

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA E AMBIENTE**

ALEXANDRE JOSÉ DOMINGUES FERREIRA

**“POLÍMEROS DE HIDROGÉIS COM ÁGUA DE REÚSO E DE
ABASTECIMENTO NO DESENVOLVIMENTO DE MUDAS DE
ESPÉCIES ARBÓREAS DA FLORESTA ESTACIONAL
SEMIDECIDUAL”**

**ARARAS, SÃO PAULO
2014**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA E AMBIENTE

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**“POLÍMEROS DE HIDROGÉIS COM ÁGUA DE REÚSO E DE
ABASTECIMENTO NO DESENVOLVIMENTO DE MUDAS DE
ESPÉCIES ARBÓREAS DA FLORESTA ESTACIONAL
SEMIDECIDUAL”**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agricultura e Ambiente da Universidade Federal de São Carlos, Centro de Ciências Agrárias, para obtenção do título de Mestre em Agricultura e Ambiente.

Aluno: Alexandre José Domingues Ferreira

Orientadora: Profa. Dra. Alessandra dos Santos Penha

Co-orientador: Prof. Dr. Claudinei Fonseca Souza

ARARAS, SÃO PAULO
2014

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

F383ph

Ferreira, Alexandre José Domingues.

Polímeros de hidrogéis com água de reúso e de abastecimento no desenvolvimento de mudas de espécies arbóreas da floresta estacional semidecidual / Alexandre José Domingues Ferreira. -- São Carlos : UFSCar, 2014. 49 f.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2014.

1. Ecologia de restauração. 2. Água - reutilização. 3. Restauração florestal. 4. Hidrogel. 5. Manejo. 6. Mudas. I. Título.

CDD: 574.5 (20^a)

MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

DE

ALEXANDRE JOSÉ DOMINGUES FERREIRA

APRESENTADA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA
E AMBIENTE, DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS, EM 07 DE
AGOSTO DE 2014.

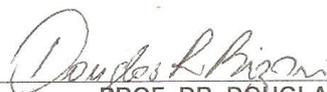
BANCA EXAMINADORA:



PROF^a. DR^a. ALESSANDRA DOS SANTOS PENHA

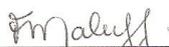
ORIENTADORA

UFSCar



PROF. DR. DOUGLAS ROBERTO BIZARI

UFSCar



PROF^a. DR^a. FLAVIANA MALUF DE SOUZA

Instituto Florestal

Dedico esta Dissertação a toda minha família, em especial à minha esposa Andrine, meu grande amigo e pai, João Carlos Ferreira, e minha mãe querida, Luiza Helena Domingues Ferreira, por todo o amor, carinho e pelo grande investimento em minha educação desde a minha existência.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pela fé concedida, pela saúde e disposição para concluir essa caminhada importante na minha vida.

A toda minha família. A meu pai, João Carlos Ferreira e à minha mãe, Luiza Helena Domingues Ferreira, por todo o amor e carinho. Ao meu irmão, André Luis Domingues Ferreira, pela gratidão e sincera amizade. À minha esposa, Andrine Barbosa Ferreira, pela compreensão e pelos vários dias em que fiquei fora de casa para elaboração do projeto, pelo amor e carinho incondicional que sempre cultivamos e pelos vários dias de ajuda com minha dissertação. Agradeço aos meus avós paternos, João Ferreira (*in memorian*) e Angela Mariano Ferreira, e meus avós maternos, João Domingues Pinto (*in memórian*) e Elza Bertran Domingues, pelo amor e participação em minha educação. À minha sogra, Gislena, a meu sogro, Adilson Barbosa, a meu cunhado, Lekão sofredor, a minha cunhada, Michele, pelo carinho, amizade e acolhimento e ao casal Jean e Mariana pela ajuda neste trabalho.

Agradeço ao Alvin e ao Sensei Lair Roberto Moretti, pela contribuição de redução de estresse causado pelo projeto. Agradeço os meus amigos de mestrado Ana, Elisangela, Felipe, Jaqueline, Larissa e Paulo (Mathias), pela ajuda e colaboração aos trabalhos práticos e teóricos de meu projeto.

Obrigado a toda equipe Agrosafety Monitoramento Agrícola, pelo investimento e credibilidade, pelas análises físico-químicas desenvolvidas na empresa, em especial a Ângela Maria, pelas análises, e ao Dr. Luiz Roberto Pimentel Trevisan, pela ajuda técnica e por abrir as portas de sua empresa.

Agradeço a toda república Zona Rural (Alemão, Dimenor, CC, Fossa, Donatelo, Squarto, Poka), pelas estadias de quintas-feiras e companheirismo em minha caminhada. A todos os meus amigos que, mesmo longe, torceram por mim: Zinabre, Kxara, Leléu, Mortinho, Kruela, Marcelo, Giovana, Guto, Tanaka, Gastão, Priscila, Bob, Tati, Jú e Gusta!

Agradeço aos professores Douglas, Flaviana e Ricardo pela colaboração no trabalho. À UFSCar, ao PPGAA (amigos e professores) e à CAPES pela bolsa concedida durante o desenvolvimento do Mestrado. Obrigado em especial à minha orientadora, Alessandra, por acreditar em mim e ao querido professor Claudinei, pela contribuição ao meu projeto. Muito Obrigado!

“A Terra tem o suficiente para todas as
nossas necessidades, mas somente o
necessário”

Mahatma Gandhi

RESUMO

Apesar das florestas estacionais semidecíduais do interior do estado de São Paulo possuir elevada riqueza de espécies, as interferências humanas deixaram esses ecossistemas degradados e representados por pequenos fragmentos isolados, imersos numa paisagem dominada pela agricultura e centros urbanos. Diante essa problemática, a restauração ecológica surge com o objetivo de facilitar, acelerar e direcionar os processos sucessionais naturais a fim de manejar essas áreas, considerando os novos teóricos da ecologia de comunidades vegetais tropicais, que pretendem revisitar a eficácia de técnicas de manejo em restauração ecológica. Nesta perspectiva, surge como objetivo desse trabalho, testar a pergunta científica: “O uso de polímeros hidrogéis em diferentes concentrações na produção de mudas nativas de *Ceiba speciosa* (Malvaceae) e de *Handroanthus heptaphyllus* (Bignoniaceae), associados à irrigação com água de reúso tratada, interfere significativamente no crescimento de seu sistema radicular, sua altura e diâmetro, e aumenta a longevidade das mudas?” Para responder a essa pergunta, utilizou-se mudas das duas espécies nativas, em três tratamentos (1g, 4g e 8g de hidrogel), além da uma testemunha, contendo apenas o solo. As mudas foram irrigadas por um mês com água de abastecimento e água de reúso tratada; depois de cessadas as irrigações, foram avaliadas os estimadores citados. Foram realizadas análises de variância ($p = 0,001$), seguidas do teste de Tukey para verificar diferenças significativas entre as médias dos tratamentos. Verificaram-se diferenças significativas no crescimento em altura e diâmetro a partir do uso de 4g de hidrogel, tanto para *C. speciosa* quanto para *H. heptaphyllus*. Em relação ao sistema radicular, as médias de área superficial diferiram-se estatisticamente a partir de 4g de hidrogel quando comparadas às testemunhas, tanto para *C. speciosa* quanto para *H. heptaphyllus*, confirmando a expectativa inicial de que com hidrogel, as raízes cresceriam em menor proporção em área porque estariam na zona de conforto hídrico. Com esses resultados aliados aos conhecimentos teóricos da ecologia da restauração, a associação de polímeros hidrogéis com água de reúso vem defender a racionalização do uso da água na irrigação de mudas de espécies nativas, reaproveitando águas de reúso que seriam descartadas em águas superficiais.

Palavras-chave: água de reúso, floresta tropical, hidrogel, manejo, mudas nativas, racionalização, restauração ecológica.

ABSTRACT

The seasonal semideciduous forests from southeastern Brazil have high plant species richness, but have been strongly affected by human interferences, which let them very degraded: nowadays they are represented by small isolated fragments, immersed in a landscape dominated by agriculture and large urban centers. In this sense, the ecology of restoration arises in order to facilitate, accelerate and direct the processes of secondary succession to manage such areas, considering the knowledge about theoretical concepts that aim to review the effectiveness of natural ecosystem management techniques and practices. In such a perspective, we aimed in this experiment to test the following question: “During de production of seedlings of the native forest tree species, *Ceiba speciosa* (Malvaceae) and *Handroanthus heptaphyllus* (Bignoniaceae), different dilutions of hydrogel associated to irrigation with reused water, could improve their development?” To answer this question, we selected three treatments (1g, 4g and 8g of hydrogel), beyond the witness (no hydrogel). The seedlings of both species were irrigated during one month with water reused and water supply. After this period, we estimated the growth of seedlings: roots, height and diameter. We used ANOVA ($p = 0.001$), and Tukey’s test to verify significative differences between the mean of the treatments. We found significative differences in both height and diameter growth from 4g of hydrogel as to *C. speciosa* as *H. heptaphyllus*. In relation to the growth of root system of both tree species, the mean of superficial root area differed significantly from 4g of hydrogel when compared to the witness, confirming our initial assumption that the roots would grow in a lower proportion of area because they are in their hydric comfort zone. With such results added to theoretical knowledge in the ecology of restoration, the association of hydrogels with reused water comes to stand up for the sustainable use of water in the irrigation of native seedlings.

Keywords: ecological restoration, hydrogel, management, native plants, water reused, tropical forest, seedlings, sustainable development.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVO	15
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
4. MATERIAIS E MÉTODOS	19
4.1. Caracterização do local do experimento	19
4.2. Espécies utilizadas.....	21
4.3. Delineamento experimental.....	22
4.4. Levantamentos dos dados.....	24
4.5. Caracterização e análise dos dados químicos da água de reúso e de abastecimento.....	27
4.6. Caracterização e análise dos dados físico-químicos e físicos do solo e sua salinidade.....	28
4.7. Análises dos dados	28
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
5.1. Crescimento relativo de altura, diâmetro, longevidade das mudas e crescimento de raízes.	28
5.2. Amostragens de solo	35
5.3. Análises de umidade do solo.....	40
6. CONCLUSÃO	42
REFERÊNCIAS.....	43

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Casa de vegetação utilizada na condução do experimento, CCA/UFSCar, Araras-SP.	19
Figura 2. Temperatura interna e externa da estufa durante o experimento, CCA/UFSCar, Araras, SP.	20
Figura 3. Teores de umidade interna e externa da estufa, CCA/UFSCar, Araras, SP.	21
Figura 4. Imagem do local do experimento após os sorteios dos croquis dos tratamentos e repetições através do delineamento inteiramente casualizado (DIC), CCA/UFSCar, Araras-SP.	23
Figura 5. Copos plásticos utilizados para pesagens dos hidrogéis nos respectivos tratamentos, CCA/UFSCar, Araras-SP.	24
Figura 6. Foto digital tirada da planta após o termino do experimento para avaliar o volume e área superficial das raízes. A foto se refere a uma das raízes de <i>H. heptaphyllus</i> utilizado no experimento, CCA/UFSCar, Araras-SP.	26
Figura 7. Transformada de distância de uma das raízes de <i>H. heptaphyllus</i>	26
Figura 8. Esqueleto de uma das raízes de <i>H. heptaphyllus</i> rotulado por diferentes cores, representando as diferentes faixas de diâmetros.	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Pluviometria e temperaturas médias mensais no município de Araras em 2012, SP (Fonte: CCA, 2012).	20
Tabela 2. Média de crescimento da altura das parcelas e tratamentos.	29
Tabela 3. Média de crescimento em diâmetro de caule das parcelas e tratamentos.	32
Tabela 4. Média de crescimento em área superficial das raízes dos tratamentos.	32
Tabela 5. Média de crescimento em volume das raízes dos tratamentos.	33
Tabela 6. Média de longevidade e mortalidade nas parcelas e tratamentos para <i>C.speciosa</i> e <i>H. heptaphyllus</i>	34
Tabela 7. Caracterização física do solo (Neossolo Quartzarênico) do município de Leme, SP (2013).	36
Tabela 8. Características físico-químicas do solo após o experimento, CCA/UFSCar, Araras, SP.	36
Tabela 9. Análise de variância (ANOVA) entre as médias com teste Tukey ($p < 0,01$), comparando <i>H. heptaphyllus</i> e <i>C. speciosa</i>	37
Tabela 10. Análise de variância (ANOVA) entre as médias com teste Tukey comparando <i>H. heptaphyllus</i> e <i>C. speciosa</i>	38
Tabela 11. Características físico-químicas da água de reuso e água de abastecimento, utilizadas nas irrigações.	40
Tabela 12. Umidade do solo em período de seca.	41

1. INTRODUÇÃO

As florestas estacionais semidecíduais do interior do estado de São Paulo possuem elevada riqueza de espécies (GROMBONE-GUARATINI et al., 2008). Porém, devido à intensa expansão agropecuária, especulação imobiliária e incêndios induzidos, estes ecossistemas geralmente estão representados por pequenos fragmentos isolados, imersos numa paisagem dominada pela agricultura, como por exemplo, os plantios de cana-de-açúcar (KAGEYAMA et al., 2008), e grandes centros urbanos (LEITE; RODRIGUES, 2008; BRANCALION, 2010), fazendo com que essas áreas fiquem susceptíveis aos efeitos de borda, com conseqüente perda de variabilidade genética (VIEGAS et al., 2011) e degradação florestal (BRANCALION, 2010). Assim, a restauração ecológica busca lidar com esses problemas, tendo como objetivo central, facilitar, acelerar e direcionar os processos sucessionais (PARROTA, 1993) de áreas degradadas.

