais de semeadura foi de 33,7%, 30,0% e 14,1%, enquanto que as sementes nuas germinaram apenas 12,3%, 0,0% e 1,0%.

Sarvas, et al. (2007) observaram o efeito da aplicação de um hidrogel (STOCKOSORB AGRO®) na forma de pó na cova no momento do transplante de mudas de pinus (*Pinus sylvestris* L.) e o mesmo promoveu uma taxa de sobrevivência de 19% maior em relação ao controle. Relatam que a dose de 7 g por cova levou a morte das mudas pelo excesso de umidade, pois segundo os autores a aplicação de grânulos de hidrogel é simples, mas muito complicado para não causar a sobredosagem devido à pequena quantidade a ser colocada na cova e a elevada capacidade de inchamento do hidrogel.

Buzetto et al. (2002) utilizando o hidrogel observaram uma maior sobrevivência de mudas de *Eucalyptus urophylla*, porém não observaram incremento no desenvolvimento fisiológico das mudas quando comparado ao tratamento controle.

Satishchandra (2012) observou o efeito da aplicação de gel no momento do plantio do eucalipto e relatou que a adição do polímero entorno do plug da muda reduziu significativamente o estresse hídrico, além de conseguir manter a planta irrigada por duas semanas, onde após este período a muda recebeu uma irrigação e o hidrogel se reidratou e disponibilizou água para a muda até o final do período crítico. O autor relata que durante os 3 meses em que acompanhou o desenvolvimento da cultura o hidrogel se reidratou e disponibilizou água com eficiência para a cultura a cada precipitação pluviométrica.

Callaghan et al., (1989) transplantaram mudas de *Eucalyptus Microtheca* para o campo onde receberam na cova dois polímeros sintéticos, uma poliácridamida e um álcool polivinílico, foram aplicados em duas concentrações (0,2% e 0,5% v/v). Os dois polímeros foram capazes de promover uma maior sobrevivência e desenvolvimento das mudas, pois quando irrigadas a cada 6 dias 57% das mudas com o hidrogel de poliácridamida e 71% das com álcool polivinílico estavam vivas, enquanto que as mudas do tratamento controle morreram.

Pinto et al., (2008) cultivando mudas de eucalipto em tubetes contendo substrato observaram o efeito da aplicação de doses de hidrogel (Hidroplan-EB<sup>®</sup>) e lâminas de irrigação, onde houve um aumento de retenção de água no substrato até a dose de 8 gdm<sup>3</sup> de hidrogel, pois doses maiores estabilizaram a retenção de água. Conforme se aumentou a dose de hidrogel no substrato maior foi a massa seca da parte aérea, e não houve diferenças para as variáveis diâmetro do caule e massa seca do sistema radicular.

Fernandes (2010) observou o desenvolvimento de *Eucalyptus urophylla* em casa de vegetação em resposta a doses de hidrogel e turnos de irrigação, onde observou que não houve resposta para as doses de hidrogel aplicadas e com o aumento do turno de rega ocorreu uma diminuição em todos os parâmetros biométricos analisados. Contudo, o autor constatou que com o aumento das doses de polímero a planta acumulou mais potássio nas raízes e cobre no caule.

Segundo Callaghan et al. (1989) quando se parou de aplicar irrigação pelo período de 6 dias todas as plantas de *Eucalyptus microtheca* do tratamento controle morreram, já as que receberam hidrogel no solo sobreviveram na taxa de 71%.

Segundo Lopes et al., (2010) mudas clonais de *Eucalyptus grandis* que receberam hidrogel na cova no momento do plantio resistiram cerca de 37 dias sem irrigações adicionais.

### **2.3 Influência de nutrientes e temperatura ambiente na eficiência dos hidrogéis**

De acordo com Bezerra et al. (2007) as mudanças de pH, força iônica, temperatura, composição de solvente também são fatores que interferem na eficiência de absorção e liberação de água pelo hidrogel. Segundo Brito, et al. (2009) compósitos de copolímero acrilamida-acrilato e caulinita também são sensíveis à variação de pH e a presença de sais na água a ser absorvida. Substratos hidrofóbicos aumentam a adsorção de água dos hidrogéis mesmo em condições salinas ou de pH baixo (BROSETA e MEDJAHED, 1995).

O desempenho do hidrogel pode ser influenciado por condições ambientais e sua eficiência foi reduzida quando a água de absorção continha fontes de ferro hidratados produzindo espécies iônicas. O ferro quelatado foi menos prejudicial para a retenção de água e o intervalo de irrigação de malmequer em comparação com outras fontes de ferro. Ambos os géis testados foram ineficientes para os níveis recomendados para melhorar o intervalo de irrigações em malmequer cultivado em areia (JAMES e RICHARDS, 1986).

Magalhães, et al. (2003) relatam que a presença dos sais  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Al}^{3+}$  interferem significativamente no poder de intumescimento dos hidrogéis.

Baasiri et al., (1986) observaram uma queda de eficiência do hidrogel com o aumento da temperatura ambiente. Entretanto em condições normais de temperatura o hidrogel favoreceu um aumento na produtividade da cultura do pepino além de em solos arenoso diminuir o número de irrigações necessárias durante o ciclo da cultura.

Pill e Stubbolo (1986) observaram que a aplicação de hidrogel juntamente com uma solução de fertilizantes não favoreceu o aumento de peso fresco das

raízes de tomateiro e alface, entretanto com o aumento das doses de hidrogel e de fertilizantes as raízes se desenvolveram mais.

Azevedo et al. (2006) avaliaram a eficiência de retenção de solução nutritiva e dos tipos de fertilizantes contidas nela por um hidrogel e observaram que tanto a condutividade elétrica da solução nutritiva quanto o tipo de fertilizante interferiram diretamente na eficiência do hidrogel, onde o sulfato de cobre e o sulfato de zinco foram os fertilizantes que mais reduziram a capacidade de retenção do hidrogel. Contudo na presença de sulfato ferroso o hidrogel perdeu sua eficiência e degradou-se completamente após 24 horas do início da absorção da solução nutritiva. Gervásio e Frizzone (2004) também observaram uma perda de eficiência do hidrogel quando aplicado em meio salino.

Johnson (1984a), James e Richards (1986) e Sita et al. (2005) também observaram o efeito de perdas de eficiência e deterioração do polímero na presença de cálcio, magnésio e formas iônicas de ferro e relatam que são poucos e não conclusivos os estudos sobre a interação entre hidrogéis, substratos e fertilizantes.

Pinheiro et al. (2010) avaliaram as características de floculação, drenagem e retenção de água de um hidrogel à base de poliácridamida catiônica na produção de papel e concluíram que ambos os parâmetros avaliados são altamente afetados pela qualidade da água e das características do polímero, isto é, a densidade de carga, o número de ramificações poliméricas e o peso molecular.

Hadam, et al. (2011) cultivando três espécies de grama *Festuca rubra* L. cv. Raisa, *Poa pratensis* L. cv. Jarotka e *Lolium perenne* L. cv. Accent em um substrato composto por areia, turfa e solo (1:1:1) observou o efeito da aplicação de um hidrogel sob influência de 3 níveis salinos (1,3; 5,45 e 9,91 mS·cm<sup>-1</sup>). Os autores relatam que os níveis salinos afetaram diretamente a eficiência do polímero, onde o nível mais baixo de salinidade foi o que promoveu um maior crescimento das plantas e maior teor de massa fresca para todas as espécies avaliadas.

Andry et al. (2009) avaliaram o efeito de dois polímeros hidrófilos, carboxymethyl-cellulose (RF) e isopropyl acrylamide (BF) na capacidade de retenção de água e condutividade hidráulica saturada em solo arenoso através da variação de temperatura do solo e da qualidade da água. O estudo demonstrou que a eficiência de adsorção e retenção da água do polímero BF foi afetada devido à presença de sais na água utilizada para hidratação e a temperatura do solo, quando a temperatura passou de 15 para 35 graus Celsius a eficiência do polímero foi reduzida a metade. Já o polímero RF sofreu

uma queda de eficiência de apenas 0,2% o que demonstra que os polímeros possuem respostas distintas dependendo de sua composição e ambiente a ser aplicado.

Entretanto a aplicação de hidrogel ao solo foi capaz de diminuir a perda de sedimentos por lixiviação, diminuindo na solução lixiviada os teores de fósforo total (P-total), Nitrato e a demanda biológica de oxigênio (ENTRY e SOJKA, 2003; YAZDANI et al., 2007).

Quando utilizada com composto orgânico os polímeros a base de poliacrilamida foram eficientes para a remoção de sólidos e nutrientes do esterco suíno e disponibilização ao meio de cultivo (SANGRADOR et al., 2012).

Henderson e Hensley (1985) avaliaram o nível de retenção de nitrato e amônio em resposta a doses de hidrogel aplicados em areia, onde observaram que a maior dose (4 kg.m<sup>3</sup>) do polímero aplicada foi capaz de reter 85% do amônio aplicado, enquanto que o tratamento controle reteve apenas 38%.

Mikkelsen et al., (1993) aplicando hidrogel contendo amônio e uréia (32% N) em um solo arenoso submetido a lixiviação semanal durante seis semanas, observaram que o hidrogel foi capaz de reduzir em 45% o nitrogênio lixiviado durante as primeiras semanas avaliadas. Em um segundo ensaio, os autores utilizaram as mesmas metodologias, no entanto cultivaram uma gramínea no solo para verificar a eficiência do hidrogel como um retentor de nitrogênio, onde o ensaio demonstrou que o polímero favoreceu o crescimento da gramínea em 40% e houve lixiviação de nitrogênio na ordem de 26; 16 e 7% da primeira à terceira semana após a aplicação de amônio e uréia.

Bres e Weston (1993) observaram efeitos interessantes da aplicação diferentes tipos de hidrogel contendo nitrato de amônio (0,88 gramas) em resposta a diferentes doses do polímero (1; 2 e 3 kg.m<sup>-3</sup>) do desenvolvimento da cultura do tomate, onde relatam que os hidrogéis foram capazes de reter 67% do nitrogênio aplicado na forma de amônio, entretanto na forma de nitrato a retenção não passou dos 4%. Segundo os autores este fato está correlacionado com a capacidade de trocas catiônicas ou potencial de cargas negativas dos polímeros.

Segundo Dusi (2005) foi observada interação positiva entre a adubação nitrogenada e a aplicação de hidrogel em plantas de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk, pois com a redução de metade da dose ideal de nitrogênio as plantas obtiveram produção de massa seca da parte aérea, radicular e a altura dentro do ideal, comprovando a

eficiência do hidrogel em absorver a adubação nitrogenada e libera-la de forma adequada para a planta evitando-se perdas por lixiviação e volatilização.

Melo (2007) estudando a lixiviação de nutrientes em lisímetros de drenagem observaram que a aplicação de diferentes doses (0; 4; 8; 12 e 16 dg.Kg<sup>-1</sup>) de hidrogel (hidratassolo<sup>®</sup>) elevou a concentração total de sais quando aplicado uma menor lâmina (0,6 ET<sub>0</sub> em mm) de irrigação, onde este efeito foi reduzido com a aplicação de maiores lâminas (1,2 ET<sub>0</sub> em mm) e sob incremento nas doses de hidrogel. As doses de hidrogel aplicadas reduziram os valores de pH com a aplicação da menor lâmina de irrigação e com o aumento das lâminas aplicadas foi observado que os valores de pH se elevaram. O autor ainda relata que ao aplicar a maior lâmina de irrigação as doses de hidrogel reduziram linearmente as concentrações de cálcio, magnésio, potássio e a condutividade elétrica enquanto que elevou linearmente a concentração de sódio e o valor do pH do lixiviado. Entretanto, aplicação da menor lâmina elevou linearmente as concentrações de potássio, cálcio, magnésio e a condutividade elétrica, e reduziu a concentração de potássio, cálcio, magnésio e a condutividade elétrica, e reduziu a concentração de sódio e o valor do pH do lixiviado.

Liu et al., (2012) ao realizar a semeadura de *Pinus pinaster* em solo fertilizado com e sem hidrogel observou que o polímero além de reter água funcionou como um intensificador na absorção de nutrientes, pois a absorção de N, P, K e aumentou 17,17, 10,13 e 20,33%, respectivamente, quando comparado as plântulas cultivadas sem hidrogel e mesma fertilização. A adição do polímero aumentou significativamente o tempo de acumulação rápida, assim como a acumulação máxima diária, de N e K. Os autores ainda relatam que com a aplicação do hidrogel o rendimento de rebentos e raízes de plântulas de *P. pinaster* foram notavelmente aumentadas, em comparação as plantas em solo com fertilizante apenas.

Segundo Bernardi et al., (2012) avaliando a adubação de mudas de *Corymbia citriodora* cultivadas em viveiro com hidrogel, observou que houve um incremento para altura, diâmetro de colo e razão altura da parte aérea/diâmetro de colo, com uso do polímero e, que o uso desta ferramenta promoveu uma redução de 20% da adubação, tanto na adubação de base como na de cobertura.

Nissen e Tapia (1996), cultivando centeio (*Lolium multiflorum*) em solo vulcânico, observaram que a eficiência do hidrogel não foi afetada pelos diferentes

níveis de fertilização, onde quanto maior o teor de sais mais as plantas produziram massa fresca, mesmo quando receberam baixo volume de irrigação.

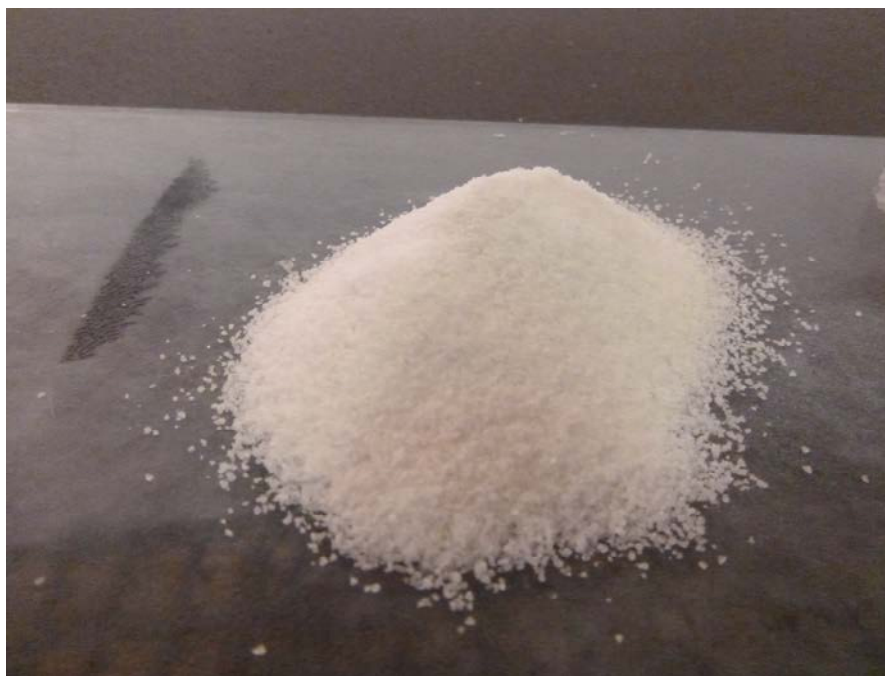
Segundo Vichiato et al. (2004) o cultivo de porta-enxertos de tangerina ‘Cleópatra‘ cultivados em tubetes foi melhorado quando adicionado hidrogel ao meio de cultivo. O autor ainda constatou que ao se aplicar nutrientes ao solo o hidrogel foi capaz de retê-los e liberá-los gradativamente as plantas melhorando o estado nutricional das mesmas.

No cultivo de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk, Dusi (2005) observou um maior desenvolvimento da massa fresca das plantas quando aplicado simultânea ao solo um hidrogel e fertilizantes minerais nitrogenados, onde o polímero foi capaz de reter e liberar gradualmente o nitrogênio a cultura.

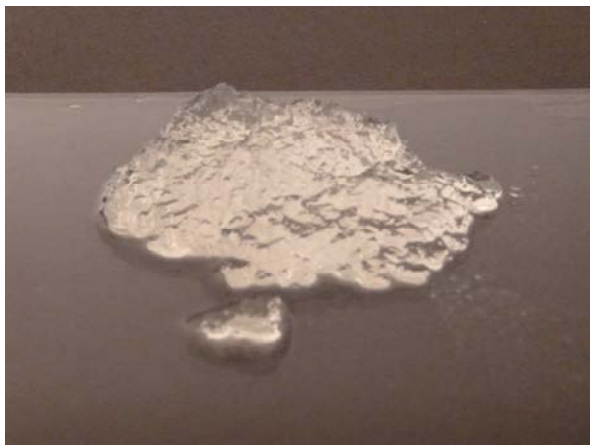
### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Polímero

O polímero utilizado neste estudo é comercializado pela empresa JNS Grupo sob o nome de Hydrosolo H<sup>TM</sup>. O polímero é comercializado na forma de cristais brancos (Figura 5) e segundo o fabricante têm a capacidade de reter 500 mL de água por grama do polímero (Figura 6).



