

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA  
TROPICAL**

**LYNNIKER TRÉS BERNARDINO**

**EFEITO DA IRRIGAÇÃO NA PRODUÇÃO E  
ESTABELECIMENTO DE MUDAS DE EUCALIPTO**

**SÃO MATEUS, ES  
2015**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA  
TROPICAL**

**EFEITO DA IRRIGAÇÃO NA PRODUÇÃO E  
ESTABELECIMENTO DE MUDAS DE EUCALIPTO**

**LYNNIKER TRÉS BERNARDINO**

Dissertação apresentada à  
Universidade Federal do Espírito  
Santo, como parte das exigências do  
Programa de Pós-Graduação em  
Agricultura Tropical, para a obtenção  
do título de mestre em Agricultura  
Tropical.

Orientador: Prof. Dr. Robson Bonomo

**SÃO MATEUS, ES  
2015**

# EFEITO DA IRRIGAÇÃO NA PRODUÇÃO E ESTABELECIMENTO DE MUDAS DE EUCALIPTO

**LYNNIKER TRÉS BERNARDINO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical, para a obtenção do título de mestre em Agricultura Tropical.

Aprovada em: 31 de Agosto de 2015.

---

Prof. Dr. Moises Zucoloto  
Universidade Federal do Espírito Santo  
Membro

---

Dr. Fabio Oseias dos Reis Silva  
Universidade Federal do Espírito Santo  
Membro

---

Prof. Dr. Robson Bonomo  
Universidade Federal do Espírito Santo  
Orientador

---

Prof. Dr. Geovanni de Oliveira Garcia  
Universidade Federal do Espírito Santo/CCA  
Membro externo

Aos meus pais Adilson Guimarães Bernardino e Mirtes Três Bernardino, pelo amor, apoio e confiança.

Á minha irmã por todo o carinho e incentivo, a todos os amigos, em especial a minha noiva Pétala Ferreira Fanticelli que acreditou em mim e me incentivou durante todo o mestrado.

**DEDICO**

“Nas dificuldades do dia a dia, esqueça os contra tempos e siga em frente, recordando que Deus esculpiu em cada um de nós a faculdade de resolver os nossos próprios problemas”.

André Luiz

Trecho do livro “ Resposta da Vida”

## AGRADECIMENTOS

À Deus, pela oportunidade de viver esse momento e permitir a realização de mais um sonho, por estar ao meu lado me protegendo, me guiando, me guardando, por ter me concedido saúde, disposição, perseverança, otimismo e por me conceder a sabedoria para concluir mais essa etapa.

À Universidade Federal do Espírito Santo, ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical.

Ao Prof. Dr. Robson Bonomo, por sua dedicação, generosidade, amizade e orientação.

A minha família que me apoiou incondicionalmente, me dando força acreditando na conquista desse objetivo. Obrigado mãe por sempre me fazer acreditar que seria capaz. Obrigado pai por sempre me ajudar nos momentos de dúvidas. A toda família Bernardino e Três, meu muito obrigado!

A minha noiva Pétala por estar presente em todos os momentos, sempre me apoiando e dando forças nos momentos mais difíceis de todo o curso.

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Agricultura Tropical pelo apoio e conhecimento passado através de suas disciplinas. Obrigado Antelmo Ralph Falqueto, Edney Leandro da Vitória, Edilson Romais Schildt.

À todos os funcionários da Fazenda Experimental que sempre colaboraram para realização de todos os experimentos.

À CAPES (Coordenação de aperfeiçoamento de pessoal de nível superior) pela concessão da bolsa de estudos.

A todos que de uma forma ou de outra colaboraram na execução deste trabalho.

Obrigado.