Os métodos utilizados nas atividades de restauração ecológica até alguns anos não tinham a capacidade de trabalhar com sucesso perante a complexidade desses ecossistemas, pois se acreditava que haveria apenas um modelo de um clímax existente em determinada comunidade e paisagem regional e que, portanto, serviria de padrão a ser reproduzido pelo projeto local de restauração, que restringia as ações de reflorestamento às técnicas de plantio de mudas, que se baseavam nos “paradigmas clássicos da ecologia do equilíbrio” (PICKETT; CADENASSO, 2007). Porém, com a incorporação de conceitos teóricos e práticos da ecologia de restauração (SUDING et al., 2004; ANDEL et al., 2005), surgiu uma nova possibilidade de pensamento a ser considerado às questões relativas à ecologia da restauração, o “paradigma contemporâneo”, que contempla não apenas o equilíbrio que levaria a uma única situação de maior complexidade estrutural, mas na possibilidade de existirem, teoricamente, várias trajetórias sucessionais (elevada imprevisibilidade) que uma comunidade de floresta poderia experimentar (ZEDLER; CALLAWAY, 1999; PARKER; PICKETT, 2007). Neste caso, os métodos atuais de restauração ecológica se preocupam com a estruturação de processos que levam à construção em longo prazo, de uma comunidade que possui o potencial de se tornar autossustentável (MARTINS, 2009).

O significativo conhecimento em ecologia de comunidades de florestas tropicais já acumulados em que se alicerça no atual paradigma da restauração de florestas tropicais, que diz respeito principalmente sobre os processos envolvidos na dinâmica de comunidades (considerando diferentes graus e tipos de degradação), tem conduzido à significativa mudança

na orientação dos programas de manejo e restauração florestal, que deixaram de ser uma aplicação restrita a práticas agronômicas e silviculturais, para assumirem os desafios dos trabalhos relacionados à reconstrução das complexas interações em comunidades (RODRIGUES; GANDOLFI, 2004). Por isso, os aspectos teóricos e metodológicos da restauração ecológica estão sendo bastante discutidos e analisados atualmente, por meio da proposição de perguntas científicas que busquem solucionar os problemas relacionados à degradação de ecossistemas nativos e que tragam meios mais eficientes para contribuir com aumento das chances destas comunidades passarem a ser autossustentáveis (BRANCALION, 2010).

Algumas respostas desta natureza foram buscadas neste estudo, que teve por objetivo responder a questões de manejo que influenciem positivamente a produção de mudas de espécies florestais nativas da floresta estacional semidecidual, especificamente, sobre a utilização de polímeros hidrogéis associados ao uso de água de abastecimento e de reúso. Essa técnica preconiza contribuir com melhorias no crescimento e na sobrevivência de mudas de espécies nativas, aumentando as taxas de crescimento de diâmetro e altura, o que contribuiria para o aumento das chances de que uma comunidade implantada em uma área degradada torne-se autossustentável em longo prazo (ENGEL; PARROTA, 2008). Isso porque a utilização de hidrogéis pode propiciar condições abióticas de condicionamento ao solo, proporcionando um melhor desenvolvimento de mudas de espécies nativas.

O polímero hidrogel, possui capacidade de absorver até 400 vezes sua massa seca, podendo aumentar a capacidade de armazenamento de água do solo, reduzindo os problemas associados aos efeitos da sazonalidade de água, sendo uma alternativa para a baixa disponibilidade de água no solo, quando esta a ponto de afetar de forma negativa o crescimento e o desenvolvimento das plantas (PREVEDELLO & LOYOLA, 2007). Com a utilização do hidrogel na irrigação complementar, pode-se facilitar o armazenamento de água na sua estrutura em época de disponibilidade hídrica, e posteriormente possibilitar o uso pela planta na época de deficiência hídrica (MARQUEZ; CRIPA; MARTINEZ, 2013).

Devido à intensificação das atividades humanas nos setores urbanos, industriais e agroindustriais, a competição entre espécies aumenta com a falta de água. Este cenário é propício para surgir oportunidades científicas de quantificar o sucesso de estratégias de reaproveitamento de águas residuárias para fins de restauração ecológica de ecossistemas naturais degradados, que poderiam ser submetidas a processos de tratamentos a fim de reduzir sua carga poluente, passando a ser utilizadas na produção vegetal (CONARH, 2005) e,

eventualmente, na produção de mudas florestais nativas em larga escala ou em projetos de restauração ecológica. Além da economia de água, a utilização da água de reúso como contribuição no crescimento de plantas pode ser vantajosa por disponibilizar nutrientes do efluente e aumentar a disponibilização de matéria orgânica (WHO, 1989). Por outro lado, nada adianta a água de reúso conter uma substancial quantidade de micro e macro nutrientes de interesse agrícola, se seu emprego na irrigação for feito sem critérios técnicos, pois se correriam sérios riscos de problemas ambientais (CARARO, 2004).

Com isso, a utilização de água de reúso na restauração ecológica vem complementar a ideia de sustentabilidade buscada nesse trabalho: de serem suscitadas alternativas de manejo de irrigação para mudas implantadas de espécies arbóreas nativas que poderão influenciar positivamente o sucesso de projetos de restauração ecológica.

Por isso, neste estudo, desejou-se avaliar o sucesso no uso de diferentes dosagens de hidrogel comercial associado à água de reúso no desenvolvimento de mudas de *Ceiba speciosa* (A. St.-Hill.) Ravenna (Malvaceae) e de *Handroanthus heptaphyllus* (Vell.) Mattos (Bignoniaceae), na expectativa de que se verificasse um maior crescimento das plantas.

2. OBJETIVO

Esse trabalho teve por objetivo, responder à seguinte questão: O uso de polímeros higroscópicos em diferentes concentrações em mudas de *Ceiba speciosa* e de *Handroanthus heptaphyllus*, e associados à irrigação com a água de reúso tratada, interfere significativamente no sistema radicular, aumenta o crescimento em altura e diâmetro e aumenta a longevidade de suas mudas? Esperávamos uma influência significativamente positiva no desenvolvimento de mudas, pensando no potencial do hidrogel, como condicionador de solo e de minimizar os efeitos deletérios do déficit hídrico do solo (BARBOSA et al., 2013), associado à capacidade da água de reúso em disponibilizar matéria orgânica e nutrientes para as plantas (WHO,1989) e considerando os períodos de seca que se verificam em regiões de ocorrência de florestas estacionais semidecíduais.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A degradação ambiental intensiva está associada à rápida diminuição da vegetação nativa, ocasionada desde a chegada dos europeus ao país no início do século XVI, fazendo com que as paisagens naturais, especificamente as Florestas Estacionais Semidecíduais,

mudassem completamente (DEAN, 1996) e se transformassem devido ao aumento da expansão agrícola (EHLERS, 1999 citado por CARREIRA, 2013), passando por um processo histórico de redução de sua cobertura. Atualmente restam apenas 8,2% de sua cobertura original, representados em sua maioria, por fragmentos que não ultrapassam 50 ha (RIBEIRO et al., 2009). Estes processos antrópicos modificaram a estrutura, tamanho e composição destas comunidades (BURNS et al., 2011).

Nos últimos anos, a preocupação com os impactos de intervenções ambientais intensivas e deletérias levou a um aumento significativo de conhecimento sobre os processos envolvidos na dinâmica de formações naturais em diferentes graus de perturbação, que tem levado a mudanças na orientação dos programas de restauração ecológica (GOMES et al., 2003; BARBOSA et al., 2013). Como resultado da degradação de florestas tropicais, surgiu a preocupação da sociedade e dos cientistas em conter esses danos causados pela busca do aumento da produção de alimentos, sendo verificada a troca dos pensamentos baseados na revolução verde pelos eixos teóricos da ecologia da restauração, norteados pelos paradigmas da sustentabilidade (ENGEL; PARROTA, 2008; CHAZDON, 2009). Assim, a restauração de áreas degradadas vem sendo discutida, experimentada e implantada em decorrência da legislação ambiental no Brasil e das exigências que a sociedade impõe aos órgãos governamentais e privados em relação ao resgate da biodiversidade e da reconstituição dos atributos ecossistêmicos de comunidades nativas (KAGEYAMA; GANDARA, 2000).

A Sociedade para Ecologia da Restauração (2013) define a restauração ecológica como “um processo de assistência e recuperação da integridade ecológica e sustentabilidade dos ecossistemas naturais que sofreram alterações naturais ou causadas pelo homem”. Segundo a FAO (2011), o Brasil possui 13% de toda área florestal mundial, estando entre um dos cinco países com maior riqueza de espécies. Porém, apesar desse título, o alerta da preservação e restauração de áreas degradadas deve ser considerado. Sendo assim, para garantir a sustentabilidade do ecossistema ao longo do tempo, a ecologia da restauração assume a função de reconstrutora das complexas interações presentes nos ecossistemas, deixando de ser meramente uma aplicação de práticas agronômicas que objetiva apenas a reintrodução de espécies arbóreas numa dada área (RODRIGUES; GANDOLFI, 2004).

Em um projeto de restauração florestal, por exemplo, é primordial que as práticas de manejo garantam boas condições de desenvolvimento do sistema radicular das plantas nativas para aumentar a sobrevivência das mudas no campo, o que contribuiria com as chances de sucesso do projeto (GOMES et al., 2003). É importante levar em consideração também, a

sazonalidade da floresta estacional semidecidual, no qual a forma mais prática que tem sido utilizada para lidar com os meses de seca, é se restringindo à época de plantio no período chuvoso (VALE et al., 2006). E mesmo assim, há a possibilidade de ocorrerem veranicos, em que as mudas implantadas ficam suscetíveis à estiagem imprevista (VALE et al., 2006). Neste caso, a utilização de hidrogéis como condicionadores de umidade no solo surgem para potencialmente auxiliarem na redução dos efeitos dessa sazonalidade, podendo ser uma alternativa para ampliar os períodos de plantio em áreas-alvo de restauração, minimizando a mortalidade de mudas em períodos de seca (AZEVEDO, 2000).

Os hidrogéis são materiais formados por estruturas tridimensionais de polímeros hidrofílicos que possuem a capacidade de absorver grande quantidade de água (FRANCIS et al., 2006; FANG et al., 2007;), e em contato com a água, o hidrogel intumescce a partir da atração das estruturas químicas do polímero, que altera o potencial osmótico (FLORY; REHNER, 1943). Com isso, a água ocupa os espaços entre as cadeias poliméricas, estendendo e modificando suas configurações originais, uma vez que a presença da água no sistema requer a expansão e a reordenação das estruturas, que são alongadas para uma configuração menos favorável e com uma força resistiva, que aumenta com a densidade de ligações cruzadas. O equilíbrio é atingido no momento que essas forças se igualam (ANSETH et al., 1996). Os hidrogéis existem desde a década de 1960, sendo muitas vezes recomendados na agricultura por melhorarem as propriedades físico-químicas e funcionarem como estruturadores de solos, por possuírem a capacidade de controlar erosões, melhorarem a infiltração de água e recuperarem solos com problemas de salinidade (WALLACE, 1987; SAYED et al., 1991; SHAINBERG; LEVY, 1994). Segundo Oliveira et al. (2004), a adição de hidrogel, em função de sua elevada capacidade de troca catiônica (CTC), reduz a lixiviação de nutrientes, melhora a aeração e drenagem do solo, acelerando o desenvolvimento do sistema radicular das plantas e reduzindo a frequência da irrigação. Com isso, os hidrogéis já vêm sendo comercializados com a principal justificativa da sustentabilidade hídrica, ou seja, de racionalizar o uso da água por permitir sua maior retenção no solo (SHAINBERG; LEVY, 1994; OLIVEIRA et al., 2004).

Com a capacidade dos hidrogéis de reter água no solo e disponibilizar para as plantas como forma racional de economia de irrigação (o que relaciona às metas de sustentabilidade ecossistêmica), surge também a possibilidade de verificar o potencial do uso desses polímeros na produção de mudas (CABRAL, 2011) associada à água de reúso tratada (BASTOS, 1999).