**Figura 5.** Polímero Hydrosolo H<sup>TM</sup> na forma de cristal.



**Figura 6.** Polímero hidratado (Hidrogel).

### **3.2 Localização da área experimental**

O experimento foi realizado em duas etapas, a primeira foi composta pela caracterização físico-química do hidrogel em laboratório e a segunda pelo ensaio em campo.

As análises laboratoriais foram realizadas no Departamento de Recursos Naturais/Ciência do Solo na Faculdade de Ciências Agronômicas, pertencente à Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP – FCA) Campus de Botucatu/SP.

O ensaio em campo foi implantado na Fazenda Santa Clara (48° 40' 45" W e 23° 18' 47" S) localizada na estrada vicinal Dr. Ene Sab km 03, que interliga o município de Itatinga/SP ao de Paranapanema/SP. A área experimental está a uma altitude média de 618 metros acima do nível do mar. A classe de solo da área de plantio é um Neossolo Quartzarênico com relevo suave ondulado, e declividade entre 3 e 6% . O cultivo anterior era pastagem de baixa produtividade. A área é arrendada pela empresa Eucatex.

### **3.3 Delineamento experimental e tratamentos**

Nos ensaios laboratoriais de densidade, pH, condutividade elétrica e capacidade de retenção de água do polímero utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado com nove doses de polímero, 4 repetições e as parcelas foram compostas por 4

unidades experimentais. As doses utilizadas para a caracterização físico-química estão descritas na Tabela 1.

Os tratamentos foram dispostos de forma que abrangessem as doses recomendadas pelo fabricante do polímero para sua aplicação em diferentes culturas agrícolas.

Tabela 1. Caracterização das doses utilizadas nos ensaios laboratoriais de densidade.

Dose do polímero g L <sup>-1</sup> de água	Capacidade de retenção de água (Litros)	Retenção de água em 1 litro de hidrogel (Litros)
0	0	0
0,5	0,25	0,25
1,0	0,50	0,50
1,5	0,75	0,75
2,0	1,00	1,00
2,5	1,25	1,00
3,0	1,50	1,00
4,0	2,00	1,00
5,0	2,50	1,00

Nos ensaios laboratoriais foi possível constatar que o polímero expandido em 1 litro de água a partir da dose 2 g L<sup>-1</sup> se torna constante, pois não há água disponível para total expansão, ficando constante a partir desta dose. Havendo adição de água o polímero reteve a capacidade descrita na coluna 2.

Para a análise de capacidade de retenção de água sob efeito da temperatura adotou-se o delineamento inteiramente casualizado com sete doses de polímero, quatro repetições e parcelas compostas por quatro unidades experimentais. Onde as doses estão apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2. Caracterização dos tratamentos nos ensaios laboratoriais.

Dose do polímero g L <sup>-1</sup> de água	Capacidade de retenção de água (Litros)	Retenção de água em 1 litro de hidrogel (Litros)
0,00	0	0
0,42	0,21	0,21
0,85	0,42	0,42
1,27	0,63	0,63
1,70	0,85	0,85
2,12	1,10	1,00
2,54	1,27	1,00

As dosagens de polímero foram estipuladas a partir da recomendação do fabricante que é de  $1,70 \text{ g L}^{-1}$  do produto para aplicação na cova e de  $0,75 \text{ g L}^{-1}$  pela superfície do solo.

No experimento em campo adotou-se o delineamento experimental fatorial  $2 \times 5$  (2 modos de aplicação  $\times$  5 doses do polímero Hydrosolo H<sup>TM</sup> mais o tratamento controle) em blocos casualizados com 4 repetições, sendo cada parcela composta por 49 plantas, totalizando 2.156 plantas no experimento, onde descontando a bordadura cada parcela foi composta por 25 plantas úteis para avaliação.

As aplicações de hidrogel foram realizadas na cova e por via superficial com o auxílio de béqueres graduados com o intuito de simular a aplicação com equipamentos (plantadeira e aplicador do tipo chuveirinho). As diferentes quantidades do polímero (Hydrosolo H<sup>TM</sup>) foram aplicadas conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3. Caracterização dos tratamentos do ensaio em campo.

Tratamentos	Forma de aplicação	Quantidade do polímero $\text{g planta}^{-1}$
Controle	-	0
T2	Cova	0,85
T3	Cova	1,50
T4	Cova	2,20
T5	Cova	2,90
T6	Cova	3,60
T7	Superficial	0,85
T8	Superficial	1,50
T9	Superficial	2,20
T10	Superficial	2,90
T11	Superficial	3,60

A partir de uma simulação em laboratório onde foi realizada a mensuração da quantidade de água retida pelo polímero após sua total hidratação e secagem em estufa de circulação de ar forçada a  $65^{\circ}\text{C}$  pode-se concluir que o polímero tem a capacidade de reter 500 gramas de água por grama do produto. Por isso as quantidades de polímero aplicadas via cova foram às mesmas utilizadas na aplicação superficial. Onde as doses de 0,85; 1,50; 2,20; 2,90 e 3,60 gramas de polímero por planta são capazes de reter 0,42; 0,76; 1,10; 1,44 e 1,78 litros de água respectivamente.

### **3.4 Procedimento experimental: implantação e condução**

Os ensaios para avaliação da densidade, capacidade de retenção de água do polímero, capacidade de retenção de água sob a influência da temperatura, pH e condutividade elétrica do hidrogel, foram realizados antes da implantação do ensaio em campo experimental.

As avaliações de altura da planta, diâmetro do caule, Índice Relativo de Clorofila (IRC) e número de ramos foram realizadas no momento do plantio e aos 15 e 30 dias após o plantio das mudas (d.a.p.). O índice de sobrevivência foi analisado ao fim do experimento aos 30 d.a.p.. O volume de água utilizado em cada tratamento, número de irrigações necessárias, intervalo de dias entre as irrigações e os custos operacionais e do polímero foram mensurados ao fim do estudo em campo.

#### **Laboratório**

##### **3.4.1.1 Densidade**

A densidade foi calculada pela adição de diferentes doses do polímero 0; 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5; 3; 4 e 5 gramas por litro de água. As diferentes doses foram pesadas em balança analítica marca Gehaka modelo AG200. Posteriormente foram pesados os béqueres vazios para obtenção do peso de tara em balança Semi-analítica modelo BK3000 da empresa Gehaka. Os béqueres foram preenchidos com 1 litro de água destilada com temperatura de 25°C. Foi realizada a expansão do polímero nos béqueres que estavam divididos em quatro blocos contendo três repetições cada. Após 1 hora do momento de expansão foi realizada mais uma pesagem dos béqueres para a obtenção do peso do hidrogel e assim calculando a densidade dos hidrogéis pela fórmula massa sobre volume, onde a massa é o peso do béquer contendo o hidrogel menos o peso de tara, e o volume é a quantidade de hidrogel no béquer.

##### **3.4.1.2 pH e condutividade elétrica do hidrogel**

Com o intuito de observar a reação do pH e da condutividade elétrica (CE) da água com a adição do polímero foi realizado a expansão do hidrogel em béqueres com capacidade de 1 litro cada, onde foram adicionados diferentes doses do

polímero (0; 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5; 3; 4 e 5 gramas por litro de água). As diferentes doses foram pesadas em balança analítica marca Gehaka modelo AG200. O ensaio de pH e CE foi realizado adotando o padrão experimental de delineamento inteiramente casualizados com 4 blocos e 3 repetições cada. As leituras de pH e da condutividade elétrica foram realizadas 1 hora após a expansão do polímero com o auxílio de um pHmetro digital modelo DM-22 e condutivímetro digital modelo DM-32 ambos fabricados pela empresa Digimed™ instrumentação analítica. Os eletrodos do pHmetro e condutivímetro foram colocados ao centro dos béqueres e ao nível da linha indicatória impressa nos eletrodos. Após cada leitura foi realizado a limpeza dos eletrodos com o auxílio de uma piceta contendo água destilada e utilizou-se papel higiênico para a secagem dos mesmos.

### **3.4.1.3 Capacidade de retenção de água do hidrogel**

O hidrogel é capaz de reter um grande volume de água, e com o intuito de mensurar o quanto de água o polímero é capaz de reter e liberar sob diferentes tensões foi realizado um ensaio em laboratório onde diferentes doses do polímero 0; 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5; 3; 4 e 5 gramas por litro de água foram pesados em balança analítica marca Gehaka modelo AG200 e posteriormente colocadas em béqueres contendo 1 litro de água destilada para a expansão do hidrogel. Depois os hidrogéis foram colocados em anéis de aço inox com volume de  $90,48 \text{ cm}^3$  e submetidos às tensões de 0,1, 0,5 e 1,0 kPa na mesa de tensão. Os tratamentos foram separados em quatro blocos casualizados com 3 repetições cada.

O procedimento experimental se inicia com a pesagem dos anéis volumétricos vazios contendo um tecido tipo perfex com 10 cm de diâmetro fixada com 1 elástico em uma das extremidades do anel para se obter o peso de tara em uma balança Semi-analítica modelo BK3000 da empresa Gehaka, posteriormente os hidrogéis expandidos foram colocados nos anéis volumétricos e pesados para se obter o peso saturado e foram colocados na mesa de tensão sob tensão de 0,1 kPa pelo período de 48 horas. Após este período os anéis foram pesados e recolocados na mesa de tensão sob tensão de 0,5 kPa por mais 48 horas. Pesaram-se novamente os anéis e mais uma vez foram colocados na mesa de tensão sob de 1 kPa por mais 48 horas. Ao fim deste período realizou-se mais uma pesagem e os anéis foram colocados em estufa com circulação forçada de ar com temperatura em  $65^\circ\text{C}$  por 48 horas e realizando-se mais uma pesagem

para se obter o peso seco. Após todas as pesagens realizou-se a subtração do peso de tara dos anéis para se determinar o volume real de água liberado em cada ponto de avaliação, transformando o volume liberado em porcentagem pela relação do peso saturado com o peso em cada ponto de tensão.

#### **3.4.1.4 Capacidade de retenção de água sob a influência da temperatura**

Alguns autores relatam que a temperatura possui efeito direto na retenção e na liberação de água do hidrogel para as plantas, onde com o intuito de observar estes efeitos foi realizado um ensaio em laboratório com diferentes doses do polímero 0; 0,42; 0,85; 1,27; 1,7; 2,12 e 2,54 gramas por litro de água foram expandidos e submetidos a temperatura de 65°C em estufa de circulação forçada de ar para perda de água e quando secas foram submetidas a reexpansão. O ensaio foi composto pelo delineamento estatístico de 4 blocos ao acaso com 3 repetições cada (Figura 7).



**Figura 7.** Anéis volumétricos com hidrogéis constituídos com diferentes doses de polímero em estufa de circulação forçada de ar a 65°C.

As quantidades de polímero foram pesadas em balança analítica marca Gehaka modelo AG200 e posteriormente foram expandidas em béqueres distintos contendo 1 litro de água destilada. Os anéis foram pesados em uma balança semi-analítica para obtenção do peso de tara. Após uma hora da expansão as soluções foram colocadas

nos anéis volumétricos de aço inox com capacidade de 90,48 cm<sup>3</sup> com tampa plástica na parte inferior do anel e para controle de volume uma régua foi passada em cima do anel para retirada do excesso de hidrogel. Os anéis foram pesados para obter o peso saturado e foram colocados em uma estufa de circulação forçada de ar com temperatura em 65°C para evitar a quebra das cadeias poliméricas. A cada 3 horas eram realizadas pesagens dos anéis na balança semi-analítica.

Quando todos os anéis atingiram um peso constante foi retirado as tampas da parte inferior e os mesmos foram colocados em bandeja contendo água destilada com nível a 1 cm da borda superior dos anéis para reexpansão do hidrogel pelo período de 24 horas, onde após este período os anéis foram novamente pesados para se obter o peso saturado e recolocados na estufa realizando-se as pesagens durante o mesmo intervalo de tempo. Este processo foi realizado duas vezes, ou seja, o hidrogel foi expandido e seco e posteriormente sofreu duas reexpansões e secagens para se observar os efeitos da temperatura sob a capacidade de retenção de água do polímero.

## Campo

O experimento foi iniciado no dia 06 de agosto de 2009, na área de plantio foi realizada uma capina química (glifosato 4 L ha<sup>-1</sup>). Foi realizado combate a formiga com o produto sulfluramida aplicando-se 4 kg por hectare. Aplicou-se 2,5 toneladas de calcário por hectare. No dia 16 de agosto foi realizado a limpeza da linha de plantio e a subsolagem com 1 metro de profundidade na linha de plantio em função da compactação do solo devido ao cultivo excessivo de pastagem, sendo aplicado ao fundo da subsolagem o fertilizante NPK 06-30-10 na quantidade de 300 kg por hectare.

As mudas de *Eucalyptus grandis* foram fornecidas pela empresa Eucatex no dia 18 de agosto, foram retiradas dos tubetes no momento do plantio.

O experimento foi composto por duas formas de aplicação do hidrogel, uma na cova e outra na superfície, para cada modo de aplicação é recomendado uma dose de mistura para a expansão do polímero segundo o fabricante, para a utilização em cova é indicado a mistura de 1,7 gramas do polímero para um litro de água, enquanto que para o uso em superfície a mistura deve ser feita com 0,75 g L<sup>-1</sup>. Tais misturas resultam em um hidrogel consistente para a aplicação em cova, cujo objetivo é envolver e

sustentar o torrão da muda de forma ereta, já para a utilização em pós-plantio o hidrogel é diluído com o intuito de penetrar no solo pelo processo de percolação e hidratar a muda. Desta maneira os volumes aplicados por tratamento seguem de acordo com a Tabela 4.

Tabela 4. Volumes de hidrogel aplicados no plantio.

Tratamentos	Forma de aplicação	Quantidade de Polímero para expansão (g L <sup>-1</sup> )	Volume de hidrogel aplicado (L planta <sup>-1</sup> )	Quantidade de polímero aplicado (g planta)	Capacidade de retenção de água (Litros)
Controle	-	0	0	0	0
T2	Cova	1,70	0,5	0,85	0,43
T3	Cova	1,70	0,9	1,50	0,77
T4	Cova	1,70	1,3	2,20	1,11
T5	Cova	1,70	1,7	2,90	1,45
T6	Cova	1,70	2,1	3,60	1,79
T7	Irrigação	0,75	1,1	0,85	0,43
T8	Irrigação	0,75	2,0	1,50	0,77
T9	Irrigação	0,75	2,9	2,20	1,11
T10	Irrigação	0,75	3,9	2,90	1,45
T11	Irrigação	0,75	4,8	3,60	1,79

Pode-se observar que para aplicar as mesmas quantidades de polímero por planta em ambas as formas de aplicação foram necessárias aplicar volumes diferentes de hidrogel, pois o hidrogel expandido com 1,7 gramas de polímero por litro de água não consegue percolar no solo devido à formação de agregados de gel, e o hidrogel com menos polímero não consegue sustentar o torrão da muda, pois se mantém quase que totalmente na forma líquida. Desta maneira as 12 caixas d'água foram colocadas em cima de uma carreta acoplada a um trator, as caixas foram cheias com água e seis delas receberam polímero na concentração de 0,75 gramas do polímero por litro de água e outras seis com 1,7 gramas.

Para a aplicação em cova utilizou-se uma plantadeira manual a qual foi inserida ao solo e com a ação de uma das manivelas abria-se a cova. Sem retirar a plantadeira do solo era inserido o hidrogel expandido (1,7 gramas de polímero por litro de água) nas caixas d'água com o auxílio de um béquer graduado no tubo central da plantadeira e logo em seguida no mesmo tubo inseria-se a muda. Depois a plantadeira era retirada e com uma leve pressão dos pés no solo certificava-se se a cova estava fechada

com solo. Na aplicação por superfície utilizou-se a mesma plantadeira manual, abrindo a cova e inserindo a muda, porém retirava-se a plantadeira e com os pés pressionava-se o solo até formar uma espécie de bacia que recebia de um béquer graduado o hidrogel (0,75 gramas de polímero por litro de água). Os dois métodos de aplicação de hidrogel utilizados no estudo simularam a aplicação com plantadeira manual acoplada em caminhão pipa que inseria o hidrogel na cova e a forma de aplicação em pós-plantio, onde um caminhão pipa com aplicadores do tipo chuveirinho aplicam o hidrogel na superfície.

O tratamento controle recebeu no momento do plantio 1,3 litros de água via superfície.

No dia 18 de agosto de 2009 todos os tratamentos foram implantados, onde as mudas foram transplantadas em espaçamento 3 x 2 metros (entre linha x entre planta) totalizando 2.156 mudas. Nas duas maiores laterais do ensaio foram colocadas 12 caixas d'água plásticas com capacidade de 1.000 litros cada, para realizar as irrigações necessárias após o plantio.

As irrigações pós-plantio foram realizadas de acordo com avaliações visuais do ponteiro (meristema apical) das mudas, onde quando o mesmo inclinava-se a 45° em relação ao caule todo o tratamento em questão era irrigado. Tal ponto de murchamento apical demonstrou a necessidade de reposição hídrica ao solo, onde o volume de água aplicado nas irrigações foi de 3 litros por planta independente do tratamento. As irrigações foram realizadas com o auxílio de um béquer graduado e a água contida nas caixas d'água era captada de uma mina de água próximo ao experimento, onde um caminhão pipa da empresa JFI Silvicultura Ltda sempre que necessário coletava a água na mina e preenchia o volume das caixas d'água utilizadas nas irrigações.