## SUMÁRIO

<b>RESUMO.....</b>	<b>Viii</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>X</b>
<b>CAPITULO 1 – DESENVOLVIMENTO INICIAL DE MUDAS DE EUCALIPTO SOB DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO.....</b>	<b>01</b>
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>01</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>03</b>
<b>2.1. Água na planta.....</b>	<b>03</b>
<b>2.2. Produção de mudas clonais de eucalipto.....</b>	<b>03</b>
<b>2.3. Parâmetros de qualidade das mudas.....</b>	<b>05</b>
<b>2.4. Manejo hídrico.....</b>	<b>06</b>
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>08</b>
<b>3.1. Localização.....</b>	<b>08</b>
<b>3.2. Material vegetal.....</b>	<b>08</b>
<b>3.3. Substrato.....</b>	<b>08</b>
<b>3.4. Delineamento experimental.....</b>	<b>09</b>
<b>3.5. Detalhamento do experimento.....</b>	<b>09</b>
<b>3.6. Distribuição das mudas e dimensionamento da irrigação.....</b>	<b>10</b>
<b>3.7. Avaliações do experimento.....</b>	<b>14</b>
<b>3.7.1. Monitoramento da lâmina de irrigação aplicada nos tratamentos.....</b>	<b>14</b>
<b>3.7.2. Avaliação de sobrevivência das mudas.....</b>	<b>14</b>
<b>3.7.3. Crescimento em altura.....</b>	<b>14</b>
<b>3.7.4. Crescimento em diâmetro do caule.....</b>	<b>14</b>
<b>3.7.5. Número de folhas.....</b>	<b>15</b>
<b>3.7.6. Determinação da massa seca (g planta<sup>-1</sup>).....</b>	<b>15</b>

<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>16</b>
4.1. Lâmina de irrigação aplicada.....	16
4.2. Porcentagem de sobrevivência das mudas.....	17
4.3. Crescimento de plantas.....	18
4.4. Diâmetro de caule.....	20
4.5. Número de folhas.....	21
4.6. Matéria seca aérea.....	22
4.7. Teor de matéria seca raiz.....	23
<b>5. CONCLUSÕES.....</b>	<b>25</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>26</b>
<b>CAPITULO 2 – PRÉ-IRRIGAÇÃO COM GEL NO ESTABELECIMENTO DE MUDAS DE EUCALIPTO NO CAMPO.....</b>	<b>33</b>
1. INTRODUÇÃO.....	33
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	36
2.1. <i>Eucalyptus grandis</i> .....	36
2.2. Métodos de plantio de eucalipto.....	37
2.2.1. Plantio manual.....	37
2.2.2. Plantio semi-mecanizado.....	38
2.2.3. Plantio mecanizado.....	38
2.2.4. Época de plantio.....	38
2.2.5. Replantio.....	39
2.3. Polímeros hidroretentores.....	39
2.3.1. Aspectos positivos e negativos do uso de hidrogel.....	40
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>43</b>
3.1. Descrição da área experimental.....	43
3.2. Necessidades silviculturais para o plantio.....	46
3.2.1. Limpeza da área.....	46



<b>3.2.2. Correção do solo.....</b>	<b>46</b>
<b>3.2.3. Preparo do solo.....</b>	<b>46</b>
<b>3.2.4. Adubação.....</b>	<b>47</b>
<b>3.2.5. Controle de pragas.....</b>	<b>47</b>
<b>3.2.6. Seleção de mudas.....</b>	<b>47</b>
<b>3.2.7. Transplântio.....</b>	<b>48</b>
<b>3.2.8. Irrigação de plantio.....</b>	<b>49</b>
<b>3.3. Variáveis analisadas.....</b>	<b>49</b>
<b>3.3.1. Índice de sobrevivência.....</b>	<b>49</b>
<b>3.3.2. Diâmetro do caule.....</b>	<b>50</b>
<b>3.3.3. Altura de plantas.....</b>	<b>50</b>
<b>3.3.4. Profundidade do sistema radicular.....</b>	<b>50</b>
<b>3.4. Análise estatística dos dados.....</b>	<b>51</b>
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>52</b>
<b>5. CONCLUSÕES.....</b>	<b>59</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBIOGRÁFICAS.....</b>	<b>60</b>

## RESUMO

BERNARDINO, Lynniker; M.Sc.; Universidade Federal do Espírito Santo; Agosto de 2015; **Efeito da irrigação na produção e estabelecimento de mudas de eucalipto**; Orientador: Robson Bonomo.