A resolução CONARH nº 54, de 28 de novembro de 2005 (CONARH, 2005) define água de reúso como sendo:

“água residuária, que se encontra dentro dos padrões exigidos para sua utilização nas modalidades pretendidas”.

Água de reúso aplica-se, portanto, ao resíduo líquido predominantemente orgânico, com teor variável de componentes inorgânicos, proveniente do tratamento de esgotos domiciliares, industriais ou resultantes de atividades agropecuárias (CONARH, 2005). Baseando-se em critérios técnicos, esse material pode ser empregado na agricultura, proporcionando benefícios agrônômicos, ambientais, econômicos e sociais, contribuindo como uma alternativa viável para suprir as necessidades hídricas das plantas (CAPRA; SCICOLONE, 2004).

Águas residuárias podem ser submetidas a processos de tratamentos a fim de reduzir sua carga poluente e de serem reaproveitadas na produção vegetal, transformando-se em águas reutilizáveis na agricultura (CONARH, 2005). Além da economia de água, a utilização de água de reúso tratada em produção vegetal possui a vantagem de disponibilizar nutrientes do efluente e aumentar a formação de húmus, sendo, portanto, uma alternativa de fonte de matéria orgânica na produção em larga escala de mudas nativas (WHO, 1989). Pensando também na eficiência do uso de águas residuárias na fertirrigação, Bastos (1999) apresentou excelentes resultados na produtividade agrícola, devido à alta concentração de nutrientes e matéria orgânica. Se por um lado a água de reúso é uma rica fonte de nutrientes e matéria orgânica, por outro, o seu emprego em desobediência a padrões técnicos contribui para o surgimento e agravamento de problemas relacionados ao ambiente (CROMER, 1980). Dentre esses problemas, destacam-se a contaminação de águas subterrâneas e superficiais (LUE-HING et al., 1994), o acúmulo de elementos tóxicos no solo, a contaminação e mortandade da ictiofauna (CARARO, 2004), o desequilíbrio de nutrientes no solo e sua impermeabilização (LUE-HING et al., 1994) e o acúmulo de altos teores de nitrogênio, sais e sódio no solo, que deixam o ambiente nocivo às plantas: seu crescimento e longevidade (WHO, 1989).

Assim, a experimentação científica se torna importante para permitir a continuidade dos processos ecológicos das práticas de restauração de uma área degradada (BENAYAS et al., 2009), com a adequação de ferramentas práticas que possam aumentar as chances de sobrevivência das comunidades plantadas para que o ambiente a ser restaurado chegue o mais

rápido possível às suas estruturas e fisionomias originais (ENGEL; PARROTA, 2008), considerando a necessidade da racionalização do uso da água com a reutilização de esgotos tratados para promover uma melhora no desenvolvimento de mudas, aliado à utilização de hidrogeis para minimizar os efeitos do estresse hídrico de plantas durante períodos secos.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Caracterização do local do experimento

O experimento foi conduzido em casa de vegetação (Figura 1) localizada na área experimental do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), em Araras, SP.



Figura 1. Casa de vegetação utilizada na condução do experimento, CCA/UFSCar, Araras-SP.

O clima local, de acordo com a classificação de Köppen (1948), é do tipo Cwa (Subtropical), com chuvas de verão (setembro a março) e inverno com seca (a partir de abril até agosto), com precipitação anual total de 1.400 mm (CCA, 2012) e período de carência hídrica nos meses de inverno (junho, julho e agosto). A temperatura média anual na região

oscila em torno de 22°C (Tabela 1): mínima em torno de 8°C e máxima cerca de 34°C (CCA, 2012).

Tabela 1. Pluviometria e temperaturas médias mensais no município de Araras em 2012, SP (Fonte: CCA, 2012).

MÊS	PRECIPITAÇÃO (mm)	Temperatura Média Mensal (°C)		
		Máxima	Mínima	Média
Janeiro	268,6	29,5	18,3	23,9
Fevereiro	205,7	29,9	18,2	24,1
Março	155,5	29,6	17,5	23,5
Abril	60,5	28,3	15,4	21,8
Mai	58,4	25,7	12,3	19
Junho	40,3	24,9	10,9	17,9
Julho	29,4	25,2	10,4	17,7
Agosto	27,8	27,3	12	19,7
Setembro	60,8	27,9	13,8	20,8
Outubro	121,1	29,2	15,5	22,3
Novembro	156,7	29,2	16,7	23
Dezembro	211,6	29	17,8	23,4

Para saber as condições ambientais reais em que o experimento estava instalado, mensurou-se a temperatura e a umidade relativa (Figuras 2 e 3) interna e externa à casa de vegetação, utilizando um termohidrógrafo.

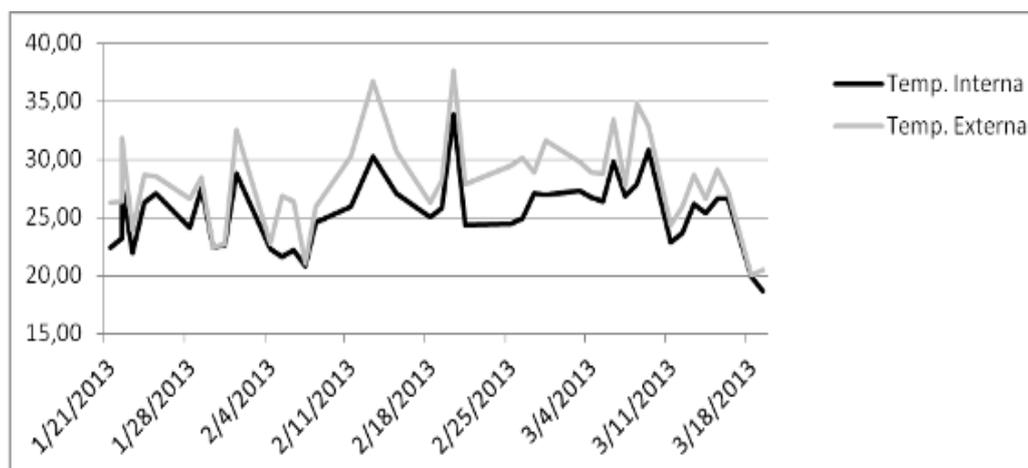


Figura 2. Temperatura interna e externa da estufa durante o experimento, CCA/UFSCar, Araras, SP.

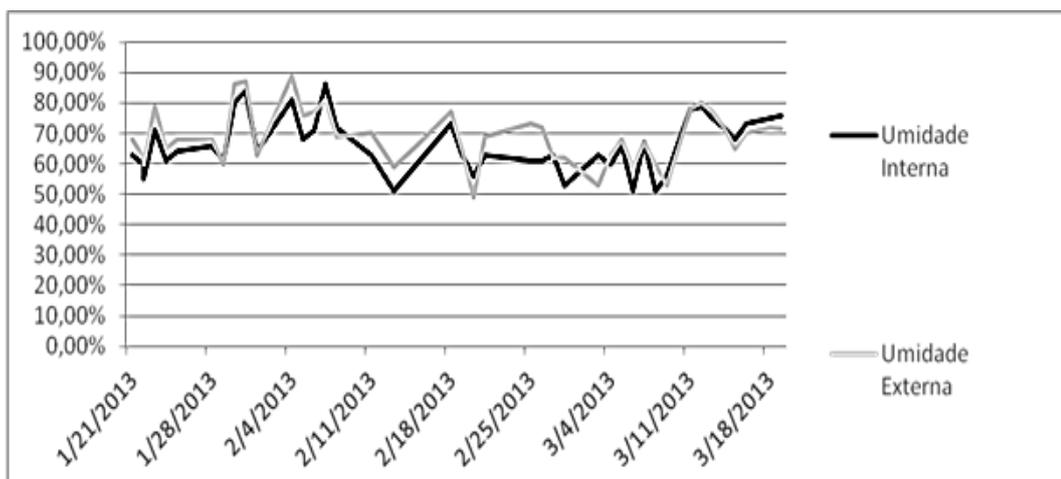


Figura 3. Teores de umidade interna e externa da estufa, CCA/UFSCar, Araras, SP.

4.2. Espécies utilizadas

Ceiba speciosa (A. St-Hil.) Ravenna (Malvaceae), popularmente conhecida como paineira, é uma Angiosperma nativa das florestas do interior do estado de São Paulo, tendo também sua distribuição geográfica no Pará, Bahia, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Paraná, Rio Grande do Sul e Santa Catarina (DUARTE, 2013). Possuem folhas compostas digitadas com cinco a sete folíolos e margem do limbo dentada. *C. speciosa* cresce de 15 a 30 m em altura e seu diâmetro pode variar entre 0,8 m a 1,20 m (LORENZI, 2002). As flores, que surgem de dezembro a abril na floresta estacional semidecidual, são grandes e muito vistosas, de cor rosa com o miolo branco salpicado de rosa (DUARTE, 2013). O fruto, que surge de agosto a setembro e com as árvores sem folhas, é oval, e quando se abre, soltam sementes leves que flutuam com o vento (LORENZI, 2002). É considerada uma planta pioneira, adaptada a locais ensolarados, de desenvolvimento muito rápido após o plantio, o que é importante para sombrear outras espécies utilizadas na restauração de áreas degradadas (LORENZI, 2002). *C. speciosa* perde totalmente suas folhas durante a estação seca e produz grande quantidade de sementes que germinam e ajudam na regeneração natural da vegetação (DUARTE, 2013).

Handroanthus heptaphyllus (Vell.) Mattos (Bignoniaceae) é conhecida popularmente por ipê-roxo. Ela é uma planta que possui uma madeira de excelente qualidade e muito apreciada pela sua beleza de suas flores, além de possuir substâncias as quais são usadas como produtos medicinais (LOHMANN, 2011). É uma Angiosperma que ocorre na Floresta Estacional Semidecidual, na Floresta Ombrófila Densa do Domínio Atlântico e Amazônico,

Caatinga, Cerrado, Pantanal (LOHMANN, 2011). *H. heptaphyllus* é uma árvore com 8 a 12 m de altura, com casca grossa, possuindo fissuras longitudinais finas e espaçadas; é utilizada em programas de restauração de áreas degradadas. Possui ramificação grossa e tortuosa, formando uma copa grande de folhagem esparsa verde-escura com folhas digitadas e margens serrilhada, com cinco folíolos desiguais medindo de 8 com a 22 cm de comprimento por 4 cm a 12 cm de largura (CARVALHO, 2003). Floresce em agosto e meados de setembro na Floresta Estacional Semidecidual, quando a árvore está caduca (CARVALHO, 2003). O fruto é uma sílica deiscente que mede entre 25 cm a 30 cm de comprimento. As sementes são aladas, facilmente transportadas pelo vento (CARVALHO, 2003).

As escolhas das duas espécies para montagem do experimento se basearam no trabalho de Isernhagen (2010), que trabalhou com questões ligadas ao sucesso da técnica de semeadura direta para 65 espécies arbóreas comumente indicadas em projetos de restauração ecológica. *H. heptaphyllus* foi escolhida por ser uma espécie mais sensível ao estresse hídrico e por ser utilizada em projetos de restauração ecológica e paisagísticos. *C. speciosa* foi escolhida por ser uma espécie muito resistente ao stress hídrico e com crescimento rápido, e possui a característica de propiciar um sombreamento para outras espécies utilizadas na restauração de áreas degradadas (LORENZI, 2002).

4.3. Delineamento experimental

Para avaliação do teor de água, crescimento relativo em altura e diâmetro, sobrevivência e longevidade das plantas, foram adquiridas mudas de *C. speciosa* e de *H. heptaphyllus*, as quais apresentavam altura em torno de 68 cm e 106 cm, respectivamente e com a mesma idade de semeadura dentre as duas espécies.

As mudas foram transferidas para vasos de polietileno, contendo 8 dm³ de Neossolo Quartzarênico coletado no dia 07/01/2013 em Leme, SP, que foi previamente peneirado e seco em estufa por 10 dias . A caracterização do solo ocorreu em laboratório, seguindo o método da EMBRAPA (1997). Os vasos de polietileno possuíam 0,24 m de diâmetro e 0,18 m de altura. O experimento foi baseado no trabalho de Cabral (2011), porém, com a variável planta nativa.