Após o plantio das mudas foi realizado mais uma aplicação de formicida e de herbicida pré-emergente.

No ensaio de campo foram realizadas avaliações aos 15 e 30 dias após o plantio quanto ao incremento na altura da planta, no diâmetro do caule, número de ramos e Índice de Cor Verde. Aos 30 dias após o plantio foram avaliados a porcentagem de sobrevivência das mudas, o volume de água utilizado, número de irrigações necessárias, intervalo de dias entre as irrigações, custo operacional e do polímero por planta e por hectare.

### 3.4.1.5 Temperatura e pluviosidade

Durante o experimento foram realizadas medições de temperatura e de pluviosidade em tempo real com intervalos de 30 minutos entre leituras que ficavam registradas no aparelho datalogger (Figura 8).

A medição das temperaturas mínima, média e máxima do ar foi realizada com o auxílio de um aparelho datalogger digital (Figura 8) modelo AZ8829, onde o mesmo foi fixado na área de cultivo a 1,20 metros do nível do solo.



**Figura 8.** DataLogger Digital Modelo AZ8829. Fonte: AZ Instrument (2012).

A precipitação de chuva foi mensurada com o auxílio de um pluviômetro tipo Villes de Paris (Figura 9) instalado ao centro da área de cultivo e a 1,50 metros do nível do solo.



**Figura 9.** Pluviômetro tipo Villes de Paris. Fonte: Pluviômetros (2012).

### 3.4.1.6 Altura da planta

A altura de planta foi determinada com uma régua graduada colocada verticalmente ao nível do solo, medindo-se assim até o meristema apical da planta conforme se demonstra na Figura 10.



**Figura 10.** Medida da altura de plantas de *E. grandis*.

### 3.4.1.7 Diâmetro do caule

Com o auxílio de um paquímetro digital série 799 da fabricante Starrett (Figura 11) determinou-se o diâmetro do caule na posição mais próxima possível ao solo.



**Figura 11.** Medida do diâmetro do caule de plantas de *E. grandis*.

### 3.4.1.8 Índice de Cor Verde

Com o auxílio do equipamento clorofilômetro SPAD-502 foram realizadas medições nas folhas centrais da planta (Figura 12), utilizando-se três folhas por planta e cinco leituras por folha para as 25 plantas úteis em cada parcela.



**Figura 12.** Medida do Índice de Cor Verde nas folhas de *E. grandis*.

Teve-se o cuidado no momento das leituras da postura do corpo com relação à posição do sol, onde o mesmo foi mantido sempre nas costas do avaliador, para que a luz solar não influenciasse nos resultados obtidos pelo aparelho SPAD-502.

### 3.4.1.9 Número de ramos

O número de ramos das plantas foi contabilizado aos 15 e aos 30 dias após o plantio das mudas, considerando o número de ramos no momento do plantio

como sendo 1 já que as plantas apresentavam somente o caule com folhas no momento do plantio.

#### **3.4.1.10 Porcentagem de sobrevivência**

O índice de sobrevivência das mudas no campo após o transplântio foi realizado após 30 dias da implantação do ensaio, onde foram contabilizadas as mudas mortas em cada parcela.

#### **3.4.1.11 Número de irrigações realizadas**

Ao fim do experimento foi realizado o somatório do total de irrigações realizadas em cada tratamento em resposta as formas de aplicação de hidrogel e doses do polímero, podendo avaliar a eficiência do produto.

#### **3.4.1.12 Volume de água utilizado**

O volume de água utilizado em cada tratamento foi contabilizado ao fim do experimento, onde foi somado o volume de água aplicado no momento do plantio para cada tratamento (Tabela 3) e o volume de água repostada ao solo pelas irrigações necessárias durante os 30 dias após o plantio. Desta maneira foi possível mensurar o volume de água aplicado por planta e por hectare.

#### **3.4.1.13 Valor operacional**

Os custos operacionais foram calculados pelos valores aplicados pela empresa JFI Silvicultura Ltda que realiza toda a parte operacional de pré-plantio, plantio e condução da cultura do eucalipto para a empresa Eucatex. Na Tabela 5 estão descritos os valores de cada operação referente ao plantio de eucalipto no segundo semestre de 2012.

Tabela 5. Custos operacionais do plantio de eucalipto em solo arenoso na região de Itatinga/SP, 2012.

Operação*	Valores da operação R\$/hectare
Combate a formigas - pré plantio	34,70
Aplicação de herbicida em área total	72,83
Calagem	105,00
Limpa trilho	101,00
Subsolagem na linha de plantio	182,00
Plantio das mudas	215,00
Irrigação**	200,00
Aplicação de herbicida pré emergente	90,00
Combate a formigas - pós plantio	34,70
Replanteio de mudas	27,00
2º aplicação de herbicida pré emergente	90,00

Fonte: JFI Silvicultura Ltda, 2012.

\*Os custos operacionais listados correspondem ao plantio em solos arenosos, já que em solo argilosos os custos são superiores devido a diferentes características do solo que requerem a utilização de maquinário e implementos mais adequados. \*\*Valor de apenas uma operação, onde o número de operações por plantio varia de acordo com as condições climáticas e a dose do polímero aplicada.

#### 3.4.1.14 Custo do polímero

O custo atual do polímero é de R\$35,00 o quilo, onde desta maneira foi possível mensurar o custo do produto aplicado por planta e por hectare do produto.

#### 3.4.1.15 Análise estatística

Para a análise estatística utilizou-se o software JMP Statistical Discovery do SAS versão 10.0. Os efeitos das doses do polímero e das formas de aplicação do hidrogel foram submetidas á análise pelo Teste F e se significativo as médias foram comparadas pelo Teste de Tukey a 5% de significância. Quando houve resposta para a interação entre os fatores foi realizado o desdobramento das variáveis.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Ensaios laboratoriais

#### Densidade

Na Tabela 6 observa-se que a quantidade do polímero na formação do hidrogel não altera significativamente a densidade do mesmo, já que a água apresentou densidade de  $1,000 \text{ kg.m}^3$  e a maior dose do polímero ( $5 \text{ g L}^{-1}$ ) avaliado apresentou  $1,005 \text{ kg.m}^3$ , um aumento de apenas 0,5%.

Tabela 6. Densidade do polímero Hydrosolo H<sup>TM</sup> hidratado em função da quantidade em  $\text{g L}^{-1}$ .

Quantidade do polímero $\text{g L}^{-1}$	Densidade ( $\text{kg.m}^3$ )
0	1,000 a
0,5	1,001 a
1,0	1,001 a
1,5	1,001 a
2,0	1,002 a
2,5	1,002 a
3,0	1,003 a
4,0	1,004 a
5,0	1,005 a
C.V.%	0,5

C.V.% - Coeficiente de variação. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

O que se observa na prática é que o polímero não altera a densidade da água e sim a textura da mesma, ou seja, a água se apresenta em forma líquida enquanto que a dose de  $5 \text{ g L}^{-1}$  se apresenta de forma sólida, ocorrendo um gradiente entre as fases líquida e a sólida do tratamento controle (água) até a superdose, já que a recomendação do fabricante é a utilização de  $0,85 \text{ g L}^{-1}$  para aplicação em irrigação pós-plantio e  $1,7 \text{ g L}^{-1}$  em via cova.

### Capacidade de retenção de água do polímero

Na Tabela 7 pôde-se observar o efeito de doses do polímero hidretentor sobre a capacidade de retenção de água em função de diferentes tensões em mesa de tensão para promover drenagem. Pode-se notar que o tratamento controle (água pura) já na primeira tensão foi totalmente drenado, enquanto que com a menor adição do polímero ( $0,5 \text{ g L}^{-1}$ ) houve uma retenção de 46,9 gramas de água, e na maior dosagem avaliada reteve cerca de 90 gramas de água, um aumento de cerca de 43 gramas de água.

Tabela 7. Capacidade de retenção de água de hidrogéis compostos por diferentes doses do polímero Hydrosolo H<sup>TM</sup>.

Quantidade do polímero $\text{g.L}^{-1}$	Peso em	Peso em	Peso em
	0,1 kPa	0,5 kPa	1,0 kPa
	-----gramas -----		
0	0 b	0 f	0 d
0,5	46,9 a	37,0 e	21,5 c
1,0	51,1 a	39,0 d	24,7 c
1,5	57,4 a	46,1 c	30,2 bc
2,0	74,1 a	66,5 ab	46,9 b
2,5	74,5 a	64,1 ab	47,8 b
3,0	72,2 a	67,2 ab	49,1 ab
4,0	74,9 a	70,8 a	56,4 a
5,0	90,5 a	71,4 a	62,7 a
C.V.%	136,6	3,4	4,5

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade. C.V. % – Coeficiente de variação.

De forma geral com o aumento gradativo da dose do polímero maior foi a resposta na capacidade de retenção de água sob tensão. Na maior tensão

aplicada sob os anéis pode-se notar que a capacidade de retenção de água da menor dose até a maior foi de 21,5 e 62,7 gramas de água respectivamente. Contudo pode-se observar que o polímero na maior tensão avaliada neste estudo ainda retinha 62,7 gramas de água na maior dose aplicada, mostrando que a água poderá ser drenada em tensões maiores, pois o peso seco dos anéis foi igual à zero. Foi observado que após a secagem em estufa de circulação forçada de ar a 65°C o polímero não mais se torna sólido na forma de cristais brancos, e sim em uma fina película sob o tecido ao fundo do anel, onde só é possível vê-lo com a incidência direta de luz que o faz refletir a mesma.

### **Capacidade de retenção de água sob a influência da temperatura**

Na Tabela 8 pôde-se observar a capacidade de retenção de água de diferentes doses de polímero sob a influência da temperatura em decorrer do tempo. Nota-se que para as dose de 0,42 a 1,27 gramas de polímero por litro de água houve uma maior perda de água por evaporação nas 3 primeiras horas em relação ao tratamento controle. Doses superiores tiveram a capacidade de reter cerca de 4% mais água que o controle. Entretanto, observa-se que o controle rapidamente perde água ao decorrer com o tempo, pois após 15 horas do início do experimento toda a água já havia evaporado, enquanto que os tratamentos contendo polímero evaporaram menos com o acréscimo das dosagens e prolongaram por um maior período a retenção da água, onde de forma geral, reteram água por volta de 36 horas.

Pôde-se notar que de forma geral que as soluções contendo polímero perderam em média cerca de 10% de seu volume de água até às 27 horas após o início do estudo, onde períodos posteriores as perdas foram menores e prolongadas, provavelmente devido a maior presença de polímero em um menor volume de água, reterendo a mesma com maior força.

Tabela 8. Capacidade de retenção de água (%) de soluções compostas por diferentes doses do polímero Hydrosolo H<sup>TM</sup> submetidos à temperatura de 65°C.

Dose do polímero g L <sup>-1</sup>	Horas						
	0	3	6	9	12	15	18
	----- % -----						
0	100	89,6 a	79,9 ab	29,4 c	2,7 c	0,0 c	0,0 c
0,42	100	76,7 b	53,4 c	34,5 c	13,3 c	6,6 c	1,2 c
0,85	100	87,5 ab	75,0 ab	64,5 ab	48,4 b	40,2 b	28,3 b
1,27	100	88,9 a	77,9 ab	69,3 ab	56,2 ab	48,4 ab	39,6 ab
1,70	100	91,8 a	83,6 a	73,8 ab	61,3 a	53,6 a	43,7 a
2,12	100	93,1 a	86,3 a	77,8 a	67,5 a	61,3 a	52,8 a
2,54	100	93,4 a	86,8 a	78,9 a	68,6 a	61,3 a	54,1 a
C.V.%	0	5,4	8,0	11,0	15,9	20,7	24,0

Dose do polímero g L <sup>-1</sup>	Horas					
	21	24	27	30	33	36
	----- % -----					
0	0,0 c	0,0 c	0,0 c	0,0 c	0,0 c	0,0
0,42	0,8 c	0,3 c	0,3 c	0,3 c	0,3 c	0,0
0,85	19,7 b	10,1 bc	6,2 bc	3,9 c	2,0 bc	0,0
1,27	32,6 ab	23,0 bc	15,7 abc	9,7 ab	4,9 abc	0,0
1,70	36,2 ab	26,6 bc	18,6 ab	8,8 ab	1,2 abc	0,0
2,12	46,4 a	37,7 a	29,1 a	18,5 a	9,7 ab	0,0
2,54	48,0 a	39,1 a	31,4 a	21,1 a	11,5 a	0,0
C.V.%	29,9	40,0	52,6	61,3	91,8	0,0

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade. C.V. % - Coeficiente de variação.

O comportamento de maior retenção de água pelo polímero e sua gradativa liberação também foi observado por Flannery e Busscher (1982), Johnson (1984a) e Gonçalves et al. (2004), onde relatam que tal comportamento aumenta a eficiência da irrigação e promove o estabelecimento do povoamento florestal.

Após a perda completa da água pelo processo de evaporação os polímeros passaram por uma reidratação conforme os dados descritos na Tabela 9.

Houve perda de eficiência de reidratação para as dosagens entre 0,42 e 1,7 g L<sup>-1</sup>, com perdas que variaram de 4,2 a 0,8% respectivamente e as dosagens de 2,12 e 2,54 g L<sup>-1</sup> não apresentaram perdas.

Tabela 9. Capacidade de retenção de água (%) de soluções compostas por diferentes doses do polímero Hydrosolo H<sup>TM</sup> após a reidratação e submetidos à temperatura de 65°C.

Dose do polímero g L <sup>-1</sup>	Horas								
	0	3	6	9	12	15	18	21	24
	----- % -----								
0	100 a	86,5 ab	49,0 b	29,9 b	17,5 b	0,2 c	0,0 c	0,0 b	0,0 b
0,42	95,8 a	71,3 b	45,8 b	26,9 b	16,3 b	4,9 c	0,3 c	0,3 b	0,1 b
0,85	96,5 a	90,8 a	80,5 a	64,4 a	55,6 a	43,7 b	30,1 b	19,8 b	13,7 b
1,27	98,8 a	91,2 a	86,5 a	81,7 a	77,3 a	70,5 a	63,5 a	55,8 c	49,6 a
1,70	99,2 a	93,1 a	86,9 a	80,1 a	74,8 a	68,0 a	60,3 a	52,4 c	45,6 a
2,12	100 a	96,5 a	90,8 a	85,2 a	80,3 a	73,7 a	66,6 a	59,1 c	52,5 a
2,54	100 a	93,8 a	88,8 a	82,9 a	79,3 a	73,0 a	65,1 a	57,2 c	49,4 a
C.V.%	4,5	6,9	15,6	19,6	18,3	19,0	25,2	30,9	34,9

Dose do polímero g L <sup>-1</sup>	Horas							
	27	30	33	36	39	42	45	48
	----- % -----							
0	0,0 b	0,0 b	0,0 c	0,0 c	0,0 b	0,0 a	0,0 a	0,0
0,42	0,1 b	0,1 b	0,1 c	0,1 c	0,1 b	0,1 a	0,1 a	0,0
0,85	10,9 b	8,9 b	6,1 bc	4,8 bc	3,2 ab	1,3 a	0,1 a	0,0
1,27	38,3 a	30,9 a	19,4 ab	14,3 ab	6,1 ab	1,0 a	0,2 a	0,0
1,70	41,2 a	32,8 a	21,7 a	16,5 ab	9,1 ab	6,5 a	0,5 a	0,0
2,12	42,7 a	36,3 a	25,9 a	21,2 a	14,6 a	7,4 a	1,5 a	0,0
2,54	45,9 a	39,0 a	28,0 a	23,2 a	15,4 a	7,6 a	1,5 a	0,0
C.V.%	36,3	38,0	44,7	51,4	74,9	119,1	208,3	0,0

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade. C.V% - Coeficiente de variação.

Entretanto, pode-se notar na Tabela 9 que as soluções contendo polímero conseguiram reter água por um período de 48 horas, ou seja, 12 horas a mais do que o primeiro processo de evaporação (Tabela 8). Tal fato pode ter ocorrido devido à reidratação ocorrer de forma mais lenta, podendo o polímero se expandir de forma mais ordenada e com maior eficiência.

Os hidrogéis perderam via evaporação em média 8% de água entre os períodos avaliados, onde tal perda somente foi reduzida após 27 horas do segundo

processo de secagem em estufa. Após secagem o hidrogel foi reidratado novamente (Tabela 10).

Tabela 10. Capacidade de retenção de água (%) de soluções compostas por diferentes doses do polímero Hydrosolo H<sup>TM</sup> após a segunda reidratação e submetidos à temperatura de 65°C.