Atualmente, o Brasil possui cerca de 7,6 milhões de hectares de florestas plantadas desempenhando assim um papel fundamental no cenário socioeconômico do país. Estabelecer relações entre o consumo de água pela cultura do eucalipto e a disponibilidade de água no substrato de cultivo das mudas ou no solo dos pós-plantio, contribui na predição do potencial produtivo dos plantios florestais, tendo em vista que as diferentes condições de disponibilidade hídrica influenciam na sua produtividade no final do ciclo. As pesquisas têm buscado novas tecnologias, visando estabelecer florestas mais produtivas, dentre estas pesquisas está o gel hidroretentor que tem função de aumentar a disponibilidade de água para a planta, na fase mais crítica do estabelecimento da muda no campo. Dentro deste contexto, a realização de testes a fim de avaliar o efeito de maiores suprimentos de água sobre as produtividades obtidas pode gerar informações importantes para o manejo da cultura do eucalipto. Em decorrência dos aspectos propostos, o presente estudo teve os seguintes objetivos: estudar as relações entre a cultura do eucalipto e o suprimento de água nas fases de crescimento e rusticificação na produção de mudas de *E. grandis* vs. *E. urophylla* – 6064 em viveiro e avaliar a influência da utilização de uma solução de gel e água aplicada em pré-irrigação, antes do plantio, e a sua influência no estabelecimento e desenvolvimento das mudas clonais do híbrido de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* – 03 nos seis primeiros meses após o transplante. Desta forma, realizou-se dois experimentos. O primeiro foi realizada em São Mateus – ES, onde realizou-se testes com 6 lâminas diferentes de irrigação, sendo 4 dessas lâminas baseadas na evapotranspiração de referência ( 50, 100, 200, 300% da ETo) e 2 tratamentos baseados na tensão da água no substrato (3 e 6 kPa). Neste estudo concluiu-se que as maiores lâminas de irrigação provenientes dos tratamentos de 200 e 300% da ETo, proporcionaram o maior desenvolvimento das mudas, possibilitando que as mesmas alcançassem

padrões definidos para a sua expedição e posterior plantio. A segunda parte deste trabalho foi conduzida em uma área de plantio comercial em Chapadinha-MA. O estudo foi dividido em 7 Tratamentos (transplântio sem a utilização do gel; transplântio convencional; doses crescentes 1,0g 5L<sup>-1</sup>, 2,0g 5L<sup>-1</sup>, 3,0g 5L<sup>-1</sup>, 4,0g 5L<sup>-1</sup>, e 5,0g 5L<sup>-1</sup> de solução gel por litros de água na pré-irrigação) e 3 repetições. Verificou-se que maior dose de solução gel + água em pré-irrigação proporcionaram um crescimento significativo da planta em altura e diâmetro de colo. Porém, para o período avaliado, observou-se que doses mais elevadas de solução gel + água proporcionam um menor desenvolvimento radicular.

**Palavras-chave:** Polímero hidroretentor, *Eucalyptus* ssp., lâminas de irrigação, qualidade de mudas.

## ABSTRACT

BERNARDINO, Lynniker; M. Sc.; Federal university of Espírito Santo; August 2015; **Effect of irrigation and in the production property of eucalyptus**; Advisor: Robson Bonomo.

Brazil currently has about 7.6 million hectares of planted forests thus playing a key role in socio-economic scenario of the country. Establish relationships between water consumption by eucalyptus cultivation and water availability in the growth substrate of the plants or soil of post-planting, helps to predict the productive potential of forest plantations, given that the different water availability conditions influence their productivity at the end of the cycle. Research has sought new technologies to establish more productive forests, among these researches is the hidroretentor gel that has function to increase the availability of water for the plant, in the most critical phase of the establishment of the changes in the field. Within this context, the testing in order to evaluate the effect of increasing water supplies on the obtained yields can generate important information for the management of eucalyptus cultivation. As a result of the proposed aspects, the present study had the following objectives: to study the relationship between eucalyptus cultivation and the water supply in growing and hardening in the production of *E. grandis* vs. *E. urophylla* - 6064 in the nursery and evaluate the influence of using a gel and water solution applied in pre-irrigation before planting, and its influence in the establishment and development of clonal seedlings of hybrid *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* - 03 in the first six months after transplant. Thus, we performed two experiments. The first was held in São Mateus - ES, which was carried out tests with six different irrigation levels, 4 of these blades based on reference evapotranspiration (50, 100, 200, 300% of ETo) and 2 treatments based on the voltage Water on the substrate (3 and 6 kPa). In this study it was concluded that the greatest water depths from treatments of 200 and 300% of ETo, provided the further development of seedlings, enabling reached the same standards set for their shipment and subsequent planting. The second part of this work was conducted in an area of commercial planting in Chapadinha-MA. The study was divided into 7 treatment (transplanted without the use of the gel; conventional transplantation, increasing doses 1.0g 5L<sup>-1</sup>, 2.0g 5L<sup>-1</sup>, 3.0g 5L<sup>-1</sup>,