O experimento foi organizado em delineamento inteiramente casualizado, com a testemunha e sete tratamentos com quatro repetições para cada uma das espécies (Figura 4):

- Testemunha: Não foi aplicado higrigel no vaso que continha uma muda de espécie nativa. Nesse tratamento foi utilizada na irrigação água de abastecimento (AB);

- Tratamento 1: Não foi aplicado hidrogel no vaso que continha uma muda de espécie nativa. Nesse tratamento foi utilizada na irrigação, água de reúso (AR);
- Tratamento 2: Aplicou-se 1 g de hidrogel transferido para vasos, contendo uma muda de espécie nativa. Nesse tratamento foi utilizada na irrigação AB;
- Tratamento 3: Aplicou-se de 1 g de hidrogel transferido para vasos, contendo uma muda de espécie nativa. Nesse tratamento foi utilizada na irrigação AR;
- Tratamento 4: Aplicou-se de 4 g de hidrogel transferido para vasos, contendo uma muda de espécie nativa. Nesse tratamento foi utilizada na irrigação AB;
- Tratamento 5: Aplicou-se de 4 g de hidrogel transferido para vasos, contendo uma muda de espécie nativa. Nesse tratamento foi utilizada na irrigação AR;
- Tratamento 6: Aplicou-se de 8 g de hidrogel transferido para vasos, contendo uma muda de espécie nativa. Nesse tratamento foi utilizada na irrigação AB;
- Tratamento 7: Aplicou-se de 8 g de hidrogel transferido para vasos, contendo uma muda de espécie nativa. Nesse tratamento foi utilizada na irrigação AR.



Figura 4. Imagem do local do experimento após os sorteios dos croquis dos tratamentos e repetições através do delineamento inteiramente casualizado (DIC), CCA/UFSCar, Araras-SP.

O hidrogel utilizado foi quantificado em balança semianalítica e acondicionado em copos plásticos (Figura 5) para serem, em seguida, transferidos nas covas das mudas que seriam replantadas nos vasos.



Figura 5. Copos plásticos utilizados para pesagens dos hidrogéis nos respectivos tratamentos, CCA/UFSCar, Araras-SP.

Após o plantio das mudas, com um becker graduado, foram realizadas em cada tratamento, quatro irrigações, em todas elas foram utilizados três litros de água cada, fazendo com que o solo atingisse a capacidade de campo. O turno de rega utilizado neste experimento foi de sete dias, com a drenagem do excesso de água. Após isso, foram cessadas as irrigações e as mudas mantidas em seca até a morte. A água de reúso utilizada no experimento foi proveniente de uma estação de tratamento simplificada de esgoto doméstico por leito cultivado de macrófitas, implantada em área experimental do CCA; a água de abastecimento utilizada foi retirada de uma torneira localizada próximo à casa de vegetação, proveniente no sistema de água de Araras, SP.

4.4. Levantamentos dos dados

Durante a condução do experimento que durou 184 dias, foram avaliados o crescimento relativo de altura e diâmetro, o crescimento das raízes, o teor de água no solo e a mortalidade das plantas. A umidade do solo foi analisada todas as segundas, quartas e sextas - feira, do início, no dia 17/01/2013, ao final do experimento, no dia 09/07/2013, ou até o momento que as mudas fossem morrendo.

Para avaliação do crescimento da parte aérea foram utilizados métodos indiretos (ou não destrutivos), buscando medir a altura total e o diâmetro das mudas para estimar com

precisão o desenvolvimento das mesmas. Esse método não destrutivo de medição da altura total e diâmetro foi escolhido pela facilidade de mensuração e por apresentar alta correlação com o desenvolvimento e o vigor das mudas (CLEMENT; BOVI, 2000).

As mensurações de altura foram realizadas com trena, do colo até a ponta da folha mais alta; e os diâmetros do colo foram mensurados com paquímetro manual no coleto da planta acima da superfície do solo. As análises de crescimento da altura de plantas e dos diâmetros de caules dos tratamentos foram realizadas semanalmente até o final do experimento.

As análises de longevidade e mortalidade das mudas nos tratamentos foram realizadas diariamente até o final do experimento e levaram em consideração, o ponto de murcha permanente das plantas (VIEHMEYER; HENDRICKSON, 1949), secagem das folhas e caule e morte da gema apical.

No controle de processos hidrológicos, a umidade do solo é um dos elementos mais relevantes, pois influencia no escoamento superficial, na evaporação de água do solo e na transpiração das plantas (ÁVILA et al., 2010). Os métodos de medida da umidade do solo podem ser diretos ou indiretos (MIRANDA, 2007). A gravimetria é um método direto e é considerado o método padrão, porém esse método realiza leituras no solo de forma destrutiva, sendo inadequado para esse experimento, pois nesse método a massa de água presente numa dada amostra de solo é obtida por diferença entre o peso da amostra úmida e seca (GILBERTO JÚNIOR, 2003), dificultando a sua aplicação nos casos em que o conhecimento da umidade do solo é exigido com maior frequência. Portanto o método utilizado neste experimento foi o classificado por Benedí e Carpena (2005), os métodos indiretos através de tensiômetros. Esse método tensiométrico é utilizado para a obtenção do potencial matricial e o volume de água no solo, e foi escolhido porque o tensiômetro é um aparelho simples, barato, não requer calibração e nem é afetado pela salinidade do solo; no entanto, é necessário o conhecimento da curva de retenção de água no solo.

Para as análises de raízes - como volumes de raízes e áreas superficiais de raízes - foi utilizado o método que consta no aplicativo Safira (EMBRAPA INSTRUMENTAÇÃO AGROPECUÁRIA, 2013), no qual foram tiradas fotos digitais de todas as raízes das plantas (Figura 6). A inserção das imagens no software, o Safira (EMBRAPA INSTRUMENTAÇÃO AGROPECUÁRIA, 2013) consegue obter uma boa estimativa dos diâmetros das raízes na imagem através da “transformada” de distância (Figura 7) e também apresenta o esqueleto da raiz, que é eficaz para obter a parte central do objeto (Figura 8).

Após a apresentação da imagem segmentada e do esqueleto das raízes, o software apresenta os resultados de volume, área superficial e diâmetros médios ponderados através de um histograma, que apresentam as medidas em milímetros.



Figura 6. Foto digital tirada da planta após o término do experimento para avaliar o volume e área superficial das raízes. A foto se refere a uma das raízes de *H. heptaphyllus* utilizado no experimento, CCA/UFSCar, Araras-SP.

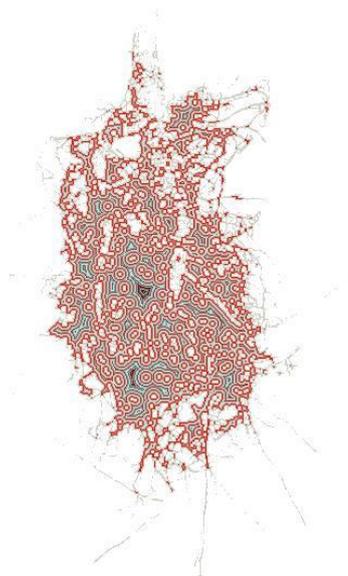


Figura 7. Transformada de distância de uma das raízes de *H. heptaphyllus*.

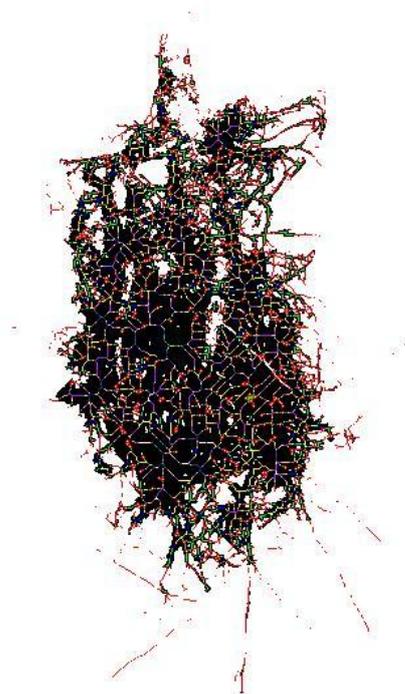


Figura 8. Esqueleto de uma das raízes de *H. heptaphyllus* rotulado por diferentes cores, representando as diferentes faixas de diâmetros.

4.5. Caracterização e análise dos dados químicos da água de reúso e de abastecimento

A água residuária tratada e de abastecimento utilizadas no experimento foram caracterizadas pela determinação de alguns macros e micronutrientes. Semanalmente durante as irrigações, nos dias 01/02/2013, 08/02/2013, 15/02/2013 e 22/02/2013, foram coletadas amostras de água de reúso e água de abastecimento, a fim de determinar suas características químicas, totalizando quatro coletas. As amostras eram retiradas no período da manhã diretamente da caixa d'água de reúso de 500L e da torneira que fornecia a água de abastecimento e em seguida, levadas ao laboratório da Agrosafety Monitoramento Agrícola LTDA, Piracicaba, SP, para a determinação dos seguintes parâmetros físico-químicos: pH; condutividade elétrica (CE - $\mu\text{S cm}^{-1}$); oxigênio dissolvido (OD - mg L^{-1}); temperatura (T - $^{\circ}\text{C}$); turbidez (NTU); salinidade (ppt); resistividade (K Ω); sólidos totais dissolvidos (TDS - mg L^{-1}); porcentagem de sódio trocável (PST - %), nitrogênio inorgânico total (NT - mg L^{-1}); nitrogênio nitrato (N- NO_3^- - mg L^{-1}); nitrogênio nitrito (N- NO_2^- - mg L^{-1}); ortofosfato (mg L^{-1}); fósforo total (P_T - mg L^{-1}); alumínio (Al - mg L^{-1}); cobre (Cu - mg L^{-1}) e Ferro (Fe - mg L^{-1}). Adotou-se o método proposto pelo Standards Methods (APHA, 2012) para a amostragem e análises.

4.6. Caracterização e análise dos dados físico-químicos e físicos do solo e sua salinidade

As amostras foram enviadas para o laboratório de Química e Fertilidade de Solos do Departamento de Recursos Naturais e Proteção Ambiental (DRNPA) do CCA. O solo foi coletado para ser realizada uma análise química completa, seguindo o método de RAIJ et al. (2001): pH, M.O, P, H+Al, Al⁺³, Ca⁺², Mg⁺², K⁺, Na⁺, Soma de Bases (SB), Capacidade de Troca de Cátions (CTC) e Saturação por bases (V%). As características físicas do solo analisadas foram: porcentagem de argila, areia, silte, potencial matricial e granulometria, seguindo o método de Embrapa (1997).

Após o término do experimento, seguindo o método de RAIJ et al. (2001) para realização de uma análise completa, uma amostra composta de solo de cada tratamento foi coletada, sendo misturadas frações iguais de cada parcela de repetição dos tratamentos, homogeneizando-as em um balde de 20 litros, totalizando 16 amostras. Foram determinadas as seguintes características: pH, M.O, P, H+Al, Al⁺³, Ca⁺², Mg⁺², K⁺, Na⁺, Soma de Bases (SB), Capacidade de Troca de Cátions (CTC) e Saturação por bases (V%).

4.7. Análises dos dados

Nos casos em que foram comprovadas diferenças significativas entre as médias dos tratamentos por meio de análises de variância (ANOVA), foram realizados testes de comparações múltiplas de média com o teste de Tukey ($0,01 \leq p < 0,05$) (ZAR, 1999). Os resultados foram calculados, utilizando o aplicativo “ASSISTAT” (UFCG, 2013).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Crescimento relativo de altura, diâmetro, longevidade das mudas e crescimento de raízes.

Neste trabalho, observou-se diferenças significativas na altura das plantas de *H. heptaphyllus* e *C. speciosa* nos tratamentos de 4 g e 8 g de hidrogel por 8 dm³, em comparação à testemunha (Tabela 2), porém, entre esses tratamentos não foram verificadas diferenças significativas, caracterizando então que a dosagem de 4 g de hidrogél apresentou

os mesmos benefícios que a dosagem de 8 g de hidrogel, tanto para *H. heptaphyllus* quanto para *C. speciosa*. As dosagens de 1 g de hidrogel somente apresentaram diferenças significativas em comparação à testemunha apenas para o experimento da *C. speciosa*, porém na mesma concentração de hidrogel para *H. heptaphyllus* não se observou diferenças estatísticas em relação à testemunha.

Tabela 2. Média de crescimento da altura das parcelas e tratamentos.

Espécies	Fonte de água	Dosagem (g)	Média (cm)
<i>C. speciosa</i>	AB	0	0,50 ^C
	AB	1	2,25 ^B
	AB	4	4,25 ^A
	AB	8	4,50 ^A
	AR	0	0,50 ^C
	AR	1	2,25 ^B
	AR	4	3,75 ^{AB}
	AR	8	4,75 ^A
<i>H. heptaphyllus</i>	AB	0	0 ^D
	AB	1	2 ^{BDC}
	AB	4	4 ^{AB}
	AB	8	3,50 ^{AB}
	AR	0	0,25 ^{CD}
	AR	1	2,25 ^{BC}
	AR	4	3,75 ^{AB}
	AR	8	5,25 ^A

Onde: Foi aplicado o Teste de Tukey: $0,01 \leq p < 0,05$. AB: água de abastecimento e AR: água de reúso.