Dose do polímero g L <sup>-1</sup>	Horas								
	0	3	6	9	12	15	18	21	24
	----- % -----								
0	100 a	82,7 ab	38,4 b	16,3 b	3,8 b	0,4 b	0,0 b	0,0 b	0,0 b
0,42	93,6 a	80,1 abc	19,6 b	1,4 b	0,4 b	0,1 b	0,0 b	0,0 b	0,0 b
0,85	96,1 a	90,1 a	46,8 b	33,7 b	21,1 b	20,4 b	16,9 b	14,8 b	13,5 b
1,27	97,0 a	91,2 a	88,6 a	82,8 a	76,2 a	68,4 a	60,6 a	54,9 a	48,7 a
1,70	97,5 a	91,8 a	87,5 a	82,1 a	75,2 a	70,9 a	66,1 a	54,4 a	49,2 a
2,12	98,3 a	95,6 a	85,9 a	80,5 a	73,2 a	67,3 a	61,7 a	50,0 a	43,3 a
2,54	99,6 a	95,7 a	88,9 a	82,6 a	75,8 a	67,6 a	58,1 a	52,0 a	45,3 a
C.V.%	4,3	6,1	21,6	29,3	31,9	33,2	33,7	38,7	40,4

Dose do polímero g L <sup>-1</sup>	Horas							
	27	30	33	36	39	42	45	48
	----- % -----							
0	0,0 b	0,0 c	0,0 c	0,0 b	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,00
0,42	0,0 b	0,0 c	0,0 c	0,0 b	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,00
0,85	11,2 b	9,7 bc	8,0 bc	6,5 ab	5,0 a	2,9 a	1,3 a	0,00
1,27	35,2 a	25,8 ab	18,2 abc	13,6 ab	8,8 a	5,9 a	3,2 a	0,00
1,70	38,2 a	29,0 ab	21,9 ab	14,8 ab	8,5 a	3,6 a	1,0 a	0,00
2,12	40,3 a	31,2 ab	23,6 ab	16,2 ab	9,1 a	5,3 a	0,3 a	0,00
2,54	43,5 a	34,4 a	27,6 a	20,9 a	13,9 a	6,0 a	0,8 a	0,00
C.V.%	42,5	49,1	58,0	75,2	97,6	136,3	292	0,00

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade. C.V.% - Coeficiente de variação.

Pode-se notar que o segundo processo de reidratação causou perdas de eficiência na reidratação dos polímeros, onde as perdas para as dosagens de 0,42; 0,85; 1,27; 1,70; 2,12 e 2,54 g L<sup>-1</sup> foram respectivamente de 6,4; 3,9; 3; 2,5; 1,7 e 0,4%.

De forma geral o comportamento da perda de água por evaporação entre o primeiro e segundo processos de reidratação foi semelhante.

O fato de o polímero reter água por um maior período de tempo após sua reidratação não quer dizer diretamente que o mesmo retém água disponível para as plantas, pois pôde-se notar que após as 42 horas de exposição dos anéis a fonte de calor, mais difícil foi o processo de evaporação da água, podendo esta estar fortemente retida na cadeia polimérica, devendo-se realizar estudos em mesa de tensão com hidrogéis reidratados para melhores conclusões. Entretanto pôde-se observar que após a submissão do polímero a ciclos de secagem e intumescimento o produto conservou suas propriedades superabsorventes, tal fato também foi observado por Brito et al. (2009) ao realizar estudo semelhante. Segundo Satishchandra (2012) 14 dias após a aplicação de hidrogel o produto se reidratou normalmente com a simples adição de água, mesmo estando sujeito a intempéries do ambiente.

### **pH e Condutividade elétrica do hidrogel**

Pode-se notar na Tabela 11 que o polímero possui efeito significativo tanto para o pH como para a condutividade elétrica. A adição de apenas 0,5 g  $\text{litro}^{-1}$  de polímero o pH passa de 7,20 para 8,40, onde com o aumento da quantidade do polímero na água o pH tende a chegar próximo da neutralidade. Segundo Abedi-Koupai e Asadkazemi (2006); Bezerra et al. (2007) a expansão do polímero ocorre por ligações de hidrogênio, onde pequenas quantidades conseguem se expandir totalmente liberando rapidamente hidroxilas na solução, desta maneira doses maiores fazem com que o polímero não se expanda totalmente já que necessita de um volume de água muito maior do que a água utilizada neste estudo, e por isso a transformação do hidrogel ocorre em forma de gradiente do estado líquido para sólido com o aumento da dose do polímero podendo liberar menos hidroxila e mantendo o pH próximo de 7.

Para a condutividade elétrica nota-se que com o aumento da quantidade do polímero por litro de água, maior é a concentração de sais.

Tabela 11. Efeito no pH e condutividade elétrica da água com a adição de diferentes doses do polímero Hydrosolo H™.

Quantidade do polímero (g L <sup>-1</sup> )	pH	Condutividade elétrica (dS m <sup>-1</sup> )
Água	7,2 f	0,02 f
0,5	8,4 a	0,05 f
1,0	8,1 ab	0,15 e
1,5	8,0 bc	0,20 d
2,0	7,9 bcd	0,34 c
2,5	7,8 bcde	0,35 c
3,0	7,7 cde	0,37 c
4,0	7,5 de	0,46 b
5,0	7,4 e	0,82 a
C.V.%	3,5	4,9

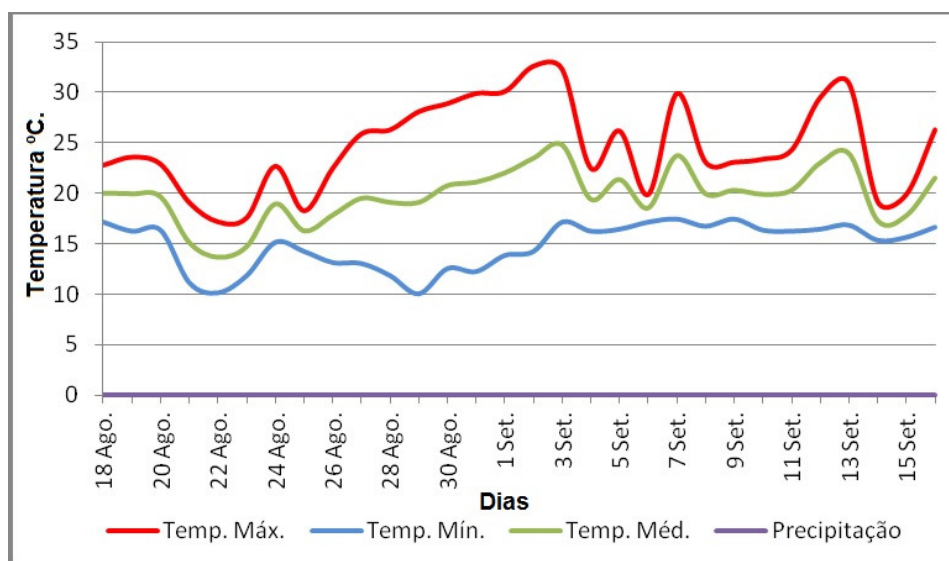
Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade. C.V.% - Coeficiente de variação.

## 4.2 Ensaio em Campo

### Variáveis climáticas durante o ensaio experimental

Na Figura 13 apresentam-se as variáveis climáticas durante os 30 dias de avaliações do ensaio experimental.

Pôde-se notar que o clima favoreceu a realização do estudo já que a temperatura mínima ficou em cerca de 15°C, temperatura média em torno de 20°C e máxima em 24,6°C. Entretanto pode-se destacar que não houve precipitação pluviométrica durante todo o período de realização do ensaio experimental o que contribuiu para a avaliação do comportamento do polímero em período de estiagem.



**Figura 13.** Temperaturas máxima, média e mínima (° Celsius) e precipitação pluviométrica (mm) durante o período de avaliação do ensaio experimental na Fazenda Santa Clara. Itatinga/2009.

### Incremento de altura da planta

Observa-se na Tabela 12 que não houve interação entre as formas de aplicação de hidrogel. Entretanto, pode-se observar que houve diferenças significativas quanto às doses do polímero aplicadas ao solo, onde o hidrogel possui efeito sobre o desenvolvimento das plantas de *E. grandis*. O maior incremento em altura das plantas de *E. grandis* ocorreu quando se aplicou a dose de 2,2 g planta<sup>-1</sup> independente da forma de aplicação.

A altura das plantas no momento do plantio foi semelhante em sua grande maioria, onde apenas as mudas transplantadas com o teor de polímero de 2,2 g planta<sup>-1</sup> apresentavam maior altura.

Pôde-se observar ainda que do momento do plantio das mudas até aos 15 dias após do mesmo desenvolvimento das mudas, independente da dose de hidrogel aplicado ao solo, foi de cerca de 37 cm enquanto que o controle se desenvolveu 34,9 cm, uma diferença de 2,1 cm. Entre os 15 e 30 dias após o plantio o desenvolvimento das mudas foi semelhante para ambos os tratamentos (aplicação na cova e na superfície) com crescimento médio de 25 cm. As mudas de *E. grandis* apresentaram rápido crescimento durante o período de avaliação, onde no momento do plantio as mudas apresentavam em

média 25 cm e 30 dias após as mudas apresentaram uma altura média de 86,9 cm, um crescimento de 61,8 cm.

Tabela 12. Alturas de plantas de *E. grandis* em resposta a formas de aplicação de hidrogel e diferentes doses de polímero Hydrosolo H<sup>TM</sup>.

Forma de aplicação	Quantidade do polímero g planta <sup>-1</sup>	Altura da planta (cm) no plantio	Incremento (cm) 15 d.a.p.	Incremento (cm) 30 d.a.p.
-	0	25,2 Ab	60,1 Ab	85,1 Ab
Cova	0,85	24,1 Ab	66,0 Aab	91,0 Aab
Cova	1,50	24,2 Ab	63,0 Aab	88,0 Aab
Cova	2,20	27,6 Aa	66,6 Aa	91,6 Aa
Cova	2,90	22,9 Ab	60,7 Aab	85,7 Aab
Cova	3,60	21,9 Ab	60,3 Aab	85,3 Aab
Irrigação	0,85	25,5 Ab	58,7 Aab	83,7 Aab
Irrigação	1,50	25,9 Ab	61,3 Aab	86,3 Aab
Irrigação	2,20	27,0 Aa	63,5 Aa	88,5 Aa
Irrigação	2,90	25,3 Ab	61,4 Aab	86,4 Aab
Irrigação	3,60	25,5 Ab	60,9 Aab	85,9 Aab
C.V.%	-	11,4	13,4	9,6

d.a.p. - dias após o plantio; C.V.% - Coeficiente de variação.

Médias seguidas de letras maiúsculas comparam as formas de aplicações do hidrogel, e médias seguidas de letras minúsculas comparam doses do polímero hidroretentor, onde médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O incremento em altura em espécies florestais com a utilização de polímeros hidrorretentores também foi observada por Sijacic-Nikolic, et al. (2011), onde avaliaram o efeito de diferentes modos de aplicação de um hidrogel no plantio de pinheiro silvestre e pinheiro austríaco, e constataram que independente da forma de aplicação o hidrogel proporcionou maior altura da muda de ambas as espécies cultivadas. Callaghan, et al. (1989) cultivando *E. microtheca* no Sudão com e sem a aplicação de um polímero hidroabsorvente, e diferentes períodos de reposição de água ao solo (1; 3 e 6 dias após o plantio) também observaram que os tratamentos onde o hidrogel foi aplicado apresentaram maior desenvolvimento da parte aérea. Pinto, et al. (2008) enraizando estacas de *Eucalyptus* clone CAF 1117 com e sem a aplicação de um polímero hidroabsorvente e com a aplicação de três diferentes lâminas de irrigação também observaram que houve um maior desenvolvimento das plantas ao se adicionar o hidrogel ao substrato, onde a maior

altura de plantas foi observada ao se aplicar  $500 \text{ mg.dm}^{-3}$  do polímero e  $12 \text{ mm.m}^{-1}$  de irrigação, e doses inferiores ou superiores proporcionaram plantas com alturas inferiores.

Contudo, percebe-se na Tabela 12 que doses superiores a  $2,2 \text{ g planta}^{-1}$  causaram um efeito negativo no desenvolvimento das mudas de *E. grandis* já que a altura média das plantas cultivadas com a maior dose do polímero no solo são semelhantes ao controle, tal fato pode estar relacionado ao maior volume de água retido pelo polímero no solo, cerca de 685 mL a mais quando comparado a dose que proporcionou maior incremento em altura. Comportamento similar foi observado por Ouchi (1994) ao transplantar mudas de loureiro no período de verão em solos contendo diferentes doses de polímero, onde a aplicação do polímero na proporção de  $2 \text{ g kg}^{-1}$  de solo proporcionou mudas mais vigorosas, com maior crescimento, enquanto que para a dose de  $5 \text{ g kg}^{-1}$  as mudas se desenvolveram menos do que ao controle e as cultivadas na dose de  $10 \text{ g kg}^{-1}$  morreram 17 dias após o plantio devido à alta dose de hidrogel que afetou a aeração do solo além de excesso de umidade. Outro fato foi descrito por Ajala (2009) ao cultivar mudas de pinhão manso com adição de hidrogel na cova no período da primavera, observando que o polímero influenciou negativamente no desenvolvimento das mudas, pois mudas sem a adição de hidrogel apresentaram um crescimento superior, podendo o excesso de água na cova ter motivado tal fato.

Entretanto, Buzetto et al (2002) estudando o povoamento florestal de *E. urophylla* com a utilização de um polímero hidroabsorvente à base de acrilamida (Stockosorb<sup>®</sup>), observaram que não houve diferenças significativas independente da forma de aplicação e doses do produto, onde após 9 meses de estudo as mudas apresentavam em média 170 cm de altura. Wofford Júnior (1991) também cultivando mudas de *E. urophylla* relata que o polímero não proporcionou maior incremento na altura das plantas. Tal fato também foi descrito por Barbosa (2011) após utilizar hidrogel no plantio de 30 espécies arbóreas nativas de 17 famílias botânicas diferentes no período chuvoso observou que o polímero não interferiu no crescimento das plantas.

### **Incremento no diâmetro do caule**

Na Tabela 13 estão dispostos os valores do diâmetro do caule das plantas cultivadas com e sem hidrogel, onde para ambas as situações não houve diferenças

significativas. Tal fato também foi observado por Pinto et al (2008) cultivando o clone de Eucalipto CAF 1117 em viveiro clonal.

Tabela 13. Diâmetro do caule de plantas de *E. grandis* em resposta a formas de aplicação de hidrogel e diferentes doses de polímero Hydrosolo H<sup>TM</sup>.

Forma de aplicação	Quantidade do polímero g planta <sup>-1</sup>	Diâmetro do caule (mm) no plantio	Incremento (mm) 15 d.a.p.	Incremento (mm) 30 d.a.p.
-	0	3,8 Aa	11,0 Aa	16,0 Aa
Cova	0,85	4,0 Aa	11,9 Aa	16,9 Aa
Cova	1,50	3,9 Aa	11,6 Aa	16,6 Aa
Cova	2,20	3,8 Aa	11,4 Aa	16,4 Aa
Cova	2,90	3,8 Aa	11,8 Aa	16,8 Aa
Cova	3,60	3,7 Aa	11,5 Aa	16,5 Aa
Irrigação	0,85	3,8 Aa	10,8 Aa	15,8 Aa
Irrigação	1,50	3,8 Aa	11,6 Aa	16,6 Aa
Irrigação	2,20	3,6 Aa	11,9 Aa	16,9 Aa
Irrigação	2,90	3,8 Aa	11,4 Aa	16,4 Aa
Irrigação	3,60	3,6 Aa	11,9 Aa	16,9 Aa
C.V.%	-	11,2	13,2	16,5

d.a.p. – dias após o plantio; C.V.% - Coeficiente de variação.

Médias seguidas de letras maiúsculas comparam as formas de aplicações do hidrogel, e médias seguidas de letras minúsculas comparam doses do polímero hidrotentor, onde médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Pode-se observar que no primeiro intervalo de 15 dias entre as avaliações as mudas obtiveram um incremento médio de 7,7 mm no diâmetro do caule quando comparado ao momento do plantio, contudo no segundo período o incremento foi menos expressivo com plantas apresentando cerca de 16,5 mm, um aumento de 5 mm apenas comparado com as mudas com 15 dias de plantio (11,5 mm). Com 30 dias após o plantio as mudas obtiveram cerca de 12,7 mm de incremento em diâmetro do caule.

### Número de ramos

Na Tabela 14 pode-se observar que não houve interação entre as formas de aplicação do hidrogel e as doses do polímero. Pode-se notar a rápida emissão de ramos pelas plantas de *Eucalyptus grandis*, onde aos 15 dias após o plantio as mudas

apresentavam 14 ramos e aos 30 dias 29 ramos, um crescimento de cerca de 14 ramos entre cada avaliação.

Tabela 14. Número de ramos em plantas de *E. grandis* em resposta as formas de aplicação de hidrogel e diferentes doses de polímero Hydrosolo H<sup>TM</sup>.