4.0g 5L<sup>-1</sup> and 5.0g 5L<sup>-1</sup> gel solution per liter of water in the pre-irrigation) and 3 replicates. It was found that higher dosage gel + solution in pre-irrigation water gave a significant increase in plant height, stem diameter. However, for this period, it was observed that higher doses gel + solution Water provide a lowest root development.

**Keywords:** Hidroretentor polymer, *Eucalyptus* ssp., Water depth, quality seedlings.

# CAPÍTULO 1

## DESENVOLVIMENTO INICIAL DE MUDAS DE EUCALIPTO SOB DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO

### 1. INTRODUÇÃO

A produção de mudas florestais de eucalipto no Brasil é realizada através de propagação vegetativa (propagação clonal). Desde a sua introdução no país, esta técnica passou por grandes avanços, o que resultou com o desenvolvimento de três métodos de propagação, designadas cronologicamente macroestaquia, microestaquia e miniestaquia (ASSIS, 2001).

A busca por melhorias nos processos de produção de mudas florestais se faz necessária devido ao aumento na procura dessas mudas, não só em quantidade mas também em qualidade, uma vez que existem diferentes espécies potencialmente aptas para o cultivo, que podem ser utilizadas para diversas finalidades, tais como madeira, ornamental ou de preservação (SCALON et al., 2011).

Florestas de boa qualidade são resultados de manejos adequados na implantação e condução da floresta, e também da utilização de mudas saudáveis, ou seja, os viveiros florestais têm como premissa, produzir mudas de excelência aptas a atender as exigências no campo, quanto à sobrevivência e ao desenvolvimento. Porém tal qualidade não se encontra plenamente definida, uma vez que os padrões estabelecidos variam de acordo com a espécie e com diferentes sítios ecológicos (CARNEIRO, 1995). Neste contexto as práticas de manejo no viveiro, podem alterar a qualidade da muda (FONSECA et al. 2002).

O manejo hídrico, essencial para a produção de mudas, na maioria das vezes é realizado de forma empírica, resultando em baixas produtividades e favorecimento de doenças, além do desperdício de água, energia e nutrientes (GRUBER, 2006).

Quantificar a real necessidade hídrica no processo de produção de mudas nos viveiros é de importância relevante para racionalizar a utilização dos recursos hídricos. A água é um limitador para o desenvolvimento das mudas, no qual a sua

falta leva ao estresse hídrico, diminuição na absorção de nutrientes e o excesso podem causar a lixiviação dos mesmos e também proporcionar um microclima favorável ao desenvolvimento de doenças (LOPES, 2004).

O manejo da irrigação em recipientes pequenos, como é o caso dos tubetes, apresenta diferenças quando comparado ao cultivo em solos, nos tubetes as maiores frequências de irrigação ocorre em função do baixo volume de substrato que está disponível para a planta (WENDLING e GATTO, 2002; LOPES, 2004). Determinar a quantidade de água ou lâmina de irrigação a ser aplicada em uma espécie depende de diversas variáveis como tipo de substrato, sistema de irrigação, clima, a própria espécie cultivada, etc. (KLAR, 1991).