Para os tratamentos de *C. speciosa*, o coeficiente de variação (CV%) foi de 23,53, e a diferença mínima significativa foi de 1,86 cm, a média geral de 2,84 cm e a estatística do teste F de 26,62. Já para *H. heptaphyllus*, o coeficiente de variação (CV%) foi de 36,47, com ponto médio de 3,5 cm e diferença mínima significativa de 2,24 cm, média geral de 2,62 cm e a estatística do teste F de 14,8831.

Durante a execução do experimento, *C. speciosa* apresentou um crescimento médio de altura de caule de até 4,25 cm e *H. heptaphyllus* de até 5,25 cm com o uso de hidrogel, verificando estatisticamente que influenciou de modo positivo o crescimento de altura das espécies testadas.

Os resultados contrapõe Barbosa et. al. (2013), no que diz respeito à influência do hidrogel no incremento médio em altura, onde o autor trabalhou com 30 espécies arbóreas nativas e concluiu que o hidrogel não interferiu no crescimento dessas mudas ao longo do período de avaliação (12 meses), não tendo sido constatadas diferenças significativas nos tratamentos que continham hidrogel.

Porém, esses resultados confirmam o que diversos autores encontraram, quando relataram as vantagens com a utilização do hidrogel, como a aceleração do crescimento da parte aérea (LAMONT; O'CONNELL 1987, VLACH 1991). Buzetto et al. (2002) relataram, que o hidrogel foi capaz de promover maior sobrevivência e crescimento de *Eucalyptus urophylla*.

Nas análises de crescimento relativo em diâmetro de caule das mudas de *H. heptaphyllus* e de *C. speciosa* foram observadas diferenças estatísticas entre as médias dos tratamentos de 4 g e 8 g de hidrogel se comparados com a testemunha (Tabela 3). Assim, pode-se dizer que para *C. speciosa*, essas dosagens são viáveis para acelerar o crescimento de diâmetro de caule das espécies estudadas. A melhor dosagem que influencia de forma positiva o desenvolvimento de *C. speciosa* com economia de hidrogel em projeto de restauração é a dosagem de 4 g de hidrogel, visto que na maioria das análises essa dosagem não apresentou diferenças significativas dos tratamentos de 8 g de hidrogel. Para *H. heptaphyllus*, as dosagens de 8 g de hidrogel apresentaram melhores resultados (Tabela 3).

Para os tratamentos das *C. speciosa*, o CV% foi de 30,62, com a diferença mínima significativa de 1,44 mm, média geral de 2,0 mm e estatística do teste F de 18,667. Já para os tratamentos das *H. heptaphyllus*, o CV% foi de 41,87, com a diferença mínima significativa de 1,19 mm, média geral de 1,22 mm com a estatística do teste F de 21,5143.

Durante a execução do experimento a *C. speciosa* apresentou um crescimento de diâmetro de caule de até 3,25 mm e *H. heptaphyllus* de até 3,00 mm com o uso de hidrogel, observando que influenciou de modo positivo o diâmetro de caule das espécies testadas.

Em relação ao uso de água de reúso e água de abastecimento ao desenvolvimento em altura e diâmetro de *C. speciosa* e de *H. heptaphyllus*, não foram notadas diferenças estatísticas entre os tratamentos. Assim, pelo fato da reutilização de águas não trazer benefícios e nem malefícios, a sua utilização poderá ser uma viável forma de racionalização do uso da água, reduzindo os volumes de águas de reúso descartadas em leitos hídricos e redução de água potável em irrigação (CAPRA; SCICOLONE, 2004).

Para as análises de crescimento de raízes os resultados de área superficial e volume de raízes estão apresentados respectivamente nas tabelas 4 e 5.

Tabela 3. Média de crescimento em diâmetro de caule das parcelas e tratamentos.

Espécies	Fonte de água	Dosagem (g)	Média (mm)
<i>C. speciosa</i>	AB	0	0,50 ^B
	AB	1	1 ^B
	AB	4	2,75 ^A
	AB	8	3,75 ^A
	AR	0	0,50 ^B
	AR	1	1,25 ^B
	AR	4	3 ^A
	AR	8	3,25 ^A
<i>H. heptaphyllus</i>	AB	0	0 ^C
	AB	1	0,50 ^{BC}
	AB	4	1,25 ^B
	AB	8	3 ^A
	AR	0	0,25 ^{BC}
	AR	1	0,50 ^{BC}
	AR	4	1,25 ^B
	AR	8	3 ^A

Onde: Foi aplicado o Teste de Tukey: $0,01 \leq p < 0,05$. AB: água de abastecimento e AR: água de reúso.

Tabela 4. Média de crescimento em área superficial das raízes dos tratamentos.

Espécie	Dosagem (g)	Média (mm ²)
<i>C. speciosa</i>	0	17.331,29 ^A
	1	21.333,05 ^A
	4	8.309,47 ^B
	8	7.319,37 ^B
<i>H. heptaphyllus</i>	0	102.157,9 ^A
	1	81.226,62 ^A
	4	45.541,66 ^B
	8	16.226,37 ^C

Onde: Foi aplicado o Teste de Tukey: $0,01 \leq p < 0,05$.

Para as análises de área superficial de raízes de *C. speciosa*, o CV% foi de 31,52, com diferença mínima significativa foi de 5.833,87 mm², com média geral de 13.573,29 mm² e estatística do teste F foi de 20,5681. Já os resultados para *H. heptaphyllus*, o coeficiente de variação CV% foi de 34,18, com diferença mínima significativa de 28.570,69 mm², média geral de 61.288,12 mm² e estatística do teste F de 26,4057.

Tabela 5 Média de crescimento em volume das raízes dos tratamentos.

Espécie	Dosagem (g)	Média (mm ³)
<i>C. speciosa</i>	0	11.017,09 ^A
	1	8.668,17 ^{AB}
	4	6.815,7 ^B
	8	6.503,44 ^B
<i>H. heptaphyllus</i>	0	100.319,7 ^{NS}
	1	99.422,92 ^{NS}
	4	168.580,4 ^{NS}
	8	153.526,9 ^{NS}

Onde: NS = Não-significativo. Foi aplicado o Teste de Tukey: $0,01 \leq p < 0,05$.

Por meio da tabela 4, pode-se notar que as médias de área superficial entre as testemunhas, tanto para *C. speciosa* quanto para *H. heptaphyllus*, diferiram-se estatisticamente dos tratamentos de 4g e 8 g de hidrogel, confirmando uma expectativa inicial de que as raízes tratadas com hidrogel cresceriam em menor proporção em área. Isso se deveria ao fato das raízes tratadas com 4g e 8g estarem na zona de conforto hídrico, ou seja, as raízes não demonstraram a necessidade de se expandirem em busca de água em locais mais distantes como as raízes das testemunhas que ficaram em ambientes mais secos.

As médias de volume de raízes entre as testemunhas para *C. speciosa* diferiram-se estatisticamente dos tratamentos que houve aplicação de 4g e 8 g de hidrogel (Tabela 5), porém, para *H. heptaphyllus* não houve diferença significativa. Esses resultados de *C. speciosa* também confirmaram a expectativa inicial de que o sistema radicular da planta não cresceria pelo fato de haver uma zona de conforto hídrico no solo devido ao uso do hidrogel, porém não se confirmando para *H. heptaphyllus*.

As análises de crescimento em altura, diâmetro do caule e de raízes, possuem uma grande importância em experimentos que visam estudar os efeitos dos métodos nas espécies, visto que o crescimento em altura ou em diâmetro é um dos mais apropriados índices para avaliar as respostas das plantas ao ambiente, interferindo nos efeitos negativos de estresses abióticos e bióticos (NILSEN; OECUTT; 1996). Segundo Guimarães (2009), a mensuração do diâmetro do caule é uma característica importante, uma vez que, quanto maior o seu valor, maior será robustez, vigor e resistência da planta, o que está de acordo com os resultados desse trabalho (Tabela 3). Segundo Carneiro (1976), o aumento do diâmetro do caule está diretamente relacionado ao aumento do sistema radicular, porém não foi comprovado neste experimento, visto que os maiores crescimento de diâmetro de caule foram na maior dosagem

de hidrogel; e nessas dosagens (8g) os resultados de área de raízes e volume de raízes apresentaram os menores índices (Tabelas 3, 4 e 5). Assim, é de se esperar que plantas que apresentam maior diâmetro de caule, aliado com o hidrogel, tenham possibilidade de melhor nutrição e maior resistência ao déficit hídrico.

Em relação à longevidade, com resultados de diferenças significativas considerando $p < 0,01$, afirma-se que o uso de hidrogel utilizado em plantio de *H. heptaphyllus* e de *C. speciosa* proporcionou uma maior longevidade às plantas, reduzindo o estresse hídrico, e se tornando uma alternativa viável para redução de irrigação. Verificaram-se diferenças significativas nas médias a partir dos tratamentos que continham 4 g para *C. speciosa* e a partir dos tratamentos que continham 1 g de hidrogel para *H. heptaphyllus* (Tabela 6). Apesar dos resultados de longevidade demonstrar em que a utilização dos polímeros hidrogéis apresentou resultados com diferenças significativas se comparados com as testemunhas, entre os tratamentos utilizando água de reuso e água de abastecimento não foram encontradas diferenças significativas, caracterizando que a água de reuso não interferiu nem positivamente e negativamente na capacidade do hidrogel em armazenar água no solo e disponibiliza-la para as plantas.

Tabela 6. Média de longevidade e mortalidade nas parcelas e tratamentos para *C. speciosa* e *H. heptaphyllus*.

Espécie	Fonte de água	Dosagem (g)	Diferenças
<i>C. speciosa</i>	AB	0	150,25 ^D
	AR	0	150,25 ^D
	AB	1	156,75 ^{CD}
	AR	1	154,70 ^D
	AB	4	164,25 ^{BC}
	AR	4	169,00 ^{AB}
	AB	8	175,00 ^A
	AR	8	174,00 ^A
<i>H. heptaphyllus</i>	AB	0	45,50 ^C
	AR	0	43,75 ^C
	AB	1	63,50 ^{AB}
	AR	1	62,00 ^B
	AB	4	70,50 ^{AB}
	AR	4	68,50 ^{AB}
	AB	8	68,00 ^{AB}
	AR	8	77,25 ^A

Onde: Foi aplicado o Teste de Tukey: $0,01 \leq p < 0,05$. AB: água de abastecimento e AR: água de reuso.

Para as análises de longevidade de *C. speciosa*, o CV% foi de 2,29, com diferença mínima significativa de 8,67366 dias, média geral de 161,78 dias e a estatística do teste F de 30,06. Para as análises de longevidade de *H. heptaphyllus*, o CV% foi de 9,88, com diferença mínima significativa de 14,49 dias, média geral de 62,71 dias e estatística do teste F de 15,33. Em relação à utilização da água de reúso e da água de abastecimento na longevidade de *C. speciosa* e de *H. heptaphyllus*, não houve diferenças estatísticas nos tratamentos, podendo então a água de reúso ser utilizada como uma forma sustentável de racionalização da água.

Os resultados obtidos neste estudo apoiam as expectativas iniciais, tais como os efeitos positivos dos polímeros hidrogéis nas taxas de crescimento relativo de altura e diâmetro de caule e no aumento da longevidade de plantas, atuando como condicionador de solo, retendo sua umidade por mais tempo e disponibilizando para as plantas em períodos mais secos, reduzindo o estresse hídrico. Apesar de não se testar o hidrogel em mudas nativa pós-plantio, este estudo se opôs ao de Saad et al. (2009), que, utilizando hidrogéis em manejo hídrico em viveiro na produção de *Eucalyptus urograndis*, não verificaram em aumento da longevidade e sobrevivência das plantas, tanto no solo argiloso quanto no arenoso.

A demonstração dos resultados positivos do hidrogel verificados para *C. speciosa* e *H. heptaphyllus* não é uma afirmação garantida que os benefícios sejam replicados para outras espécies de plantas, visto que Nissen e Ovando (1999) verificaram a eficácia do hidrogel para longevidade, diâmetro de colo e altura para *Nothofagus dombey*; porém não foram verificaram os mesmos benefícios para *N. obliqua*. Esse ponto pode ser notado também neste trabalho, uma vez que *H. heptaphyllus* não apresentou os mesmos resultados de longevidade apresentados pela espécie *C. speciosa*. Esta demonstrou uma melhor resposta ao tratamento de hidrogel em relação à *H. heptaphyllus*, uma vez que o solo demorou mais para entrar no ponto de murcha permanente, ou seja, demorando mais para o teor de água do solo, no qual as folhas de uma planta que nele crescem, atingissem um murchamento irreversível, mesmo quando colocada em uma atmosfera saturada com vapor de água (VIEHMEYER; HENDRICKSON, 1949).