Forma de aplicação	Quantidade do polímero g planta <sup>-1</sup>	Nº. ramos no plantio	Nº. ramos 15 d.a.p.	Nº. ramos 30 d.a.p.
-	0	1	13 Ab	28 Ab
Cova	0,85	1	14 Aa	29 Aa
Cova	1,50	1	14 Aa	29 Aa
Cova	2,20	1	14 Aa	29 Aa
Cova	2,90	1	14 Aa	29 Aa
Cova	3,60	1	14 Aa	29 Aa
Irrigação	0,85	1	14 Aa	29 Aa
Irrigação	1,50	1	14 Aa	29 Aa
Irrigação	2,20	1	14 Aa	29 Aa
Irrigação	2,90	1	14 Aa	29 Aa
Irrigação	3,60	1	14 Aa	29 Aa
C.V.%	-	0	1,6	5,5

d.a.p. – dias após o plantio; C.V.% - Coeficiente de variação. Médias seguidas de letras maiúsculas comparam as formas de aplicações do hidrogel, e médias seguidas de letras minúsculas comparam doses do polímero hidroretentor, onde médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Houve diferença significativa entre as doses do polímero independente da forma de aplicação e da época de avaliação, onde quando o hidrogel foi utilizado houve o desenvolvimento de um ramo a mais com relação ao tratamento controle.

### Índice de Cor Verde - ICV

Para o Índice de Cor Verde nas folhas das mudas de *E. grandis* houve efeito significativo para as doses do polímero aplicados tanto aos 15 como aos 30 dias após o plantio, onde pode-se observar na Tabela 15 que a aplicação via irrigação proporcionou folhas mais verdes quando comparado aos tratamentos que receberam o hidrogel via cova. Aos 15 dias após o plantio das mudas com hidrogel na cova apresentavam leitura do índice SPAD em cerca de 48,85, enquanto que as mudas com

hidrogel na superfície apresentavam cerca de 50, aproximadamente 2,3% a mais. Contudo diferença semelhante foi observada aos 30 dias após o plantio, onde o índice de cor verde nas folhas apresentava 49,93 e 51,09 para a aplicação via cova e via irrigação respectivamente.

Nota-se na Tabela 15 que no momento do plantio as mudas apresentaram certa padronização quanto à coloração das folhas.

Entretanto após 15 dias a aplicação de diferentes doses do polímero proporcionou efeitos significativos no ICV, onde o maior índice SPAD avaliado foi observado quando se aplicou a dose de 2,2 a 2,9 g.planta<sup>-1</sup> do polímero. Tal fato também ocorreu aos 30 dias após o plantio das mudas.

Pôde-se observar que no momento do plantio as mudas de *E. grandis* apresentaram em média 33 unidades SPADs enquanto que mudas de *E. urophylla* produzidas por Oliveira Júnior et al. (2011) em viveiro em resposta a 12 formulações de substratos apresentaram índices SPAD entre 21 e 29,7, demonstrando mudas em melhor estado nutricional.

Tabela 15. Índice de Cor Verde (ICV) em folhas de plantas de *E. grandis* em resposta as formas de aplicação de hidrogel e diferentes doses de polímero Hydrosolo H<sup>TM</sup>.

Forma de aplicação	Quantidade do polímero g planta <sup>-1</sup>	ICV no momento do plantio	ICV 15 d.a.p.	ICV 30 d.a.p.
-	0	33,4 Aa	48,8 Ab	49,9 Ab
Cova	0,85	33,8 Aa	48,7 Ab	49,5 Ab
Cova	1,50	33,7 Aa	48,6 Ab	50,0 Ab
Cova	2,20	33,9 Aa	48,5 Aab	49,5 Aab
Cova	2,90	35,0 Aa	48,4 Aab	49,4 Aab
Cova	3,60	33,3 Aa	50,3 Aa	51,3 Aa
Irrigação	0,85	34,8 Aa	48,8 Ab	49,8 Ab
Irrigação	1,50	34,2 Aa	48,7 Ab	49,7 Ab
Irrigação	2,20	34,2 Aa	51,4 Aab	52,4 Aab
Irrigação	2,90	33,9 Aa	50,3 Aab	51,3 Aab
Irrigação	3,60	34,6 Aa	51,2 Aa	52,2 Aa
C.V.%	-	6,5	6,2	6,0

d.a.p. – dias após o plantio; ICV – Índice de Cor Verde; C.V.% - Coeficiente de Variação.

Médias seguidas de letras maiúsculas comparam as formas de aplicações do hidrogel, e médias seguidas de letras minúsculas comparam doses do polímero hidrorretentor, onde médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os dados obtidos neste estudo são semelhantes aos descritos por Fernandes (2012), onde para os clones de eucalipto VM01 (híbrido de *E. urophylla* x *E. camaldulensis*), VCC0865 (híbrido de *E. urophylla* x *E. grandis*), AEC0144 (*E. urophylla*) e AEC0224 (*E. urophylla*) observou respectivamente índices SPAD na ordem de 40; 42; 45 e 45, enquanto que se pôde observar na Tabela 15 que o polímero proporcionou as mudas um ICV em média de 50 SPADs.

### Porcentagem de sobrevivência

Na Tabela 16 pôde-se observar que houve diferenças estatísticas para as doses do polímero aplicadas e não houve interação entre as formas de aplicação.

Tabela 16. Porcentagem de sobrevivência de plantas de *E. grandis* em resposta a formas de aplicação de hidrogel e diferentes doses de polímero Hydrosolo H™.

Forma de aplicação	Quantidade do polímero g planta <sup>-1</sup>	Sobrevivência de mudas - %
-	0	98,8 Ac
Cova	0,85	98,8 Ac
Cova	1,50	99,4 Ab
Cova	2,20	99,4 Ab
Cova	2,90	98,8 Ac
Cova	3,60	99,4 Ab
Irrigação	0,85	99,4 Ab
Irrigação	1,50	99,4 Ab
Irrigação	2,20	100 Aa
Irrigação	2,90	100 Aa
Irrigação	3,60	100 Aa
C.V.%	-	3,2

C.V.% - Coeficiente de variação. Médias seguidas de letras maiúsculas comparam as formas de aplicações do hidrogel, e médias seguidas de letras minúsculas comparam doses do polímero hidrorretentor, onde médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Houve uma maior porcentagem de sobrevivência das plantas quando se aplicou o hidrogel, onde as doses mais elevadas proporcionaram 100% de sobrevivência, enquanto que via cova foram em média de 99,2% e o tratamento controle

98,8%. Desta maneira o tratamento controle apresentou mortalidade de 20 plantas por hectare e 13 plantas por hectare quando cultivados com hidrogel na cova. Tais resultados são semelhantes aos observados por Wofford Júnior (1991) e Buzetto et al. (2002) onde o hidrogel aplicado em pós-plantio foi capaz de aumentar a taxa de sobrevivência de *E. urophylla*. Contudo, Callagham et al. (1989); Pinto et al. (2008) e Satishchandra (2012) também observaram a sobrevivência de 100% das mudas de Eucalipto com a utilização de hidrogel. Entretanto Empresas, (2007) observou a sobrevivência média das mudas de eucalipto em 98,4% com a utilização de hidrogel e realizando a reidratação do polímero ao início de sintomas de deficiência hídrica, porém esta taxa de sobrevivência é inferior a que pôde ser observada neste estudo (Tabela 16) para o tratamento controle que foi de 98,8% de mudas sobreviventes.

### Número de irrigações realizadas

Na Tabela 17 pode-se notar o número de irrigações realizadas no ensaio experimental em resposta a formas de aplicação de hidrogel e diferentes doses de polímero

Tabela 17. Número de irrigações realizadas no ensaio experimental em resposta a formas de aplicação de hidrogel e diferentes doses de polímero Hydrosolo H<sup>TM</sup>.

Forma de aplicação	Quantidade do polímero g planta <sup>-1</sup>	Número de irrigações realizadas
-	0	7 Ad
Cova	0,85	5 Ac
Cova	1,50	5 Ac
Cova	2,20	4 Ab
Cova	2,90	4 Ab
Cova	3,60	3 Aa
Irrigação	0,85	5 Ac
Irrigação	1,50	5 Ac
Irrigação	2,20	4 Ab
Irrigação	2,90	4 Ab
Irrigação	3,60	3 Aa
C.V.%	-	5

C.V.% - Coeficiente de variação. Médias seguidas de letras maiúsculas comparam as formas de aplicações do hidrogel, e médias seguidas de letras minúsculas comparam doses do

polímero hidroretentor, onde médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Nota-se claramente como a utilização do polímero independente da forma de aplicação reduziu o número necessário de irrigações para reposição do teor de água no solo, onde quando se aplicou a dose de 3,6 g planta<sup>-1</sup> do polímero foi necessário apenas 3 irrigações, ou seja, a irrigação no momento do plantio e mais duas de reposição de água, enquanto que no tratamento controle foram necessárias 7 irrigações no total, havendo assim uma redução de 4 irrigações (57%) necessárias durante o período crítico para o pegamento das mudas de *E. grandis* que é de 30 dias após o plantio.

### Intervalo de dias entre as irrigações

Pode-se observar na Tabela 18 o intervalo de dias entre as irrigações em função das formas de aplicação de hidrogel e diferentes doses de polímero.

Tabela 18. Intervalo de dias entre as irrigações da cultura de *E. grandis* em função das formas de aplicação de hidrogel e diferentes doses de polímero Hydrosolo H<sup>TM</sup>.

Forma de aplicação	Quantidade do polímero g planta <sup>-1</sup>	Número de dias sem irrigações
-	0	4 Ad
Cova	0,85	5 Ac
Cova	1,50	5 Ac
Cova	2,20	7 Ab
Cova	2,90	8 Ab
Cova	3,60	9 Aa
Irrigação	0,85	5 Ac
Irrigação	1,50	5 Ac
Irrigação	2,20	8 Ab
Irrigação	2,90	8 Ab
Irrigação	3,60	10 Aa
C.V.%	-	5,2

C.V.% - Coeficiente de variação. Médias seguidas de letras maiúsculas comparam as formas de aplicações do hidrogel, e médias seguidas de letras minúsculas comparam doses do polímero hidroretentor, onde médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Com o aumento da dose do polímero no solo houve um aumento no período entre as operações de irrigação (Tabela 18), onde quando aplicado o hidrogel via irrigação o período entre as regas foi de 10 dias e via cova 9 enquanto que para o tratamento controle foi de apenas 4 dias ocorrendo assim respectivamente um aumento de 6 dias e 5 dias necessários para se realizar uma nova rega quando comparado ao controle.

Empresas (2007) relata que para a cultura do eucalipto implantada com a aplicação de hidrogel quando não há ocorrência de precipitação realizou apenas uma irrigação 15 dias após o plantio, entretanto pôde-se observar que na Tabela 18 que para as condições em que este estudo foi realizado foi necessário realizar a reposição de água as mudas entre 5 e 10 dias. Narjary et al., (2012) relata que em solos aluviais e vermelho franco-arenoso, com a aplicação de hidrogel foram necessárias irrigações entre 7 a 15 dias após o plantio. Tal fato pode estar relacionado com a capacidade de retenção de água dos polímeros utilizados nos estudos e da pluviosidade do local.

Empresas (2007) ainda relata que mudas sem a adição de hidrogel necessitam de irrigação a cada 3 a 5 dias após o plantios, dados estes que corroboram com o observado no tratamento controle que recebeu reposições de água a cada 4 dias.

### **Volume de água aplicado por planta e por hectare**

Nota-se na Tabela 19 a expressiva economia de água por hectare com a aplicação do hidrogel. Onde, quanto maior a quantidade do polímero aplicado ao solo maior foi a economia hídrica. O tratamento controle consumiu cerca de 32 m<sup>3</sup> de água por hectare enquanto que com a aplicação do polímero via cova este volume foi reduzido a 13,5 m<sup>3</sup>, uma economia de 18,5 m<sup>3</sup> (58%). Mesmo sem interação entre os modos de aplicação do hidrogel pôde-se observar que o polímero apresentou melhor eficiência quando aplicado via cova, pois na maior dose aplicada o consumo de água por hectare foi de 13,5 m<sup>3</sup> enquanto que via irrigação o consumo foi de 18 m<sup>3</sup>, uma redução de 4,5 m<sup>3</sup> hectare<sup>-1</sup> (25%).

Com o aumento da quantidade do polímero no solo menor foi o volume de água aplicado por planta, onde o tratamento controle necessitou de 19,3 litros de água durante os 30 dias do ensaio experimental, enquanto que com a utilização do polímero este volume foi reduzido para 8,1 litros por planta com a aplicação de 3,6 g planta<sup>-1</sup> do produto via cova, uma economia de 11,2 litros (58%).

Viero et al. (2002) em ensaio com hidrogeis no plantio de mudas de *Cupressus arizonica* observou uma economia no uso de água de 1/3 do volume com relação ao tratamento controle. Tal comportamento foi semelhante ao observado neste estudo, pois o controle recebeu cerca de 32 m<sup>3</sup> de água por hectare, enquanto que as mudas que receberam maior dose do polímero via cova precisaram de cerca de 13 m<sup>3</sup> de água.

Tabela 19. Volume de água aplicado por planta e por hectare de *E. grandis* em função das formas de aplicação de hidrogel e diferentes doses de polímero Hydrosolo H<sup>TM</sup>.

Forma de aplicação	Quantidade do polímero g planta <sup>-1</sup>	Litros de água aplicado por planta	Volume de água aplicado m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>
-	0	19,3 Ad	32,2 Ad
Cova	0,85	12,5 Ac	20,8 Ac
Cova	1,50	12,9 Ac	21,5 Ac
Cova	2,20	10,3 Ab	17,2 Ab
Cova	2,90	10,7 Ab	17,8 Ab
Cova	3,60	8,1 Aa	13,5 Aa
Irrigação	0,85	13,1 Ac	21,8 Ac
Irrigação	1,50	14,0 Ad	23,3 Ac
Irrigação	2,20	11,9 Ac	19,8 Ab
Irrigação	2,90	12,9 Ac	21,5 Ac
Irrigação	3,60	10,8 Ab	18,0 Ab
C.V.%	-	7,2	7,2

C.V.% - Coeficiente de variação. Médias seguidas de letras maiúsculas comparam as formas de aplicações do hidrogel, e médias seguidas de letras minúsculas comparam doses do polímero hidrotentor, onde médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

### Valor (R\$) operacional de irrigação

Na Tabela 20 pode-se observar que os valores (R\$) operacionais da irrigação foram iguais para cada dose do polímero independente da forma de aplicação devido ao mesmo número de operações realizadas. Nota-se que o valor operacional das irrigações no tratamento controle foi de R\$1.400,00 por hectare enquanto que com a

aplicação da maior dose do polímero o custo foi reduzido para R\$600,00 por hectare, uma economia de R\$800,00 por hectare (57%).

Tabela 20. Valor (R\$) por hectare da aplicação do polímero Hydrosolo H<sup>TM</sup> no ensaio experimental em um solo arenoso no município de Itatinga/SP, 2012.

Forma de aplicação	Quantidade do polímero g planta <sup>-1</sup>	Número de irrigações realizadas	Custo operacional R\$ ha <sup>-1</sup>
-	0	7	1400,00 Ad
Cova	0,85	5	1000,00 Ac
Cova	1,50	5	1000,00 Ac
Cova	2,20	4	800,00 Ab
Cova	2,90	4	800,00 Ab
Cova	3,60	3	600,00 Aa
Irrigação	0,85	5	1000,00 Ac
Irrigação	1,50	5	1000,00 Ac
Irrigação	2,20	4	800,00 Ab
Irrigação	2,90	4	800,00 Ab
Irrigação	3,60	3	600,00 Aa
C.V.%	-	-	3,3

C.V.% - Coeficiente de variação. Médias seguidas de letras maiúsculas comparam as formas de aplicações do hidrogel, e médias seguidas de letras minúsculas comparam doses do polímero hidroretentor, onde médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A redução dos custos operacionais na implantação da cultura do eucalipto devido à utilização do polímero hidroretentor também foi observada por Empresas (2007), pois o hidrogel proporcionou maior intervalo entre as irrigações e assim números menores de irrigações.

### Valor (R\$) do polímero

Na Tabela 21 pode-se notar que os valores (R\$) do polímero Hydrosolo H<sup>TM</sup> por planta e hectare de cultivo do *E. grandis* aumentaram proporcionalmente com o aumento da dose do polímero aplicado, onde com a aplicação da

maior dose (3,60 g planta<sup>-1</sup>) teve-se um custo com o produto de R\$208,30 por hectare, ou seja, R\$0,12 por planta.

.Tabela 21. Valor (R\$) do polímero Hydrosolo H<sup>TM</sup> por planta e por hectare no ensaio experimental em solo arenoso no município de Itatinga/SP, 2012.

Forma de aplicação	Quantidade do polímero g planta <sup>-1</sup>	Valor polímero R\$ planta <sup>-1</sup>	Valor polímero R\$ ha <sup>-1</sup>
-	0	0,00 Aa	0,0 Aa
Cova	0,85	0,03 Ab	49,6 Ab
Cova	1,50	0,05 Ac	89,3 Ac
Cova	2,20	0,08 Ad	128,9 Ad
Cova	2,90	0,10 Ae	168,6 Ae
Cova	3,60	0,12 Af	208,3 Af
Irrigação	0,85	0,03 Ab	49,6 Ab
Irrigação	1,50	0,05 Ac	89,3 Ac
Irrigação	2,20	0,08 Ad	128,9 Ad
Irrigação	2,90	0,10 Ae	168,6 Ae
Irrigação	3,60	0,12 Af	208,3 Af
C.V.%	-	4,7	4,7

C.V.% - Coeficiente de variação. Médias seguidas de letras maiúsculas comparam as formas de aplicações do hidrogel, e médias seguidas de letras minúsculas comparam doses do polímero hidroretentor, onde médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Pôde-se observar o baixo custo por planta e por hectare do polímero, tal observação também foi descrita por Maldonado-Benitez (2010), onde relata que além do custo, o produto é uma ferramenta de fácil utilização. Entretanto segundo Gervásio e Frizzone (2004) o custo do polímero pode ficar elevado, pois, estudando um polímero hidroretentor observaram que o desempenho de eficiência em campo são bem inferiores aos constatados em laboratório.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O polímero ao ser misturado à água não altera a densidade da mesma.