Para se adotar um modelo de manejo hídrico dentro do viveiro de mudas, algumas características devem ser analisadas, tais como: velocidade de crescimento da planta; desenvolvimento do colo e do sistema radicular; necessidade hídrica; arquitetura da muda; essas características são relacionadas diretamente com a qualidade das mudas (DIAS et al., 2006).

Alguns estudos têm demonstrado que a maior parte do consumo de água em viveiros ocorre na fase de “desenvolvimento e rustificação” das mudas de eucalipto (FILHO, 2011).

Segundo Gomes et al. (1996), as características nas quais as empresas florestais se fundamentam para classificação da qualidade das mudas de eucaliptos, são baseadas na avaliação das plantas pertencentes à unidade amostral, na qual são consideradas as características: altura média (entre 15 e 30 cm), diâmetro do colo (3 - 4 mm), sistema radicular (desenvolvimento, formação e agregação), rigidez da haste (amadurecimento das plantas), número de pares de folhas (mínimo de três), aspecto nutricional (sintomas de deficiência) e resistência a pragas e doenças (sanidade).

Objetivou-se neste trabalho avaliar o desenvolvimento inicial de mudas de eucalipto nas fases de crescimento e rustificação, utilizando lâminas d'água de irrigação, com base na ETo diária e na tensão do solo medidos com a utilização de tensiômetro a gás.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Água na planta

A água é o constituinte principal de células vegetais, considerada uma das substâncias mais comuns e mais importantes na superfície da Terra (LARCHER 2004). Todo ser vivo necessita de água para se desenvolver, e as plantas não são diferentes. Segundo Kramer e Boyer (1995) e Paiva (2000), é importante fornecer água tanto de qualidade como em quantidade para a planta, pois a mesma faz parte de quase todos os processos metabólicos das plantas, onde constitui 80 a 90% da massa verde da maioria das herbáceas e acima de 50% da massa verde de plantas lenhosas.

A movimentação de água na planta pode ser interpretada como um sistema de entrada e saída de água, sendo a água do solo a entrada e a transpiração das plantas a saída, em condições ótimas, o volume de água que é perdido na transpiração é repostado ao longo do dia pela raiz, embora ocorram atrasos entre absorção pelas raízes e a transpiração, devido aos mecanismos de resistência interna (MCDONALD e RUNNING, 1988).

Estudos sobre a eficiência do uso da água mostram que a produção de matéria seca total é linearmente proporcional a quantidade de água utilizada, sendo assim quanto maior o estresse hídrico menor é a produção (ISMAEL, 2001 apud SILVA, 2007). No estudo de déficit hídrico em diferentes níveis em mudas de graviola (*Annona muricata* L.) Oliveira (2000) observou maior produção de massa seca total em mudas irrigadas sem estresse hídrico.

Quando a planta é submetida a um excedente hídrico, pode acarretar em encharcamento do solo, dificultando assim o processo de aeração do sistema radicular e as atividades dos microrganismos, proporcionando um ambiente favorável ao surgimento de doenças; lixiviação de nutrientes e salinização de solos; além do desperdício dos recursos naturais (LOPES, 2004).

### 2.2. Produção de mudas clonais de eucalipto

Para se determinar um local ideal para a construção de um viveiro, deve seguir as seguintes condições: ser de fácil acesso para entrada de insumos e saída da produção, ser livre de ervas daninhas, pragas e doenças, ter boa luminosidade,



ter fornecimento de água em qualidade e quantidade necessárias ao desenvolvimento das mudas e declividade do solo suficiente para não ocorrer alagamentos.

O primeiro plantio clonal de eucalipto foi estabelecido em 1979 em 1000 ha no estado do Espírito Santo, pela Cia Aracruz (RUY, 1998), esta empresa foi a primeira que obteve em suas florestas produtividades de  $50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  com o híbrido de *Eucalyptus grandis* vs. *Eucalyptus urophylla* (MORA; GARCIA, 2000).

A propagação clonal tem como objetivo a seleção de genótipos superiores para, posteriormente, proceder-se a sua produção em escala (WENDLING; XAVIER, 2003). Devem ser selecionadas plantas matrizes com base nas finalidades que elas atenderão.