5.2. Amostras de solo

Foram realizadas análises físicas (Tabela 7) e físico-químicas do solo, antes e após o experimento (Tabela 8) com o objetivo de entender se a utilização da água de reúso iria

interferir na disponibilidade de nutrientes às plantas ou ocasionar possível salinização do solo, deixando o ambiente perigoso para a produção vegetal.

Tabela 7. Caracterização física do solo (Neossolo Quartzarênico) do município de Leme, SP (2013).

Profundidade (cm)	Potencial matricial (bar)					
	Umidade do solo (% do peso seco)					
	0,1	0,33	1	3	5	15
0 – 15	7,78	3,9	3,31	3,11	2,88	2,5
15 – 30	6,51	4,3	4,28	3,61	3,46	3,09
Profundidade (cm)	Umidade do solo (volumétrica)					
	0,1	0,33	1	3	5	15
0 – 15	12,91	6,47	5,49	5,16	4,78	4,15
15 – 30	10,94	7,22	7,19	6,06	5,81	5,19
Profundidade (cm)	Granulometria					
	Argila	Areia (%)			Silte	
		Grossa	Fina	Total		%
0 – 15	6	64	27	91	3	
15 – 30	7	69	23	92	1	
Profundidade (cm)	Massa específica g/cm ³			Porosidade (%)		
	Solo	Partícula	Micro	Macro	Total	
0 – 15	1,66	2,78	10,09	29,12	39,21	
15 – 30	1,68	2,7	8,31	29,1	37,41	

Tabela 8. Características físico-químicas do solo antes e após o experimento, CCA/UFSCar, Araras, SP.

Amostra	P Resina	MO	K	Ca	Mg	H + Al	Al	SB	CTC	V	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	
	mg/dm ³	g/dm ³	mmolc/dm ³						%	mg/dm ³							
<u>Antes do experimento</u>		22	3	0,5	4	2	18	0,5	6,4	24,4	26	17	0,2	0,3	5	0,7	0,7
<i>H.heptaphyllus</i>	AB 0g	7	1	2,4	4	2	11	0,5	7,5	18,5	41	19	0,2	0,2	4	1,1	0,6
	AB 1g	16	1	2,1	4	2	11	0,5	7,4	18,4	40	19	0,1	0,1	4	0,9	0,6
	AB 4g	11	1	2,8	3	1	11	0,6	7	18	39	20	0,4	0,1	4	0,9	0,4
	AB 8g	21	1	2,8	3	2	11	0,5	7,7	18,7	41	17	0,1	0,1	4	0,7	0,4
<i>C. speciosa</i>	AR 0g	16	1	2,1	3	2	11	0,4	6,5	17,5	37	20	0,2	0,1	4	0,9	0,3
	AR 1g	11	1	2,6	3	1	11	0,4	7,3	18,3	40	17	0,2	0,1	4	0,9	0,4
	AR 4g	14	1	3,1	3	1	11	0,4	7,6	18,6	41	17	0,1	0,1	4	0,8	0,4
	AR 8g	9	1	1,8	4	1	11	0,6	7	18	39	17	0,1	0,1	4	0,7	0,4
	AB 0g	14	1	4,3	6	2	11	0,4	12,1	23,1	52	22	0,1	0,1	6	1,1	1,2
	AB 1g	16	1	2,1	6	2	12	0,5	9,4	21,4	44	20	0,2	0,1	5	0,9	1
	AB 4g	10	1	2	5	1	11	0,4	8	19	42	15	0,2	0,1	5	0,7	0,7
	AB 8g	11	1	1,3	4	2	11	0,4	6,6	17,6	37	16	0,1	0,1	4	0,6	0,7
AR 0g	10	4	1,3	10	2	13	0,4	13,6	26,6	51	18	0,3	0,2	9	1,8	2,6	
AR 1g	47	5	1,4	10	3	13	0,4	14,2	27,2	52	21	0,3	0,2	9	1,6	2,5	
AR 4g	11	3	1,3	10	2	12	0,4	13,3	25,3	53	21	0,1	0,2	7	1,4	2,3	
AR 8g	9	1	1,3	4	2	11	0,2	7,1	18,1	39	21	0,2	0,1	5	0,6	0,5	

Em relação à matéria orgânica, Fonteno e Bildebacka (1993) verificaram que os polímeros expandiram-se muito menos do que imerso apenas em água destilada, atribuindo isso à falta de água livre no substrato na condição de capacidade de recipiente e à expansão do polímero, mostrando que o potencial de retenção de água dos hidrogéis pode ser limitado. Neste experimento o tratamento que apresentou diferença estatística no teor de matéria orgânica (Tabela 9) foi o tratamento água de reúso de *C. speciosa*, não apresentando diferença significativa de absorção de água se comparado com água de abastecimento. A irrigação com água de reúso apresentou diferenças significativas de alguns nutrientes (Tabelas 9 e 10).

Tabela 9. Análise de variância (ANOVA) entre as médias com teste Tukey ($p < 0,01$), comparando *H. heptaphyllus* e *C. speciosa*.

Análise	Espécies	Fonte de água	Média
p resina (mg/dm ³)	<i>H. heptaphyllus</i>	AB	13,75 ^{NS}
	<i>C. speciosa</i>	AB	12,75 ^{NS}
	<i>H. heptaphyllus</i>	AR	12,5 ^{NS}
	<i>C. speciosa</i>	AR	19,25 ^{NS}
M.O. g/dm ³	<i>H. heptaphyllus</i>	AB	1 ^B
	<i>C. speciosa</i>	AB	1 ^B
	<i>H. heptaphyllus</i>	AR	1 ^B
	<i>C. speciosa</i>	AR	3 ^A
pH (CaCl ₂)	<i>H. heptaphyllus</i>	AB	5,75 ^{NS}
	<i>C. speciosa</i>	AB	5,75 ^{NS}
	<i>H. heptaphyllus</i>	AR	5,85 ^{NS}
	<i>C. speciosa</i>	AR	5,53 ^{NS}
K (mmolc/dm ³)	<i>H. heptaphyllus</i>	AB	2,53 ^{NS}
	<i>C. speciosa</i>	AB	2,43 ^{NS}
	<i>H. heptaphyllus</i>	AR	2,4 ^{NS}
	<i>C. speciosa</i>	AR	1,32 ^{NS}
Ca (mmolc/dm ³)	<i>H. heptaphyllus</i>	AB	3,5 ^{AB}
	<i>C. speciosa</i>	AB	5,25 ^B
	<i>H. heptaphyllus</i>	AR	3,25 ^A
	<i>C. speciosa</i>	AR	8,5 ^B
CTC (mmolc/dm ³)	<i>H. heptaphyllus</i>	AB	18,4 ^B
	<i>C. speciosa</i>	AB	20,28 ^B
	<i>H. heptaphyllus</i>	AR	18,1 ^B
	<i>C. speciosa</i>	AR	24,3 ^A
V (%)	<i>H. heptaphyllus</i>	AB	40,25 ^{NS}
	<i>C. speciosa</i>	AB	43,75 ^{NS}
	<i>H. heptaphyllus</i>	AR	39,25 ^{NS}
	<i>C. speciosa</i>	AR	48,75 ^{NS}

Onde: NS = Não-significativo. Foi aplicado o Teste de Tukey: $0,01 \leq p < 0,05$. AB: água de abastecimento e AR: água de reúso.

Tabela 10. Análise de variância (ANOVA) entre as médias com teste Tukey comparando *H. heptaphyllus* e *C. speciosa*.

Análise	Espécies	Fonte de água	Média
Mg (mmolc/dm3)	<i>H. heptaphyllus</i>	AB	1,75 ^{NS}
	<i>C. speciosa</i>	AB	1,75 ^{NS}
	<i>H. heptaphyllus</i>	AR	2,25 ^{NS}
	<i>C. speciosa</i>	AR	1,25 ^{NS}
H+Al (mmolc/dm3)	<i>H. heptaphyllus</i>	AB	11 ^B
	<i>C. speciosa</i>	AB	11,25 ^{AB}
	<i>H. heptaphyllus</i>	AR	11 ^B
	<i>C. speciosa</i>	AR	12,25 ^A
Al (mmolc/dm3)	<i>H. heptaphyllus</i>	AB	0,53 ^{NS}
	<i>C. speciosa</i>	AB	0,42 ^{NS}
	<i>H. heptaphyllus</i>	AR	0,45 ^{NS}
	<i>C. speciosa</i>	AR	0,35 ^{NS}
SB (mmolc/dm3)	<i>H. heptaphyllus</i>	AB	7,4 ^B
	<i>C. speciosa</i>	AB	9,03 ^B
	<i>H. heptaphyllus</i>	AR	7,1 ^B
	<i>C. speciosa</i>	AR	12,05 ^A
S (mg/dm3)	<i>H. heptaphyllus</i>	AB	18,75 ^{NS}
	<i>C. speciosa</i>	AB	18,25 ^{NS}
	<i>H. heptaphyllus</i>	AR	17,75 ^{NS}
	<i>C. speciosa</i>	AR	20,25 ^{NS}
B (mg/dm3)	<i>H. heptaphyllus</i>	AB	0,2 ^{NS}
	<i>C. speciosa</i>	AB	0,15 ^{NS}
	<i>H. heptaphyllus</i>	AR	0,13 ^{NS}
	<i>C. speciosa</i>	AR	0,25 ^{NS}
Cu (mg/dm3)	<i>H. heptaphyllus</i>	AB	0,13 ^{AB}
	<i>C. speciosa</i>	AB	0,1 ^B
	<i>H. heptaphyllus</i>	AR	0,1 ^B
	<i>C. speciosa</i>	AR	0,17 ^A
Fe (mg/dm3)	<i>H. heptaphyllus</i>	AB	4 ^B
	<i>C. speciosa</i>	AB	5 ^B
	<i>H. heptaphyllus</i>	AR	4 ^B
	<i>C. speciosa</i>	AR	7,5 ^A
Mn (mg/dm3)	<i>H. heptaphyllus</i>	AB	0,9 ^{NS}
	<i>C. speciosa</i>	AB	0,83 ^{NS}
	<i>H. heptaphyllus</i>	AR	0,83 ^{NS}
	<i>C. speciosa</i>	AR	1,35 ^{NS}
Zn (mg/dm3)	<i>H. heptaphyllus</i>	AB	0,5 ^B
	<i>C. speciosa</i>	AB	0,9 ^B
	<i>H. heptaphyllus</i>	AR	0,4 ^B
	<i>C. speciosa</i>	AR	1,98 ^A

Onde: NS = Não-significativo. Foi aplicado o Teste de Tukey: $0,01 \leq p < 0,05$. AB: água de abastecimento e AR: água de reúso.

Foi verificado também que a água de reúso não causou nenhum prejuízo ao solo e às plantas em relação aos tratamentos de água de abastecimento, pelo contrário, em alguns parâmetros notou-se inserção de alguns nutrientes e matéria orgânica. Analisando as tabelas apresentadas anteriormente, verifica-se um aumento do teor de matéria orgânica, na capacidade de troca catiônica (CTC) e na saturação de bases (SB) apenas para *C. speciosa* irrigada com água de reúso; nos demais tratamentos não houve diferenças.

Pôde ser verificado também, um aumento significativo nos teores de cobre (Cu), ferro (Fe) e zinco (Zn) nos tratamentos irrigados com irrigada com água de reúso. Já os resultados dos teores de magnésio (Mg), alumínio (Al), enxofre (S), p-resina, potássio (K), boro (B) e manganês (M) não apresentaram diferenças significativas, tanto entre os tratamentos quanto os resultados de análise pré e pós-experimento.

Assim, os resultados desse estudo, confirmaram em parte, algumas informações do estudo de Sita et. al. (2005). Estes autores observaram após 12 semanas de duração que as interações de hidrogéis com elementos nutritivos para as plantas são poucas e não conclusivas, pois a possível causa de redução de massa seca obtida no trabalho se deve ao efeito do desequilíbrio nutricional que a planta sofreu com a combinação dos fertilizantes com o polímero hidrogel. Segundo estes autores, a deterioração do hidrogel e a redução da sua capacidade de armazenar água são influenciados negativamente quando na presença de Ca, Mg e formas iônicas de ferro.

Não foram verificadas diferenças estatísticas entre os resultados da CTC para água de reúso e água de abastecimento, porém foram encontradas diferenças entre as espécies testadas. Não foram verificadas diferenças estatísticas entre os resultados de V%, apesar de verificar que a utilização de água de reúso na irrigação de produção de mudas nativas agregou no solo a incorporação de nutrientes.