Observa-se na prática que as maiores doses do polímero devem ser misturadas lentamente a água, pois a rápida adição do polímero na água causa uma expansão acelerada das cadeias poliméricas que não se expandem de forma adequada e transforma a água de meio líquido para sólido.

O polímero demonstrou grande relação benefício x custo, pois a sua aplicação favoreceu 100% de sobrevivência das mudas após 30 dias do plantio; reduziu em 57% o número de irrigações necessárias para promover o povoamento florestal; aumentou o intervalo entre as irrigações, passando de 4 para a cada 10 dias; redução significativa no consumo de água para irrigação tanto em hectare como por muda, ocorrendo uma economia de 58% ( $18,3 \text{ m}^3 \text{ hectare}^{-1}$ ); o custo operacional de irrigação foi reduzido a mais da metade (57%), passando de R\$1.400,00 para R\$600,00.

A utilização do polímero hidroretentor a base de acrilamida de potássio se mostrou uma ferramenta de fácil aplicação e economicamente viável para a cultura de *E. grandis* cultivado em solo arenoso em período de estiagem, além de promover maior retenção de água no solo por até 10 dias para a planta sem haver irrigação

## **6 CONCLUSÕES**

1 - As características físico-químicas do polímero hidro retentor foram comprovadas com os dados divulgados pelo fabricante.

2 - Recomenda-se a dose de 3,6 g por planta de polímero, independente da forma de aplicação utilizada.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABD EL-MOHDY, H. L.; SAFRANY, A. Preparation of fast response superabsorbent hydrogels by radiation polymerization and crosslinking of N-isopropylacrylamide in solution . **Radiation Physics and Chemistry**, n.77, p.273-279, 2008.

ABEDI-KOUPAI, J.; ASADKAZEMI, J. Effects of a Hydrophilic Polymer on the Field Performance of an Ornamental Plant (*Cupressus arizonica*) under Reduced Irrigation Regimes. **Iranian Polymer Journal**, v.15, n.9, p.715-725, 2006.

ABEDI-KOUPAI, J.; SOHRAB, F.; SWARBRICK, G. Evaluation of Hydrogel Application on Soil Water Retention Characteristics. **Journal of Plant Nutrition**, v.31, n.2, p.317-331, 2008.

ABEDI-KOUPAI, J.; ESLAMIAN, S. S.; KAZEMI, J. A. Enhancing the available water content in unsaturated soil zone using hydrogel, to improve plant growth indices. **Ecohydrology and Hydrobiology**, v.8, n.1, p. 67-75, 2008.

ABRAF Anuário estatístico da ABRAF 2010 ano base 2009. **ABRAF** - Brasília, 140p., 2010.

ABRAF Anuário estatístico da ABRAF 2012 ano base 2011. **ABRAF**. - Brasília: 150p., 2012.

ADAMS, J.C.; LOCKABY, B. G. Commercially produced superabsorbent material increases water-holding capacity of soil medium. **Tree Planters' Notes**, n.38, p.24-25, 1987.

AJALA, M. C. **Efeito do volume do recipiente na formação de mudas e de hidrogel na implantação de *Jatropha curcas* L.** Dissertação de mestrado em Agronomia. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Marechal Cândido Rondon, 2009.

AKELAH, A.; KENAWY, E. R.; SHERRINGTON, D. C. Hydrolytic release of herbicides from modified polyamides of tartrate derivatives. **Eur. Polym. J.**, v.31, n.9, p.903-909, 1995.

AKHTER, J., MAHMOOD, K., MALIK, A., MARDAN, A., AHMAD, M., IQBAL, M.M. Effects of hydrogel amendment on water storage of sandy loam and loam soils and seedlings growth of barley, wheat and chickpea. **Plant Soil Environ.**, v.50, n.10, p.463-469, 2004.

ALBUQUERQUE FILHO, J. A. C.; LIMA, V. L. de; MENEZES, D.; AZEVEDO, C. A. V.; DANTAS NETO, J. SILVA JÚNIOR, J. G. da Características vegetativas do coentro submetido a doses do polímero hidroabsorvente e lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n.6, p.671-679, 2009.

AL-HUMAIID, A.I. Effects of Hydrophilic Polymer on the Survival of Bottonwood (*Conocarpus erectus*) Seedlings Grown under Drought Stress. **European Journal of Horticultural Science**, n.3, 2005.

ALVES, M. E. B. **Disponibilidade e demanda hídrica na produtividade da cultura do eucalipto.** Tese de Doutorado - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 136 f., 2009.

ANDRY, H.; YAMAMOTO, T.; IRIE, T.; MORITAN, S.; INOUE, M.; FUJIYAMA, H. Water retention, hydraulic conductivity of hydrophilic polymers in sandy soil as affected by temperature and water quality. **Journal of Hydrology**, v.373, p.177-183, 2009.

ANJOS, J. B. dos; SILVA, M. S. L. da; LOPES, P. R. C. **Efeito da adição de hidroretentores de água em argissolo amarelo eutrófico.** Petrolina-PE, 2001. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/134456/1/OPB61.pdf>> Acessado em: 15/10/12.

ARAÚJO, G. L.; MORAES, W. B.; CAMARA, G. R. CAZOTI, M. M.; NAZARIO, A. A.; REIS, E. F. dos Avaliação da matéria fresca da parte aérea do cafeeiro *Conilon robusta* tropical submetido a diferentes doses de um hidroretentor e diferentes intervalos de irrigação, em seu desenvolvimento inicial. **Anais do XIII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e IX Encontro Latino Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale do Paraíba.** Disponível em:

<[http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC\\_2009/anais/arquivos/0826\\_1051\\_01.pdf](http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2009/anais/arquivos/0826_1051_01.pdf)>  
Acessado em: 10/10/2012.

ARBONA, V.; IGLESIAS, D. J.; JACAS, J.; MILLO, E. P.; CADENAS, A. G. Hydrogel substrate amendment alleviates drought effects on Young citrus plants. **Plant and Soil**, n.270, p.73-82, 2005.

AUSTIN, M. E.; BONDARI, K. Hydrogel as a field medium amendment for blueberry plants. **HortScience**, n.27, p.973-974, 1992.

AZ INSTRUMENT Disponível em: <<http://www.az-instrument.com.tw/en/productsinfo/105.html>> Acessado em 05/10/2012.

AZEVEDO, T. L. F.; BERTONHA, A.; GONÇALVES, A. C. A. Uso de hidrogel na agricultura. **Revista do Programa de Ciências Agro-Ambientais**. Alta Floresta, v.1, n.1, p. 23-51, 2002.

AZEVEDO, T. L. F. BERTONHA, A.; FREITAS, P. S. L.; REZENDE, R.; DALLACORT, R.; BERTONHA, L. C. Retenção de soluções de sulfatos por hidrogel de policrilamida. Maringá,PR. **Acta Sci. Agron.**, v. 28, n. 2, p. 287-290, 2006.

AZZAM, R. A. I. Polymeric conditioner gels for desert soils. **Communication Soil Science Plant**, v.14, p.739-760, 1983.

BAASIRI, M.; RYAN, J.; MUCKEIH, M.; HARIH, S. N. Soil application of a hydrophilic conditioner in relation to moisture, irrigation frequency and crop growth. **Soil Science**, v.17, p.573-589, 1986.

BAKASS, M.; MOKHLISSE, A.; LALLEMANT, M. Absorption and desorption of liquid water by a superabsorbent polyelectrolyte: Role of polymer on the capacity for absorption of a ground. **Journal of Applied Polymer Science**, n.82, p.1541-1548, 2001.

BAKER, S.W. The use of amendment materials to improve Grass establishment on a polypropylene, needle punched reinforcement. **Journal of Sports Turf Research Institute**, n.66, p.76-88, 1990.

BAKER, S.W. The effect of polyacrylamide copolymer on the performance of *Lolium perenne* L. turf grown on a sand rootzone. **Journal of Sports Turf Research Institute**, n.67, p.66-82, 1991.

BARBOSA, T. C. **Tamanhos de recipientes e o uso de hidrogel no estabelecimento de mudas de espécies florestais nativas.** Dissertação de mestrado (Recursos Florestais – Conservação de Ecossistemas Florestais), Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba-SP, 111 f., 2011.

BARTNIK, C. Wpływ hydrozelu Alscorb na przeżywalność siewek i sadzonek sosny pospolitej w warunkach suszy. [The influence of hydrogel on the survival rate of seedlings and the plants of the *Pinus Syvestris* L. during drought]. In: **Studia i Materiały Centrum Edukacji Przyrodniczo-Lesnej** R. 10. Zeszyt, v.2, n.18, 2008.

BARVENIK, F.W., Polyacrylamide characteristics related to soil applications, **Soil Sci.**, n.158, p.235-243, 1994.

BENEDYCKA, Z., NOWAL G. Ekosorb jako źródło składników mineralnych dla roślin. [Ekosorb as a source of mineral compound for plants]. **Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych**, n.461, p.131-136, 1998.

BERNARDI, A. C. de C.; TAVARES, S. R. de L.; SCHMITZ, A. A. Produção de meloeiro utilizando um polímero hidrofílico em diferentes frequências de irrigação em casa-de-vegetação. **Irriga**, v.10, n.1, p.82-85, 2005.

BERNARDI, M. R.; SPEROTTO JÚNIOR, M.; DANIEL, O.; VITORINO, A. C. T. Crescimento de mudas de *Corymbia citriodora* em função do uso de hidrogel e adubação. **Cerne**, Lavras, v.18, n.1, p.67-74, 2012.

BERTOLA, A. **Eucalipto – 100 anos de Brasil:** Falem mal, mas continuem falando de mim. 89p., 2004. Disponível em: <[http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/Eucalipto\\_100%20anos%20de%20Brasil\\_Alexandre\\_Bertola.pdf](http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/Eucalipto_100%20anos%20de%20Brasil_Alexandre_Bertola.pdf)> Acessado em: 25/10/2012.

BEZERRA, M. N.; ALMEIDA NETO, M. P.; FEITOSA, J. P. A. Hidrogeis compósitos de copolímero acrilamida-acrilato e dolomita para aplicação na agricultura. **Anais do 9º Congresso Brasileiro de Polímeros**. Campina Grande-PB, 2007.

BHARDWAJ, A. K.; SHAINBERG, I.; GOLDSTEIN, D.; WARRINGTON, D. N.; LEVY, G. J. Water retention and hydraulic conductivity of cross-linked polyacrylamides in sandy soils. **SSSAJ**, v.71, n.2, 2007.

- BOURANIS, D.L., THEODOROPOULUS, A.G., DROSSOPOULUS, J.B. Designing synthetic polymers as soil conditioners. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, n.26, p.1455-1480, 1995.
- BOWMAN, D. C.; EVANS, R. Y. Calcium inhibition of polyacrylamide gel hydration is partially reversible by potassium. **HortScience**, v.26, n.8, p.1063-1065, 1991.
- BRES, W.; WESTON, L. A. Influence of gel additives on nitrate, ammonium, and water retention and tomato growth in a soilless medium. **Horticulture Science**, v.28, n.10, p.1005-1007, 1993.
- BRITO, C. W de Q.; CÂNDIDO, J. de S.; JUNIOR, J. B. A. da S.; NETO, M. P. de A.; FERNANDES, F. P.; SILVA, D. S.; RICARDO, N. M. P. S.; FEITOSA, J. P. A.; RODRIGUES, F. H. A. Efeito das variáveis de intumescimento dos hidrogéis compósitos de copolímero acrilamida-acrilato e caulinita. In: **Anais do 10º Congresso Brasileiro de Polímeros**. Foz do Iguaçu, PR. 2009.
- BROSETA, D.; MEDJAHED, F. Effects of substrate hydrophobicity on polyacrylamide adsorption. **Journal of Colloid and Interface Science**, n.170, p.457-465, 1995.
- BRUXEL, D.; SILVA, F. C.; LIMA, L. M. L.; LUZ, J. M. Q.; CARVALHO, J. O. M. Efeito de lâminas de irrigação e doses de um polímero hidroabsorvente sobre a produção de mudas de tomateiro grupo agroindustrial. **Horticultura Brasileira**, v.20, n.2, 2002.
- BUCHHOLZ, F. L.; PEPPAS, N. A.; Superabsorbent Polymers: Science and Technology. In: **ACS Symposium Series 573**; American Chemical Society: Washington, DC, p.38, 1994.
- BUCHHOLZ, F.L. The structure and properties of superabsorbent polyacrylates. In: BUCHHOLZ, F.L., GRAHAM, A.T. (Eds.), **Modern Super-absorbent Polymer Technology**. Wiley-VCH, New York, p.167-221, 1998.
- BUZETTO, F. A.; BIZON, J. M. C.; SEIXAS, F. Avaliação de polímero adsorvente à base de acrilamida no fornecimento de água para mudas de *Eucalyptus urophylla* em pós-plantio. Piracicaba: **IPEF**, 5 p., Circular Técnica 195, 2002.
- CALLAGHAN, T.V.; ABDELNOUR, H.; LINDLEY, D.K. The environmental crisis in the Sudan: The effect of water absorbing synthetic polymers on tree germination and early survival. **J. Arid Environ.**, n.14, p.301-317, 1988.

CALLAGHAN, T. V.; LINDLEY, D. K.; ALI, O. M.; ABD EL NOUR, H.; BACON, P. J. The effect of water-absorbing synthetic polymers on the stomatal conductance, growth and survival of transplanted *Eucalyptus nicrotheca* seedlings in the Sudan. **Journal of Applied Ecology**, n.26, p.663-672, 1989.

CAULFIELD, M. J.; QIAO, G. G.; SOLOMON, D. Some aspects of the properties and degradation of polyacrylamides. **Chem. Rev.**, n.102, p.3067-3084, 2002.

ÇAYKARA, T.; TURAN, E. Effect of the amount and type of the crosslinker on the swelling behavior of temperature-sensitive poly (N-tert-butylacrylamide-co-acrylamide) hydrogels. **Colloid and Polymer Science**, n.284, p.1038-1048, 2006.

CHAN, C. L.; JOYCE, D. C. Effects of urea formaldehyde foam soil amendment on growth and response to transient water deficit stress of potted *Flindersia schottiana* saplings. **Scientia Horticulturae**, n.114, p.112–120, 2007.

CHEN, P.; ZHANG, W.; LUO, W.; FANG, Y. Synthesis of Superabsorbent Polymers by Irradiation and Their Applications in Agriculture. **Journal of Applied Polymer Science**, v. 93, p.1748–1755, 2004.

CHOUDHARY, M. I.; SHALABY, A. A.; AL-ORNRAN, A. M. Water holding capacity and evaporation of calcareous soils as affected by four synthetic polymers. **Communications Soil Science Plant Anlagen**, v.26, n.13 e 14, p.2205-2215, 1995.

CLARISSE, M. D.; LUCAS, E. F. Avaliação da Interação Macromolécula/Íon Zn<sup>+2</sup> em Meio Aquoso: Poli(acrilamida-co-ácido acrílico) e Taninos. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v.10, n.3, p.162-169, 2000.

CRÓ, F. T. L. (Coordenador de Tecnologia e Meio Ambiente da empresa Eucatex). Comunicação pessoal, 2009.

DANEELS, P. **Terracottem horticulture test: tomato, carrot & lettuce**. University of Ghent. Belgica, 1993.

DAVIES, F. T.; CASTRO-JIMENEZ JUNIOR, Y. Water relations of *Lagerstromia indica* growth in amended media under drought stress. **Scientia Horticulturae**, n.41, p.97-104, 1989.

DEMARTELARES, A. C. F.; TEÓFILO, T. M. S.; LOPES, W. A. R.; GUIMARÃES, A. A.; MEDEIROS, D. C.; MEDEIROS, P. V. Q.; 2008. Efeito da utilização de um polímero

hidroabsorvente na produtividade do meloeiro sob diferentes lâminas de irrigação. In: **Anais do Congresso Brasileiro de Olericultura**, 48. Maringá: ABH. p. S5728-S5733(CD – ROM). Disponível em: <www.abhorticultura.com.br/>

DEVINE, D. M.; DEVERY, S. M.; LYONS, J. G.; GEEVER, L. M.; KENNEDY, J. E.; HIGGINBTHAM, C. L. Multifunctional polyvinylpyrrolidinone-polyacrylic acid copolymer hydrogels for biomedical applications. **International Journal of Pharmaceutics**, n.326, p.50-59, 2006.

DON, T. M.; HUANG, M. L.; CHIN, A. C.; KUO, K. H.; CHIU, W. Y.; CHIU, L. H. Preparation of thermo-responsive acrylic hydrogels useful for the application in transdermal drug delivery systems. **Materials Chemistry and Physics**, n.107, p.266-273, 2008.