A clonagem é a técnica que permite a manutenção das características desejadas em uma planta, entretanto, os diferentes manejos possibilitam a ocorrência de variações no crescimento de mudas no viveiro e no campo (FIGUEIREDO et al., 2011).

Dentre as técnicas de obtenção de mudas clonais, a mais utilizada é a de miniestaquia (ALMEIDA; et al., 2007). A miniestaquia tem sido a técnica mais empregada para produção de mudas em escala comercial, entretanto, a microestaquia tem sido utilizada para o rejuvenescimento de clones recalcitrantes ao enraizamento, quando se empregam técnicas de estaquia em miniestaquia (TITON; XAVIER; OTONI, 2002). Ao se comparar o desenvolvimento de mudas provenientes de miniestaquia e microestaquia, Santos et al. (2005) constataram resultados obtidos aos 24 meses de idade indicaram tendência de uniformidade dos plantios, com o avanço da idade do teste clonal.

A miniestaquia é uma especialização da estaquia convencional, que teve como principal avanço a redução da área do jardim clonal, o mesmo passou a ser chamado de minijardim clonal (FERRIANI, 2010).

A estrutura onde é implantado o minijardim clonal consiste geralmente de uma canaleta formado por concreto, amianto ou outro material, instalado sobre bases fixas, garantindo adequações ergonômicas e assépticas, para o cultivo das minicepas (FERRIANI, 2010).

A miniestaquia pode ser dividida nas fases de produção de brotos em minijardim clonal, indução do enraizamento adventício em casa de enraizamento sob

nevoeiro intermitente e temperatura elevada, aclimatação à sombra, crescimento e rustificação (ALFENAS et al., 2004).

### **2.3. Parâmetros de qualidade das mudas**

Para uma muda ser considerada de boa qualidade deve possuir a características genética esperada para o plantio: ser bem formada, com todas as características desejáveis para a espécie, ser sadia, livre de pragas, doenças, danos mecânicos ou físicos e de fácil transporte e manuseio (MINAMI, 1995).

Segundo Rubira e Bueno (1996), a qualidade das plantas é resultante tanto de características fisiológicas, quanto morfológicas, onde tais controlam as possibilidades de desenvolvimento e de crescimento, e que o manejo implantado dentro do viveiro (sombreamento, irrigação em excesso ou falta, adubações inadequadas, competição com ervas daninhas, etc) e as influências genéticas podem afetar a qualidade significativamente.

Os parâmetros morfológicos são atributos determinados física ou visualmente, pesquisas têm sido desenvolvidas com o intuito de demonstrar que os critérios que adotam essas características são importantes para o sucesso do desempenho das mudas após o plantio em campo (FONSECA, 2000). Os parâmetros: altura da parte aérea, o diâmetro do colo, fitomassa seca do sistema radicular e a fitomassa seca da parte aérea, são os mais aplicados para determinar a qualidade na produção de mudas.

A altura da parte aérea, juntamente com diâmetro do caule, constitui um dos mais importantes parâmetros morfológicos para estimar o crescimento das mudas após o transplantio no campo (CARNEIRO, 1995).

A qualidade das mudas acarretará no sucesso do plantio, assim como um menor índice de mortalidade e, conseqüentemente, de replantio (SILVA et al., 2002). Desta forma uma pré seleção de mudas antes do plantio se faz necessária, sempre optando por mudas de maior altura e diâmetro de colo, além de uma maior fitomassa seca. Nessa condição há uma redução dos custos de implantação do povoamento com a redução da frequência dos tratos culturais, como limpeza e, principalmente, o replantio (HOPPE, 2002).

## 2.4. Manejo hídrico

De acordo com Salomão e Basílio (2006), os usuários da água, tanto para consumo comum quanto para irrigação, devem ter em mente que ela é um recurso finito e que seu uso deve ser realizado de maneira racional, desta forma evitando desperdícios e contaminação de mananciais.

A irrigação é o método artificial de aplicação de água na agricultura, e tem por finalidade suprir as necessidades hídricas da planta, em caráter total ou suplementar (LÉO; HERNANDES, 2001).