Inerente ao parâmetro condutividade elétrica da água de irrigação (CE_a), sabe-se que, dependendo de sua concentração, poderá requerer um manejo criterioso, de modo a evitar danos à absorção de água pelas plantas, isto porque o valor da CE_a indica o nível de sais na água e/ou no efluente. Assim, analisando-se os resultados e tomando-se os valores de referência, verificou que a utilização de água de reúso em irrigação de plantas nativas em projetos de restauração não apresentou qualquer grau de restrição, podendo, portanto, serem perfeitamente empregados na irrigação sob critérios técnicos, sem qualquer risco de salinização (Tabela 11).

Tabela 11. Características físico-químicas da água de reúso e água de abastecimento, utilizadas nas irrigações.

Estimadores	Análise 1		Análise 2		Análise 3		Análise 4	
	AR	AB	AR	AB	AR	AB	AR	AB
pH	7,7	7,41	7,37	7,52	7,74	7,45	7,67	7,42
Nitrato (mg/L)	32	0,5	36	1	33	0,5	38	1,2
Nitrito (mg/L)	0,28	0	0,1	0	0,24	0	0,34	0
Ortofosfato (mg/L)	4	1,3	3,13	0,93	4,5	2,93	3,9	0,86
CE (dS.m ⁻¹)	0,34	0,18	0,36	0,19	0,27	0,18	0,34	0,26
Salinidade (ppt)	0,14	0,09	0,17	0,09	0,13	0,08	0,16	0,12
Resistividade (KΩ)	2,92	5,74	2,78	5,07	3,78	5,75	2,93	3,86
TDS (mg/L)	220	110	242	131	177	116	226	173
Temperatura (°C)	25,1	25,2	28,5	28,4	25,9	26,5	25,2	25,1
Alumínio (mg/L)	0,03	0	0,07	0	0,04	0	0	0
Cobre (mg/L)	0	0	0,03	0	0	0	0	0
Ferro (mg/L)	0,07	0	0,07	0,02	0,08	0	0,1	0,03
Fosforo total (mg/L)	1,25	0,05	0,84	0,15	1,18	0,08	0,96	0,24
Nitrogênio Total (mg/L)	12,3	0	11	0,6	11,3	0	11,1	0,05

Onde: AB: água de abastecimento e AR: água de reúso. CE: condutividade elétrica; Turb: turbidez; TDS: sólidos dissolvidos totais; CT: coliformes totais.

Quanto à condutividade elétrica da água de reúso, o efluente está enquadrado na classe C2, salinidade média, na faixa de 0,25 e 0,75 dS.m⁻¹, sendo recomendável sua aplicação sempre que houver grau moderado de lixiviação. Somente recomenda-se sua aplicação em solo que se cultivam plantas com moderada tolerância aos sais, sem práticas especiais de controle, na maioria dos casos (Bernardo et al, 2008). Esses resultados são discordantes de Azevedo et al. (2007), que estudando o reúso agrícola de AR e AB sobre o milho forrageiro, constataram que a AR apresentou valores de CE_a de 1,5 dS.m⁻¹, sendo mais que o dobro da encontrada na AB utilizada neste trabalho. Porém, sabe-se que todos os efluentes diferem de localidade e hora que são descartados, na qual as características da AR utilizadas neste experimento foram de esgoto doméstico, de uma Universidade e em período de férias acadêmica. Analisando-se os valores médios da CE_a conclui-se que os solos apresentam risco médio de salinização.

5.3. Análises de umidade do solo.

Nos dia 17/01/2013, 24/01/2013, 01/02/2013 e 08/02/2013 foram realizadas as irrigações com água de reúso e tratada, seguindo o Cabral (2011), e em seguida foram

cessadas as irrigações e após esses dias as verificações da umidade foram realizadas com o tensiômetro Watermark, que utiliza como parâmetro a resistência elétrica, no qual o equipamento mede uma faixa de 0-199 centibar. Assim, quanto mais próximos os resultados estivessem de zero, maior seria a umidade do solo, e quando próximo de 10 centibar, o solo se apresentava saturado de água e quanto mais próximo dos valores de 199 centibar o solo apresentava a menor umidade, se caracterizando como muito seco (Tabelas 12 e 13).

Tabela 12. Umidade do solo em período de seca.

Espécie	Dosagem	Dia 01 (cbar)	Dia 05 (cbar)	Dia 8 (cbar)	Dia 14 (cbar)	Dia 19 (cbar)	Dia 26 (cbar)	Dia 34 (cbar)	Dia 39 (cbar)
<i>C. speciosa</i>	0g	16,7 ^{AB}	46,3 ^{BCD}	107,8 ^{AB}	199,0 ^A				
	1g	10,5 ^{CDE}	32,1 ^{CDE}	74,1 ^{BC}	169,5 ^A	184,5 ^A	199,0 ^A	199,0 ^A	199,0 ^A
	4g	9,6 ^{DE}	31,5 ^{CDE}	58,1 ^{CD}	102,6 ^B	127,6 ^B	167,1 ^A	184,8 ^A	199,0 ^A
	8g	5,8 ^E	13,8 ^E	18,8 ^E	50,5 ^C	73,8 ^C	116,5 ^B	150,8 ^B	189,4 ^B
<i>H. heptaphyllus</i>	0g	18,5 ^A	73,6 ^{AB}	127,5 ^A	188,7 ^A	194,1 ^A	199,0 ^A	199,0 ^A	199,0 ^A
	1g	15,0 ^{ABCD}	46,6 ^{BC}	80,9 ^{BC}	172,3 ^A	188,2 ^A	199,0 ^A	199,0 ^A	199,0 ^A
	4g	13,5 ^{ABCD}	68,0 ^{AB}	121,3 ^A	173,4 ^A	189,6 ^A	197,0 ^A	199,0 ^A	199,0 ^A
	8g	12,3 ^{BCD}	22,8 ^{DE}	36,8 ^{DE}	101,7 ^B	135,9 ^B	183,8 ^A	199,0 ^A	199,0 ^A

Onde: NS = Não-significativo. Foi aplicado o Teste de Tukey: $0,01 \leq p < 0,05$. AB: água de abastecimento e AR: água de reúso.

Verifica-se que nos tratamentos de 8g de hidrogel tanto para *C. speciosa* quanto para *H. heptaphyllus* quando comparados aos demais tratamentos, a umidade no solo se manteve por mais tempo, chegando ainda a haver diferença estatística significativa até o dia 22/03/2013 (Tabelas 12 e 13). Na última avaliação da umidade de solo realizada no dia 25/03/2013 já não houve diferenças significativas e o solo secou completamente. Esse trabalho confirmou os resultados de Cabral (2011), cujo qual o autor afirmou que as dosagens de hidrogel utilizadas demonstraram aumentar a capacidade de armazenamento de água no solo e que a melhor dosagem foi a de 4 g, pois essa dosagem se comparada com dosagens maiores (8 g e 12 g de hidrogel em 8 dm³ de solo), apresentou o armazenamento de água próximo, gerando um menor consumo do produto. Para alguns poucos parâmetros estudados, a dosagem de 8 g de hidrogel apresentou melhores resultados.

O estudo confirmou os efeitos positivos, colaborando com estudos apresentados anteriormente com o uso de hidrogel na produção vegetal (SHAINBERG; LEVY, 1994; WALLACE, 1987; SAYED et al., 1991; NAIK; CHAND, 2006; BUZETTO et al., 2002). Além disso, os resultados apresentados nesse estudo estão de acordo com os de NIMAH et al. (1983), que verificaram que com o uso de hidrogéis houve diferença na disponibilidade de

água em solos distintos que receberam adição desses polímeros tanto em solos arenosos quanto em solos argilosos.

6. CONCLUSÃO

- Houve diferenças significativas entre as médias dos tratamentos a partir do tratamento de 1 g de hidrogel para crescimento de altura de plantas para *C. speciosa*. Para *H. heptaphyllus* houve diferenças significativas em altura de plantas a partir de 4g de hidrogel.

- Houve diferenças significativas entre as médias dos tratamentos a partir dos tratamentos de 4 g de hidrogel para crescimento de diâmetro de caule tanto para *C. speciosa* quanto para *H. heptaphyllus*.

- Houve um aumento significativo entre as médias dos tratamentos da longevidade das plantas de *H. heptaphyllus* e *C. speciosa* nos tratamentos que continham hidrogéis, reduzindo o estresse pela falta de água, prolongado o teor de umidade do solo, acelerando o crescimento vegetativo das plantas, tanto no crescimento em altura quanto em diâmetro de caule e assim contribuindo com projetos de restauração ecológica.

- Houve diferenças significativas nos teores de matéria orgânica, cobre, ferro e zinco entre os tratamentos de água de reúso e água de abastecimento.

- Durante as irrigações, os resultados apresentaram diferenças significativas entre as médias dos tratamentos em relação à umidade de solo a partir do uso de 1g de hidrogel, tanto para *C. speciosa* quanto para *H. heptaphyllus*.

- Não houve diferenças significativas em relação ao uso de água de reúso e de abastecimento na irrigação para crescimento em altura, crescimento em diâmetro de caule e longevidade. Deste modo, sugere-se que a reutilização poderia ser encarada como uma alternativa viável para o manejo de ecossistemas naturais degradados, porque poderia promover economia hídrica.

- Sugere-se que o hidrogel contribuiria com a redução dos efeitos da sazonalidade das estações do ano e veranicos em épocas chuvosas, diminuindo os estresses hídricos que as mudas possam vir a sofrer no campo após a implantação de um projeto de restauração.

REFERÊNCIAS

- ANDEL, J.V.; ARONSON, J. **Restoration ecology: the new frontier**. Oxford: Blackwell Publ, 2005. 254 p.
- ANSETH, K.S.; BOWMAN, C.N. & BRANNON-PEPPAS, L. **Mechanical properties of hydrogels and their experimental determination**. *Biomaterials*. 17:1647-1657, 1996.
- APHA, **Standard Methods for Examination of Water and Wastewater**, 22 ed. 2012.
- Assistência estatística – ASSISTAT. UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE – UFCG. Campina Grande - PB. 2013.
- ÁVILA, L.F.; MELLO, C.R.; SILVA, A.M. **Continuidade e distribuição espacial da umidade do solo em Bacia Hidrográfica da Serra da Mantiqueira**. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v.14, n.12, p.1258–1260, Campina Grande, PB, 2010.
- AZEVEDO, T.L.F. **Avaliação da eficiência do polímero agrícola de poliácridamida no fornecimento de água para o cafeeiro (*Coffea arabica* L.) cv. Tupi**. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2000.
- AZEVEDO, M.R.Q.A. et al. **Efeito da irrigação com água residuária tratada sobre a produção de milho forrageiro**. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 2007, v. 02, n. 01, p. 63-68.
- BARBOSA, T.C.; RODRIGUES, R.R.; COUTO, H.T.Z.; **Tamanhos de recipientes e o uso de hidrogel no estabelecimento de mudas de espécies florestais nativas**. *Hoehnea* 40(3): p. 537-556, 2013.
- BASTOS, R.K.X. **Fertirrigação com águas residuárias**. In: FOLEGATTI, M.V. **Fertirrigação: citrus, flores e hortaliças**. Guaíba: Agropecuária, 1999. 279p.
- BENAYAS, J.M.R.; NEWTON, A.C.; DIAZ, A.; BULLOCK, J.M.; **“Enhancement of biodiversity and ecosystem services by ecological restoration: a meta-analysis**. *Science*”, Washington, 2009, v. 325, n. 5944, p. 1121-1124.
- BENEDÍ, J.A.; CARPENA, R.M. **Soil-water-solute process characterization: an integrated approach**. Florida: CRC Press, 2005. 787p.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E.C. **Manual de Irrigação**. 8. ed. Viçosa, Impr. Universitária, 2008. 625p.
- BRANCALION, P. H. S.; RODRIGUES, R. R.; GANDOLF, P.; KAGEYAMA, A. G. N.; GANDARA, F. B.; BARBOSA, L. M.; TABARELLI, M. **Instrumentos legais podem contribuir para a restauração de florestas tropicais biodiversas**. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, 2010, v.34, n.3, p.455-470.

BRASIL. EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise do solo**. Rio de Janeiro, 1997.

BRASIL. EMBRAPA INSTRUMENTAÇÃO AGROPECUÁRIA. **SAFIRA**. Versão 1.1. Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2013.

BURNS, B. R.; FLOYD, C.G.; SMALE, M.C.; ARNOLD, G.C. Effects of forest fragment management on vegetation condition and maintenance of canopy composition in a New Zealand pastoral landscape. 2011. In: **Chuva de sementes sob árvores isoladas em pastagens próximas a fragmentos florestais**. 67 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura e Ambiente). Universidade Federal de São Carlos. Araras. 2013.

BUZETTO, F.A.; BIZON, J.M.C.; SEIXAS, F.; 2002. “**Avaliação de polímero adsorvente à base de acrilamida no fornecimento de água para mudas de *Eucalyptus urophylla* em pós-plantio**”. Disponível em: <<http://www.ipef.br/publicacoes/ctecnica/nr195.pdf>>. Acesso em: 25 nov. de 2011.