DRANSKI, J. A. L. **Sobrevivência e crescimento inicial de pinhão-mansão em função da época de plantio e do uso de hidrogel**. Dissertação de mestrado. Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Campus de Marechal Cândido Rondon. 57 f., 2010.

DUSI, D. M. **Efeito da adição do polímero hidrorretentor na eficiência da adubação nitrogenada no crescimento de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk, em dois diferentes substratos**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Paraná – Curitiba, 82f., 2005.

EL-SHAFEI, Y.Z., AL-OMRAN, A.M., AL-DARBY, A.M., SHALABY, A.A. Influence of upper layer treatment of gel-conditioner on water movement in sandy soils under sprinkler infiltration. **Arid Soil Research and Rehabilitation**, n.6, p.217-231, 1992.

EMESIH, G.C., MOREINA, R.G., BARRUFET, M.A., Evaluation of modified starches for improved oil recovery, **Appl. Eng. Agric.**, n.15, p.237-242, 1999.

EMPRESAS adotam sistema de plantio com gel que aumenta a sobrevivência das mudas de eucalipto. In: **IPEF Notícias** - Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais – IPEF, Piracicaba, n.187, p.10, 2007.

ENTRY, J. A.; SOJKA, R. E. The efficiency of polyacrylamide to reduce nutrient movement from an irrigated field. **Trans ASAE**, n.46, p.75-83, 2003.

FERNANDES, E. R. P. **Hidrogel e turno de rega no crescimento inicial de eucalipto**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. Diamantina-MG, 35f., 2010.

FERNANDES, E. T. **Fotossíntese e crescimento inicial de clones de Eucalipto sob diferentes regimes hídricos.** Dissertação de mestrado em Agronomia. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 113 f., 2012.

FIGULY, G. D.; ROYCE, S. D.; KHASAT, N. P.; SCHOCK, L. E.; WU, S. D.; DAVIDSON, F.; CAMPBELL, G. C., JR.; KEATING, M. Y.; CHEN, H. W.; SHIMSHIK, E. J.; FISHER, R. T.; GRIMMINGER, L. C.; THOMAS, B. E.; SMITH, L. H.; GILLIES, P., J. Preparation and characterization of Novel Poly (alkylamine)-Based Hydrogels Designed for Uses as Bile Acid Sequestrants. **Macromolecules**, n.30, p.6174-6184, 1997.

FILGUEIRAS, G. C.; MOTA JUNIOR, K. J. A. da; SILVA, R. P. da; BENTES, E. S. Análise e perspectiva para o desenvolvimento da sivilicultura no Estado do Pará. **Amazônia: Ci. & Desenv.**, Belém, v.7, n.13, 2011.

FLANNERY, R.L., BUSSCHER, W.J. Use of synthetic polymer in potting soils to improve water holding capacity. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, n.13, p.103-111, 1982.

FONTENO, W. C.; BILDERBACK, T. E. Impact of hydrogel on physical properties of coarsestructured horticultural substrates. **Journal American Society Horticulture Science**, v.118, n.2, p.217-22, 1993.

FURUTA, T.; AUTIO, R. Hydrophilic polymers in potting soil mixtures. **Calif. Agric.**, n.42, p.19, 1988.

GARY, A. L.; LENTZ, R. D.; KINCAID, D. C. Polymer and sprinkler droplet energy effects on sugar beet emergence, soil penetration resistance, and aggregate stability. **Plant and Soil**, n.273, p.1-13, 2005.

GERVÁSIO, E. S. **Efeito da lâmina de irrigação e doses de condicionadores, associados a diferentes tamanhos de tubetes, na produção de mudas de café.** Tese de Doutorado. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - Universidade de São Paulo, Piracicaba. 105f., 2003.

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

- GHEHSAREH, M. G.; KHOSH-KHUI, M.; ABEDI-KOUPAI, J. Effects of superabsorbent polymer on water requirement and growth indices of *Ficus benjamina* L. 'Starlight'. **Journal of Plant Nutrition**, n.33, p.785-795, 2010.
- GOEBEL, M. O.; BACHMANN, J.; WOCHE, S. K.; FISCHER, W. R. Soil wettability, aggregate stability, and the decomposition of soil organic matter. **Geoderma**, n.128, p.80-93, 2005.
- GOMES, E. C. **Avaliação de doses do polímero "hidratassolo" na produção de mudas de Sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth) sob diferentes frequências de irrigação, em dois do Cariri Cearense**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 46f. 2006.
- GONÇALVES, J. L. M.; WICHERT, M. C. P.; LEITE, R.; CAVAGLIERI, V. S.; TELLES, V.; VAZ, I. A. T. **Formas de aplicação de gel absorvente e seu efeito no crescimento inicial e sobrevivência de mudas de eucalipto em solos arenoso na região de Altinópolis-SP**. Piracicaba: PTSM-IPEF, 16 p., 2004.
- GREEN, C. H.; FOSTER, C.; CARDON, G. E.; BUTTERS, G. L.; BRICK, M.; OGG, B. Water release from cross-linked polyacrylamides. In **Conf. Proc. Annu. Hydrol. Days**, 24th, Ft. Collins, CO. p. 252-260, 2004. Am. Geophys. Union, Washington, DC.
- HADAM, A.; WROCHNA, M.; KARACZUN, Z. Effect of hydrogel on the turf grass species growing under salt stress. *Ann. Warsaw Univ. of Life Sci. – SGGW, Land Reclam.*, v.43, n.1, 2011.
- HAFLE, O. M.; CRUZ, M. do C. M.; RAMOS, J. D.; RAMOS, P. S.; SANTOS, V. A. Produção de mudas de maracujazeiro-doce através da estaquia utilizando polímero Hidrorretentor. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.3, n.3, p.232-236, 2008.
- HARTMANN, R.; VERPLANCKE, H.; BISHAY, B. G. Study of the water repellency of soils under citrus trees in Egypt, and means of improvement. **Mededelingen Van De Faculteit Landbouwwetenschappen, Rijksuniversiteit Gant**, n.41, p.201-208, 1976.
- HEISKANEN, J. Effect of peat-based two-component growth media on the growth of containerized Scots pine seedlings. **Suo.**, n.45, p.17-29, 1994.
- HENDERSON, J. C.; HENSLEY, D. L. Ammonium and nitrate retention by a hydrophilic gel. **Horticulture Science**, v.20, n.4, p.667-667, 1985.

- HENDERSON, J. C.; HENSLEY, D. L. Efficacy of a hydrophilic gel as a transplant aid. **Horticulture Science**, v.21, n.4. p.991-992, 1986.
- HUSSIEN, R. A.; DONIA, A. M.; ATIA, A. A.; EL-SEDFY, O. F.; EL-HAMID, A. R. A.; RASHAD, R. T. Studying some hydro-physical properties of two soils amended with kaolinite-modified cross-linked poly-acrylamides. **Catena**, n.92, p.172-178, 2012.
- HUTTERMANN, A.; ZOMMORODI, M.; REISE, K. Addition of hydrogels to soil for prolonging the survival of *Pinus halepensis* seedlings subjected to drought. **Soil & Tillage Research**, n.50, p.295-304, 1999.
- INGRAM, D. L., YEAGER, T. H. Effects of irrigation frequency and a water absorbing polymer amendment on *Ligustrum* growth and moisture retention by a container medium. **J. Environ. Hortic.**, n.5, p.19-21, 1987.
- JAMES, E. A.; RICHARDS, D. The influence of iron source on the water-holding properties of potting media amended with water-absorbing polymers. **Scientia Horticulturae**, v.28, p.201-208, 1986.
- JIAN, H.; ZHIMING, H.; YONGZHONG, B.; ZHIXUE, W. Thermosensitive poly (Nisopropylacrylamide-co-acrylonitrile) hydrogels with rapid response. **Chinese Journal of Chemical Engineering**, n.14, p.87-92, 2006.
- JOHN, B.; YAMASHITA, T.; LUDWIG, B.; FLESSA, H. Storage of organic carbon in aggregate and density fractions of silty soils under different types of land use. **Geoderma**, n.128, p.63-79, 2005.
- JOHNSON, M. S. Effect of soluble salts on water absorption by gel-forming soil conditioners. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, n.35, p.1063-1066, 1984a.
- JOHNSON, S. J. The effects of gel-forming polyacrylamides on moisture storage in sandy soils. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, n.35, p.1196-1200, 1984b.
- JOHNSON, M. S.; VELTKAMP, C. J. Structure and functioning of water-storing agricultural polyacrylamides. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, n.36, p.789-793, 1985.
- KAZANSKII, K.S.; DUBROVSKII, S.A. Chemistry and physics of agricultural hydrogels. **Adv. Polymer Sci.**, v.104, p.97-133, 1992.

KEEVER, G. J.; COBB, G. S.; STEPHENSON, J. C.; FOSTER, W. J. Effect of hydrophilic polymer amendment on growth of container grown landscape plants. **J. Environ. Hortic.**, n.7, p.52-56, 1989.

KOBAYASHI, T. KOBUNSHI, Structure and properties of super-absorbent polymers. **CODEN: KOBUA3**; n.36, p.612, 1987.

LAMANNA, D. M.; CASTELNUOVO, G. D. Compost-based media as alternative to peat on ten pot ornamentals. **Acta Hortic.**, n.294, p.125-129, 1991.

LAMONT, G.P.; O'CONNELL, M.A. Shelf-life of bedding plants as influenced by potting media and hydrogels. **Scientia Horticulturae**, v.31, p.141-149, 1987.

LECIEJEWSKI, P. Wpływ wielkości dodatku hydrogelu na zmiany uwilgotnienia i tempo przesychania gleby piaszczystej w warunkach laboratoryjnych. [The influence of the hydrogel addition on the changes of the sandy soils moisture and the dynamics of soil drying in the laboratory conditions]. In: **Studia i Materiały Centrum Edukacji PrzyrodniczoLesnej**, R. 10. Zeszyt, v.2, n.18, 2008.

LECIEJEWSKI, P. The effect of hydrogel additives on the water retention curve of Sandy soil from Forest nursery in Julinek. **Journal Water Land Development**, n.13, p.239-247, 2009.

LIMA, L. M. L.; TEODORO, R. E. F.; FERNANDES, D. L. CARVALHO, H. P.; MENDONÇA, F. C.; CARVALHO, J. O. M. Produção de mudas de café sob diferentes lâminas de irrigação e doses de um polímero hidroabsorvente. **Biosei. J.**, Uberlândia, v.19, n.3, p.27-30, 2003.

LIN, C.; METTERS, A. T. Hydrogels in controlled release formulations: Network design and mathematical modeling. **Science Direct**, n.58, p.1379-1408, 2006.

LIU, F.; DU, Z.; MA, H.; MA, B.; XING, S.; JING, D. Effects of super-absorbent polymer on dry matter accumulation and nutrient uptake of *Pinus pinaster* container seedlings. **Journal of Forest Research**, v.17, p.1-8, 2012.

LOPES, J. L.W.; SILDA, M. R. da; SAAD, J. C. C.; ANGÉLICO, T. S. Uso de hidrogel na sobrevivência de mudas de *Eucalyptus urograndis* produzidas com diferentes substratos e manejos hídricos. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.20, n.2, p.217-224, 2010.

LUCERO, M. E.; DREESEN, D. R.; VANLEEUEWEN, D. M. Using hydrogel filled, embedded tubes to sustain grass transplants for arid land restoration. **Journal of Arid Environments**, n.74, p.987-990, 2010.

MAEDA, H. et al. **Report of the Institute for Civil Engineering of Japan**, p.40-52, 1988.

MAGALHÃES, A. S. G. **Síntese e caracterização de hidrogéis superabsorventes à base de acrilamida e acrilato de sódio**. Tese de Doutorado – Universidade Federal do Ceará – Fortaleza-CE, 206f., 2009.

MAGALHÃES, A. S. G.; FEITOSA, J. P. A. Efeito do grau de reticulação e concentração de monômeros no intumescimento e secagem de hidrogéis superabsorventes de acrilamida e acrilato de sódio. In: **Anais do 8º Congresso Brasileiro de Polímeros**, Águas de Lindóia-SP. p.403-404, 2005.

MAGALHÃES, A. S. G.; MAIA JÚNIOR, J. B. M.; FEITOSA, J. P. A. Síntese e estudo do intumescimento de géis de acrilamida e acrilato de sódio em água e em meio salino. In: **Anais do 7º Congresso Brasileiro de Polímeros**, Belo Horizonte-MG, p.216-217, 2003.

MALDONADO-BENITEZ, K. R. M.; ALDRETE, A.; LOPEZ-UPTON, J.; VAQUERA-HUERTA; H.; CETINA-ALCALÁ, V. M. Producción de *Pinnus greggi* Engelm. Em mezclas de substrato com hidrogel y Riego, em vivero. **Agrociencia**, n.45, p. 389-398, 2011.

MALDONADO-BENITEZ; K. R. **Substratos alternativos para la producción de *Pinnus greggi* Engelm. em Viveiro**. Dissertação de mestrado. Colégio de posgraduandos – Instituto de Ensino e Pesquisa Agrícola. Montecillo, México, 103 f., 2010.

MARQUES, P. A. A.; BASTOS, R. O. Uso de diferentes doses de hidrogel para produção de mudas de pimentão. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v.3, n.2, p.53-57, 2010.

MELO, B. de; ZAGO, R.; SANTOS, C. M. dos; MENDONÇA, F. C.; SANTOS, V. L. M. dos; TEODORO, R. E. F. Uso do polímero hidroabsorvente Terracottem® e da frequência de irrigação na produção de mudas de cafeeiro em tubetes. **Revista Ceres**, v.52, n.299, p.13-22, 2005.

MELO, M. R. S. **Lixiviação de nutrientes em lisímetros de drenagem na presença de um polímero hidroabsorvente**. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife-PE, 63f., 2007.

MIKKELSEN, R. L. Using hydrophilic polymers to control nutrient release. **Fertilizer Research**, n.38, p.53-59, 1994.

MIKKELSEN, R. L.; BEHEL, A. D.; WILLIAMS, H. M. Addition of gel-forming hydrophilic polymers to nitrogen fertilizer solutions. **Fertilizer Research**, v.36, p.55-61, 1993.

MORAES, O.; BOTREL, T. A.; DIAS, C. T. S. Efeito do uso de polímero hidroretentor no solo sobre o intervalo de irrigação na cultura da alface (*Lactuca sativa* L.). **Engenharia Rural**, v.12, p.73-80, 2001.

MOREIRA, R. A.; RAMOS, J. D.; CRUZ, M. do C. M. da; VILLAR, L.; HAFLE, O. M. Efeito de doses de polímero hidroabsorvente no enraizamento de estacas de amoreira. **Revista Agrarian**, Dourados, v.3, n.8, p.133-139, 2010.

NARJARY, B.; AGGARWAL, P.; SINGH, A.; CHAKRABORTY, D., SINGH, R. Water availability in different soils in relation to hydrogel application. **Geoderma**, n.187 e 188, p.94-101, 2012.

NIMAH, N. M.; RYAN, J.; CHAUDHRY, M. A. Effect of synthetic conditioners on soil water retention, hydraulic conductivity, porosity, and aggregation. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.47, p.742-745, 1983.

NISSEN, J. Uso de hidrogeles en la producción de frambuesas (*Rubus idaeus*) del sur de Chile. **Agro Sur**, v.22, n.2, p.160-164, 1994.

NISSEN, J.; TAPIA, J. Efecto de la aplicación de una poliácridamida sobre la nutrición de ballica (*Lolium mutiflorum*) en un suelo volcánico. **Agro Sur**, v.24, n.2, p.206-212, 1996.

NWONWU, F. O. C. An assessment of the suitability of a soil amendment polymer for tree crop growing. **Pakistan J. Forestry**, n.37, p.191-196, 1987.

OHKAWA, K., KITSUKI, T., AMAIKE, M., SAITOH, H., YAMAMOTO, H., Biodegradation of ornithine-containing polylysine hydrophilic polymers, **Biomaterials**, n.19, p.1855-1860, 1998.

OLIVEIRA, R. A. de; REZENDE, L. S.; MARTINEZ, M. A.; MIRANDA, G. V. Influência de um polímero hidroabsorvente sobre a retenção de água no solo. **Revista**

**Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande-PB, v.8, n.1, p.160-163, 2004.

OLIVEIRA JUNIOR, O. A. de; CAIRO, P. A. R.; NOVAES, A. B. de Características morfológicas de mudas de *Eucalyptus urophylla* produzidas em diferentes substratos. **Revista Arvore**, Viçosa-MG, v.35; n. 6; p. 1173-1180, 2011.

ORZESZYNA, H.; GARLIKOWSKI, D.; PAWLOWSKI, A. Using of geocomposite with superabsorbent synthetic polymers as water retention element in vegetative layers. **International Agrophysics**, n.20, p.201-206, 2006.

OUCHI, S. Soil Pollution and Soil Modifier. Effective Use of Microbes in Soil, **Kogyo Gijutsu-kai**, p.135-161, 1992.

OUCHI, S. Behavior and Influence on Plants of Superabsorbent Polymers made of Vinyl alcohol and Sodium Acrylate, p.72, 1994.

OUCHI, S. Application of Superabsorbent Polymers in Japanese Agriculture and Greening. Chapter 5, Section 2, p.276-285. In: OSADA, Y.; KAJIWARA, K. **Gels handbook: Applications**, v.3, 501p., Ed. Academic Press, Tokyo, 2001.

OUCHI, S. et al. **Japanese Society of Soil Science and Plant Nutrition**, v.61, p.606, 1990.

PALUSZEK, J., ZEMBROWSKI, W. Wpływ hydrozelu Stockosorb na structure agregatowa gleb erodowanych. [The influence of Stockosorb hydrogel on aggregate structure of eroded soils]. **Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu. Rolnictwo Zesz.**, v.65, n.375, p.115-122, 2006.

PAMUK, G. S. **Controlling water dynamics in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seeds before and during seedling emergence**. Doctoral thesis, Swedish University of Agricultural Sciences, Umeå, 29f., 2004.

PETENA, E. (Gerente de vendas de polímeros para a agricultura – JNS Grupo) Comunicação pessoal, 2009.

PETRUZZELLI, D.; VOLPE, A.; DI PINTO, A. C.; PASSINO, R. Conservative Technologies for environmental protection based on the use of reactive polymers. **React. Funct. Polym.**, n.45, p.95-107, 2000.

PILL, W.G.; STUBBOLO, M.R. Tomato seedling growth in peat and peat-lite blocks amended with hydrophilic polymer. **Soil Science Plant Anal**, v.17, n.1, p.45-61, 1986.

PINHEIRO, I.; FERREIRA, P.; GARCIA, F. P.; WANDREY, C.; AMARAL, L.; HUNKELER, D.; RASTEIRO, M. G. Performance of cationic polyacrylamides in papermaking - flocculation, drainage and retention. In: **Anais XXI TECNICELPA Conference and Exhibition / VI CIADICYP**, Lisbon, Portugal, p.8, 2010.

PINTO, D. A.; RODRIGUES, S. B. S.; MANTOVANI, E. C.; PAIVA, H. N. de; ALVES, M. E. B. Effect of irrigation depths and hydrogel doses over the Development of eucalyptus seedlings. In: **Anais CIGR - International Conference of Agricultural Engineering and XXXVII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola**, Foz do Iguaçu, 2008.

PLUVIÔMETRO Disponível em: <[http://www.pluviometros.com.br/ville\\_de\\_paris\\_polies ter.html](http://www.pluviometros.com.br/ville_de_paris_polies ter.html)> Acessado em 05/10/2012.

PO, R. Water-Absorbent Polymers: A Patent Survey. *Journal of Macromolecular Science, Part C: Polymer Reviews*, n.34, p.607-662, 1994.

PTACH, W.; BOCZON, A.; WRÓBEL, M. The use of hydrogel in afforestation of postindustrial áreas. **J. Water Land Dev.**, n.13b, p.125-135, 2009.

PUOCI, F.; IEMMA, F.; SPIZZIRRI, U. G.; CIRILLO, G.; CURCIO, M.; PICCI, N. Polymer in agriculture: a review. **American Journal of Agricultural and Biological Sciences**, v.3, n.1, p.299-314, 2008.

QIU, Y.; PARK, K. Environment-sensitive hydrogels for drug delivery. **Advanced Drug Delivery Reviews**, n.53, p.321-339, 2001.

RAJU, K. M.; RAJU, M. P. Synthesis of novel superabsorbing copolymers for agricultural and horticultural applications. **Polymer International**, n.50, p.946-951, 2001a.

RAJU, K. M.; RAJU, M. P.; MOHAN, Y. M. Synthesis and Water Absorbency of Cross linked Super absorbent Polymers. **Journal of Applied Polymer Science**, v.85, p.1795-1801, 2002.

RAJU, M. P.; RAJU, K. M. Design and Synthesis of Superabsorbent Polymers. **Journal of Applied Polymer Science**, v.80, p.2635-2639, 2001b.

REHMAN, A.; AHMAD, R.; SAFDAR, M. Effect of hydrogel on the performance of aerobic rice sown under different techniques. **Plant Soil Environ.**, v.57, n.7, p.321-325, 2011.

RESTREPO, V.; URIBE, C. G. ; GONZÁLEZ, A. M. A.; IVÁN, J. Propagación por estacas juveniles del bals blanco o (*Heliocarpus americanus* L. Sin. H. popayanensis) utilizando propagadores de subirrigación. **Revista Facultad Nacional de Agronomía - Medellín**, v.59, n.2, p.3479-3498, 2006.

REZENDE, L. S. **Efeito da incorporação de polímeros hidroabsorventes na retenção de água de dois solos.** Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 74 f., 2001.

RIETVELD, W. J. Hydrophilic polymer reduces germination of Ponderosa Pine in seed spots. **Tree-Planters' Notes**, n.27, p.18-19, 1976.

ROWE, E. C.; WILLIAMSON, J. C.; JONES, D. L.; HOLLIMAN, P.; HEALY, J. R. Initial tree establishment on blocky quarry waste ameliorated with hydrogel or slate processing fines. **J. Environ. Qual.**, n.34, p.994–1003, 2005.

SAAD, J. C. C.; LOPES, J. L. W.; SANTOS, T. A. dos Manejo hídrico em viveiro e uso de hidrogel na sobrevivência pós-plantio de *Eucalyptus urograndis* em dois solos diferentes. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v.29, n.3, p.404-411, 2009.

SANGRADOR, M. P. P.; CÓFRECES, M. C. L.; BENAVENTE, M. A.; GONZÁLES, M. C. G. Solids and nutrient removal from flushed swine manure using polyacrylamides. **Journal of Environmental Management**, n.93, p.67-70, 2012.

SANTANA, B. H.; MARTÍNEZ, A. P.; EMÉSTICA, O. A. S.; REYES, G. G. Efecto del hidrogel sobre el rendimiento de semilla en tres cultivares de *Brachiaria spp* en el valle de Iguala, gro., México. REDVET. **Revista electrónica de Veterinaria**. v.8, n.9, 2007. Disponível em: <<http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n090907/090704.pdf>> Acessado em 19/10/2012.

SARVAS, M. Effect of desiccation on the root system of Norway spruce (*Picea abies* L. Karst.) seedlings and possibility of using hydrogel Stockosorb® for its protection. **Journal of Forest Science**, n.49, p.531-536, 2003.

SARVAŠ, M.; PAVLENDÁ, P.; TAKÁCOVÁ, E. Effect of hydrogel application on survival and growth of pine seedlings in reclamations. **Journal of Forest Science**, v.53, n.5, p.204-209, 2007.

SATISHCHANDRA, K. M. Planting Eucalyptus using hydrogel during dry season. **IPPTA**, v.24, n.2, p.51-52, 2012.

SAVÉ, R.; PERY, M.; MARFÀ, O.; SERRANO, L. The effect of a hydrophilic polymer on plant water status and survival of transplanted pine seedlings. **Hort. Technol.**, v.5, n.2, p.141-143, 1995.

SCANDELAI, A. P. J. **Avaliação do efeito de diferentes doses de polímero hidrorretentor sobre plântulas de melão**. Trabalho de conclusão de curso – Instituto Federal de Educação, Ciência e tecnologia, Sul de Minas Gerais, Campus Inconfidentes, 25f., 2009.

SHARMA, J. Establishment of perennials in hydrophilic polymer-amended soil. **SNA (Southern Nursery Association) Research Conference**, n. 42, p.530-532, 2004.

SHAVIV, A. Advances in controlled release fertilizers. **Adv. Agron.**, n.71, p.1-49, 2001.

SHEPHARD, H.L.; NAYLOR, R.E. Effect of the seed coat on water uptake and electrolyte leakage of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) seeds. **Ann. Appl. Biol.**, n.129, p.125-136, 1996.

SHIGA, T.; HIROSE, Y.; OKADA, A.; KURAUCHI, T. Bending of poly (vinyl alcohol) - Poly (sodium acrylate) composite hydrogel in electric fields. **Journal Applied Polymer Science.**, n.44, p.249-253, 1992.

SHIGA, T.; HIROSE, Y.; OKADA, A.; KURAUCHI, T. Bending of Ionic Polymer Gel caused by Swelling under Sinusoidally Varying Electric Fields. **Journal Applied Polymer Science**, n.47, p.113, 1993.

SIEMONEIT, U.; SCHMITT, C.; LORENZO, C. A.; LUZARDO, A.; ESPINAR, F. O.; CONCHEIRO, A.; MÉNDEZ, J. B. Acrylic/cyclodextrin hydrogels with enhanced drug loading and sustained release capability. **International Journal of Pharmaceutics**, n.312, p.66-74, 2006.

SIJACIC-NIKOLIC, M.; MILOTIC, D.; MILOVANOVIC, J. Effect of Polymers on Scots Pine (*Pinus Silvestris* L.) And Austrian Pine (*Pinus Nigra* Arn.) Seedling Development In

Afforestation. **Global Journal of Biodiversity Science and Management**, n.1, p.11-128, 2011.

SILBERBUSH, M.; ADAR, E.; DeMALACH, Y. Use of a hydrophilic polymer to improve water storage and availability to crops grown in sand dunes. I. Corn irrigated by trickling. **Agricultural Water Management**, n.23, p.303-313, 1993.

SINGH, J. Effect of Stockosorb polymers and potassium levels on potato and onion. **J. Potassium Res.**, n.14, p.78-82, 1998.

SITA, R. C. M.; REISSMANN, C. B.; MARQUES, C.; OLIVEIRA, E.; TAFFAREL, A. D. Effect of polymers associated with N and K fertilizer sources on *Dendrathera grandiflorum* Growth and K, Ca and Mg relations. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Brasília, v.48, n.3, p.335-342, 2005.

SPECHT, A., HARVEY-JONES, J., Improving water delivery to the roots of recently transplanted seedling trees: The use of hydrogels to reduce leaf and hasten root establishment, *Forest Res.*, n.1, p.117-123, 2000.

SROKA, P. Polimery – lekarstwem na susze. **Aura**, n.11, p.5-7, 2004.

STILL, S. M. Growth of 'Sunny Mandalay' chrysanthemums in hardwood-bark-amended media as affected by insolubilized poly (ethylene oxide). **HortScience**, n.11, p.483-484, 1976.

STOCKER, O. Physiological and morphological changes in plants due to water deficiency. **Arid Zone Research**, n.15, p.63-104, 1960.

SWIETLIK, D. Effect of soil amendment with Viterra hydrogel on establishment of newly-planted grapefruit trees cv. Ruby Red. **Commun. Soil Sci. Plant Anal**, n.20, p.1697-1705, 1989.

TAKEUCHI, Y. et al. **Sakyu Kenkyu**, n.31, p.100, 1984.

TAYEL, M. Y.; EL-HADY, O. A. Super gel as a soil conditioner. **Acta Horticulturae**, n.119, p.247-256, 1981.

TERRY, R. E.; NELSON, S. D. Effects of polyacrylamide and irrigation method on soil physical properties. **Soil Science**, n.141, p. 317-320, 1996.

TITTONELL, P. A.; GRAZIA, J. de; CHIESA, A. Adición de polímeros superabsorbentes en el medio de crecimiento para la producción de plantines de pimiento. **Horticultura Brasileira**, v.20, n.4, 2002.

TRIPPEI, R.R., GOERGE M.W., DUMROESE R.K., WENNY D.L. Brich seedling response to irrigation frequency and a hydrophobic polymer amendment in a container medium. **Journal of Environment Horticulture**, v.9, p.119-123, 1991.

TU, Z. P.; ARMITAGE, A. M.; VINES, H. M. Influence of an antitranspirant and a hydrogel on net photosynthesis and water loss of *Cineraria* during water stress. **HortScience**, n.20, p.386-388, 1985.

UZUM, O.; KARADAG, E. Uptake of basic blue 17 from aqueous solutions by using chemically crosslinked polyelectrolyte AAm/AASS hydrogels. **Adsorption**, n.12, p.77-88, 2006.

VALE, G. F. R.; CARVALHO, S. P.; PAIVA, L. C. Avaliação da eficiência de polímeros hidroretentores no desenvolvimento do cafeeiro em pós-plantio. **Coffe Science**, Lavras, v.1, n.1, p.7-13, 2006.

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 hidroretentor. **Ciência e Agrotecnologia**, v.28, n.4, p.748-756, 2004.

VIERO, P.W.M., CHISWELL, K.E.A., THERON, J.M., The effect of soil amended hydrogel on the establishment of a *Eucalyptus grandis* clone on a sandy clay loam soil in Zululand during winter, **Southern African Forestry Journal**, n.193, p.65-6, 2002.

VOLKMAR, K. M.; CHANG, C. Influence of hydrophilic gel polymers on water relation and growth and yield of barley and canola. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, p. 605-611, 1995.

WALLACE, A. Anionic polyacrylamide treatment of soil improves seedling emergence and growth. **Horticulture Science**, v.22, p.951, 1987.

WALLACE, A., WALLACE, G.A. Effect of polymeric soil conditioners on emergence of tomato seedlings. **Soil Sa**, n.141, p.321-323, 1986.

WALLACE, A.; WALLACE, G. A. Water-soluble polymers help protect the environment and correct soil problems. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, n.25, p.105-108, 1994.

WALLACE, A.; WALLACE, G. A.; ABOUZAMZAM, A. M. Amelioration of soil sodic with polymers. **Soil Science**, Baltimore, v. 144, n.5, p. 359-362, 1986.

WANG, Y. T. Medium and hydrogel affect production and wilting of tropical ornamental plants. **HortScience**, n.24, p.941-944, 1989

WANG, Y. T.; BOOGHER, C. A. Effect of a medium-incorporated hydrogel on plant growth and water use of two foliage species. **Journal of Environment Horticulture**, Washington, v.5, n.3, p.125-127, 1987.

WANG, B.; LIU, M.; CHEN, Z.; LIANG, R.; DING, S.; CHEN, S.; JIN, S. WANG, B.; LIU, M.; CHEN, Z.; LIANG, R.; DING, S.; CHEN, S.; JIN, S. Preparation, characterization and controlled release investigation of interpenetrating polymer networks of poly(acrylic acid) /triazole modified poly(vinyl alcohol). **International Journal of Pharmaceutics**, n.331, p.19-26, 2007.

WILLINGHAM, Jr.; COFFEY, D. L. Influence of hydrophilic amended soil on growth of tomato transplants. **Horticulture Science**, v.16, n.3, p.289, 1981.

WOFFORD Jr., D. J. **Worldwide research suggestions for cross-linked polyacrilamide in agriculture** (on line). Virginia, September 1992. Disponível em: <<http://www.hydrosorce.com>>

WOFFORD Jr., D. J. **Use of cross-linked polyacrylamide in agriculture for increasing yield or reducing irrigation** (on line). Fresno (Calif.), nov. 1989. Disponível em: <<http://kimberly.ars.usda.gov>>

WOFFORD Jr., D.J.; KOSKI, A.J. **A polymer for the drought years** (on line). Colorado Green. Aug. 1990. Disponível em: <<http://kimberly.ars.usda.gov>>

WOODHOUSE, J. M.; JOHNSON, M. S. The effect of gel-forming polymers on seed germination and establishment. **J. Arid Environ.**, n.20, p.375-380, 1991a.

WOODHOUSE, J. M.; JOHNSON, M.S. Effect of super-absorbent polymers on survival and growth of crop seedlings. **Agricultural Water Management**, n.20, p.63-70, 1991b.

WU, D. J. **Produce, China**, Academia Sinica, Agriculture, Beijing, China, v.119, p.22, 1990.

WWF **The forest industry in the 21st century**. World Wide Fund for Nature's Forests for Life Campaign, Godalming, 2003.

YANGYUORU, M.; BOATENG, E.; ADIKU, S. G. K.; ACQUAH, D.; ADJADEH, T. A.; MAWUNYA, F. Effects of natural and synthetic soil conditioners on soil moisture retention and maize yield. **Journal of Applied Ecology**, n.9, p.1-8, 2006.

YAZDANI, F.; ALLAHDADI, I.; AKBARI, G. A. Impact of superabsorbent polymer on yield and growth analysis of soybean (*Glycine max* L.) under drought stress condition. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, v.10, n.23, p.4190-4196, 2007.

YIN, L.; DING, J. Y.; FEI, L.; HE, M.; CUI, F.; TANG, C.; YIN, C. Beneficial properties for insulin absorption using superporous hydrogel containing interpenetrating polymer network as oral delivery vehicles. **International Journal of Pharmaceutics**, n.350, p.220-229, 2008.

YIN, L.; FEI, L.; CUI, F.; TANG, C.; WANG, Y. Novel hydrogel composite for the removal of water-soluble cationic dye. **Journal of Chemical Technology and Biotechnology**, n.81, p.799-804. 2006.

ZONTA, J. H.; BRAUN, H.; REIS, E. F.; AULUCIO, D.; ZONTA, J. B. Influência de diferentes turnos de rega e doses de hidroabsorvente no desenvolvimento inicial da cultura do café conillon (*Coffea canephora* Pierre). **Idesia**, v.27, n.3, p.29-34, 2009.