CABRAL, F.F.P. **Avaliação de hidrogel no aumento da capacidade de armazenamento da água no solo**. Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal de São Carlos, Araras-SP, 2011.

CAPRA, A.; SCICOLONE, B. **Emitter and filter test for waste water reuse by drip irrigation**. *Agricultural Water Management*. Amsterdam, 2004, v. 68, p. 1136-145.

CARARO, D.C. **Manejo de irrigação por gotejamento para aplicação de água residuária visando a minimização do entupimento de emissores**. Piracicaba, SP, 2004, p.130.

CARNEIRO J.G.A. **Determinação da qualidade de mudas de *Pinus taeda* L. para plantio definitivo**. 70 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Paraná, 1976.

CARREIRA, D.C. **Chuva de sementes sob árvores isoladas em pastagens próximas a fragmentos florestais**. 67 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura e Ambiente) – Centro de Ciências Agrárias – Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2013.

CARVALHO, P.E.R. **Espécies Arbóreas Brasileiras**. Coleção Espécies Arbóreas Brasileiras, vol. 1. Brasília: Embrapa Informações Tecnológica; Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2003. 1. 039p.

CCA/UFSCAR. **Dados climatológicos. 2012**. Disponível em: <<http://www.cca.ufscar.br>>. Acesso em: 28 de ago. 2012.

CHAZDON, R.L. **Beyond reserves: a research agenda for conserving biodiversity in human-modified, tropical landscapes**. *Biotropica*, 2009, v. 41, p. 142-148.

CLEMENT, C.R.; BOVI, M.L.A. **Padronização de medidas de crescimento e produção em experimentos com pupunheiras para palmito**. *Acta Amazonica*, Manaus, AM 2000, v.30, p.349-362.

CONARH, Conselho Nacional de Recursos Hídricos: Resolução Nº. 54, de 28 de novembro de 2005 – **Estabelece critérios gerais para reúso de água potável**. p. 1-2.

CROMER, R.N. **Irrigation of radiata pine with wastewater: A review of the potential for tree growth and water renovation**. Australian Forest, 1980. v.43, p.87-100.

DEAN, W. **A ferro e fogo: A história e a devastação da mata Atlântica brasileira**. São Paulo: Companhia das letras, 1996. 484 p.

DUARTE, M.C. *Ceiba*. In: **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2012/FB009037>. Acesso em: 07 de Agosto de 2013.

ENGEL, V.L.; PARROTA, J.A. Definindo a restauração ecológica: Tendências e perspectivas mundiais, 2008. In: **Chuva de sementes sob árvores isoladas em pastagens próximas a fragmentos florestais**. 67 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura e Ambiente) – Centro de Ciências Agrárias – Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2013.

FAO – Food and agriculture organization of the united nattions. **State of the world is forests**. Roma, 2011. Disponível em: <http://www.fao.org/forestry/sofo/en/> Acesso em: 01 de Outubro de 2013.

FANG, D.; PAN, Q. & REMPEL, G.L. **Preparation and characterization of 2-hydroxyethyl methacrylate-based porous copolymeric particles**. J. Appl. Polym. Sci., 105:3138-3145, 2007.

FLORY, P.J. & REHNER, J.J. **Statistical mechanics of crosslinked polymer networks II. Swelling**. J. Chem. Phys., p. 522-525, 1943.

FONTENO, W.C.; BILDERBACK, T.E. **Impact of hydrogel on physical properties of coarsestructured horticultural substrates**. J. Am. Soc. Hort. Sci., 1993, p. 217-222.

FRANCIS, S.; VARSHNEY, L. & TIRUMALESH, K. **Studies on radiation synthesis of polyethyleneimine/acrylamide hydrogels**. Radiat. Phys. Chem., 2006, 75:747-754.

GILBERTO JÚNIOR, O.J. **Desempenho do refletômetro no domínio do tempo na detecção de variações de umidade do solo**. 2003. 94 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura de “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2003.

GOMES, J.M., COUTO, L., LEITE, H.G., XAVIER, A. & GARCIA, S.L.R. **Crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes tamanhos de tubetes e fertilização N-P-K**. Revista Árvore, 2003, 27: 113-127.

GROMBONE-GUARATINI, M.T. et al. **Composição florística da Reserva Municipal de Santa Genebra, Campinas**. SP. Revista Brasileira de Botânica, 2008, v. 31, n. 2, p. 323-337.

GUIMARÃES, M.A.M. et al. **Height-diameter models in forestry with inclusion of covariates**. Cerne, Lavras, MG, 2009, v. 15, n. 3, p. 313-321, jul./set.

ISERNHAGEN, I. **Uso de sementeira direta de espécies arbóreas nativas para restauração florestal de áreas agrícolas, sudeste do Brasil**. 2010. 105 f. Tese (Doutorado) Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, USP, Piracicaba-SP, 2010.

KAGEYAMA, P. Y.; GANDARA, F. Recuperação de áreas ciliares. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO, H. F. **Matas Ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo. Universidade de São Paulo, 2000. p. 249-269.

KAGEYAMA, P.Y.; GANDARA, F.B.; OLIVEIRA, R.E. Biodiversidade e restauração da floresta tropical. In: KAGEYAMA, P.Y. et al. (Orgs). **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu: FEPAF, 2008. P. 27-48.

KÖPPEN, W. **Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra**. Fondo de Cultura Económica. México, 1948. 479p.

LAMONT, G.P.; O'CONNELL, M.A. 1987. **Shelf-life of bedding plants as influenced by potting media and hydrogels**. Scientia Horticulturae, 1987, 145-147.

LEITE, E.C; RODRIGUES, R.R. **Fitossociologia e caracterização sucessional de um fragmento de floresta estacional no sudeste do Brasil**. Revista Árvore, Viçosa-MG, 2008, p.83-495.

LOHMANN, L.G. **Bignoniaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2011/FB114285>. Acesso em: 07 de Agosto de 2012.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**, vol. 1. 4.ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2002.

LUE-HING, C.; PIETZ, R.I.; GRANATO, T.C.; GSCHWIND, J.; ZENZ, D.R. Sewage Sludge: Land utilization and the environment. Overview of the past 25 years: operator's perspective. IN: Clapp, C.E.; Larson, W.E; Dowdy, R.H., eds. **Sewage sludge: Land utilization and environment**. St. Paul: Soil Science Society of America, Inc., 1994. p. 7-14.

MARQUES, P. A. A.; CRIPA, M. A. de M.; MARTINEZ, E. H. **Hidrogel como substituto da irrigação complementar em viveiro telado de mudas de cafeeiro**. Revista Ciências Rural, Santa Maria, 2013, v. 43, n. 1, p. 3-5.

MARTINS A.M. **O processo de regeneração natural e a restauração de ecossistemas em antigas áreas de produção florestal**. 2009. 89 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

MIRANDA, F. R. **A distributed control system for priority-based site-specific irrigation**. Dissertação (Doutorado em Engenharia de Biosistemas) – The University of Tennessee. UT. Estados Unidos, 2007.

NAIK, S.K.; CHAND, P.K. **Nutrient-alginate encapsulation of in vitro nodal segments of pomegranate (*Punicagranatum* L.) for germplasm distribution and exchange**. Scientia Horticulturae, 2006, p. 108–252.

NILSEN, E.T., ORCUTT, D.M. The physiological basis of growth. In: **Physiology of plants under stress – abiotic factors**. John Wiley & Sons, Inc., New York, 1996, p.13-49.

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, 1983, p.742-745.

NISSEN, M.J.; OVANDO, C. **Efecto de um hidrogel humectado aplicado a lasraices de *Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst. y *Nothofagus dombeyi* (Mirb.) Oerst. durante sutrasplante**. Agro Sur, Valdivia, 1999, p.48-58.

OLIVEIRA, R.A.; REZENDE, L.S.; MARTINEZ, M.A.; MIRANDA, G.V. **Influência de um polímero hidroabsorvente sobre e a retenção de água no solo**. Rev. Bras. de Eng. Agr. e Amb. Campina Grande, 2004, p. 160-163.

PARROTTA, T.A. Secondary forest regeneration on degraded tropical lands: the role of plantations as “foster ecosystems”. In: LIETH, H.; LOHMANN, M. **Restoration of tropical forest ecosystem**. The Hague: Kluwer Acad. Publ., 1993. p. 63-73.

PARKER, V.T.; PICKETT, S.T.A. Restoration as an ecosystem process: implications of the modern ecological paradigm. In: RODRIGUES, GANDOLFI, S.; NAVE, A.G.; ATTANASIO, C.M. **Atividades de adequação ambiental e restauração florestal do LERF/ESALQ/USP. Laboratório de Ecologia e Restauração Florestal – LERF**. Universidade de São Paulo, Pesquisa Florestal Brasileira, Piracicaba- SP, 2007, n.55, p. 7-21.

PICKETT, S.T.A.; CADENASSO, M.L. Vegetation dynamics. In: RODRIGUES, GANDOLFI, S.; NAVE, A.G.; ATTANASIO, C.M. **Atividades de adequação ambiental e restauração florestal do LERF/ESALQ/USP. Laboratório de Ecologia e Restauração Florestal – LERF, Universidade de São Paulo**. Pesquisa Florestal Brasileira, Piracicaba-SP, 2007, n.55, p. 7-19.

PREVEDELLO, C.L.; LOYOLA, J.M.T. Efeito de polímeros hidrorretentores na infiltração da água no solo. **Scientia Agraria**, v.8, n.3, p.314-315, 2007. Disponível em: <<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/agraria/article/viewFile/8592/7997>>. Acesso em: 10 de janeiro de 2013.

RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. (Ed.). **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2001. 285p.

RIBEIRO, M.C.; METZGER, J.P.; MARTENSEN, A.C.; PONZONI, F.J.; HIROTA, M.M. **The Brazilian Atlantic Forest: how much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation**. Biological Conservation, Essex, v. 142, n. 6, p. 1141-1153. 2009.

RODRIGUES, R.R.; GANDOLFI, S. **Tree species sprouting from root buds in a semideciduous Forest affected by fires**. Brazilian Archives of Biology and Technology, 2004, v. 47, p. 127-133.

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

SAYED, H.; KIRKWOOD, R.C.; GRAHAM, N.B. **The effects of a hydrogel polymer on the growth of certain horticultural crops under saline conditions.** Jour. of Exp. Bot., 1991, v.42, n.240, p.891-899.

SHAINBERG, I.; LEVY, G.J. **Organic polymers and soil sealing in cultivated soils.** Soil Science, Baltimore, 1994, v.158, n.4, p.267-273.

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, 2005, v.48, n.3, p.335-342.

Society for Ecological Restoration International Science & Policy Working Group. **The SER International Primer on Ecological Restoration.** Disponível em: <<http://www.ser.org>> Acesso em: 15 de Dezembro de 2013.

SUDING, K. N.; GROSS, K. L.; HOUSEMAN, G. R. **Alternative states and positive feedbacks in restoration ecology.** Trends in Ecology and Evolution, 2004, n. 19, p. 46-53.

USA, WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Health Guidelines for the Use of Wastewater in Agriculture and Aquaculture.** World Health Organisation Technical Report Series, 1989, v. 778.

VALE, G.F.R., CARVALHO, S.P. & PAIVA, L.C. **Avaliação da eficiência de polímeros hidrotentores no desenvolvimento do cafeeiro em pós-plantio.** Cof. Scie., 2006, 1: 7-13.

VLACH, T.R. 1991. Creeping bentgrass responses to water absorbing polymers in simulated golf greens (online). Wisconsin, Aug. Disponível em: <<http://archive.lib.msu.edu/tic/groot/article/1990jul34.pdf>>. Acesso em: 17 de junho de 2013.

VIEGAS, MICHELE PEREZ et al. **Diversidade genética e tamanho efetivo de duas populações de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All., sob conservação *ex situ*.** Rev. Árv., Ago 2011, vol.35, no.4, p.769-779. ISSN 0100-6762

VIEHMEYER, F.J.; HENDRICKSON, A.H. **Methods of measuring field capacity and permanent wilting percentage of soils.** Soil Science, v.68, p.75-94, 1949. In: KLEIN, V. A.; BASEGGIO, M.; MADALOSSO, T.; MARCOLIN, C. D. **Textura do solo e a estimativa do teor de água no ponto de murcha permanente com psicrômetro,** Ciência Rural. Santa Maria, 2010. v.40, n.7, p.1550-1556.

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

ZAR, H.J. **Biostatistical Analysis.** Prentice Hall. New Jersey, 1999. 663 p.

ZEDLER, J. B.; CALAWAY, J. C. **Tracking wetland restoration: do mitigation sites follow desired trajectories?** Rest. Ecol., 1999, n. 7, p. 69-73.