Considerada uma atividade fundamental para a dinâmica do viveiro, a irrigação merece estudos especiais, devido ao alto consumo de água. Silva (2003) em seu trabalho relacionado a manejo hídrico em mudas de *Eucalyptus sp*, evidenciou que em grande parte dos viveiros a irrigação é praticada de forma empírica, onde a realização de exame visual das plantas determina o momento e a conduta de irrigação.

Uma irrigação eficiente, segundo Lima et al. (2004), pode ser definida como a relação entre a quantidade de água necessária para a cultura e a quantidade total aplicada pelo sistema para suprir essa necessidade.

Em viveiros florestais os principais métodos são: aspersão, microaspersão, subirrigação, gotejo, etc., porém nos viveiros florestais, os métodos de aspersão e microaspersão ainda são os mais utilizados. Segundo Reichardt e Timm (2004), nesses métodos de irrigação, a distribuição da água é afetada pelo vento, pelo tipo de emissor; e a uniformidade de aplicação é afetada pelo espaçamento entre cada aspersor ou microaspersor, além desses métodos consumirem muita água (gerando volumes elevados de efluentes) e apresentarem normalmente eficiência abaixo de 80%.

A uniformidade de distribuição da água é dimensionada por coeficientes de uniformidade. O coeficiente mais utilizado é o de Christiansen. A uniformidade de distribuição da água é afetada por alguns fatores classificados em climáticos e não-climáticos. Os fatores climáticos são: a) evaporação; b) umidade relativa; c) temperatura do ar; e d) condições locais do vento. Os fatores não-climáticos são os relacionados ao equipamento e ao método de avaliação (BERNARDO, 1995).

Dentre as metodologias empregadas para a avaliação da lâmina de irrigação, está à utilização de tensiômetros de elevada sensibilidade (MILNER, 2002).

A ETo é uma ferramenta fundamental para o dimensionamento de sistemas de irrigação e para o manejo da água, sendo necessária a realização de estudos, avaliações e ajustes para sua correta aplicação (MENDONÇA; DANTAS, 2010).

A quantidade de água evapotranspirada varia em função de fatores relacionados à planta, ao solo e ao clima, sendo este último fator predominante sobre os demais, de modo que a quantidade de água requerida por uma cultura altera com a extensão da área coberta pelo vegetal e com as estações do ano (BERNARDO; SOARES e MANTOVANI, 2006).

Toda a água perdida pela evapotranspiração deve ser restituída pela irrigação, de forma a manter no substrato uma umidade ideal para que as raízes consigam retirar a quantidade de água necessária, sem restrições (POSSE et al., 2008).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Localização

O trabalho foi conduzido em uma estrutura construída no campus do Centro Universitário Norte do Espírito Santo (CEUNES-UFES). Situada no município de São Mateus – estado do Espírito Santo, cuja localização é a coordenada LAT - 18° 43' S e LON - 30° 51' W. De acordo com a classificação climática proposta por Köppen, a região apresenta clima subtropical e subúmido, que caracteriza o clima tropical chuvoso, com chuvas de verão, inverno seco e temperaturas elevadas durante todo o ano.

#### 3.2. Material vegetal

Foi utilizado o clone híbrido de *E. grandis* vs. *E. urophylla* - 6064, cultivados nos minijardins clonais protegidos e sob manejo intensivo.

A escolha desse clone se deu com base nas atividades das empresas produtoras de celulose que atuam no município de São Mateus-ES, esse material possui grande resistência a períodos secos, além de apresentar um bom desenvolvimento inicial, outra característica importante que este clone apresenta é a facilidade de ser descascado na operação de colheita, facilitando assim a colheita mecanizada.

Selecionou-se mudas clonais com trinta dias, nesta idade as mesmas já superaram as fases de enraizamento e aclimação. Como o presente trabalho avalia o desenvolvimento no crescimento e rustificação das mudas, esta idade de trinta dias se torna ideal. Buscou-se adquirir materiais com 15 cm de altura e 2 mm de diâmetro de colo, e com 2 pares de folhas primárias.

#### 3.3. Substrato

O substrato foi composto por uma mistura de 30% (v/v) fibra de coco + 35% (v/v) vermiculita média + 35% (v/v) casca de arroz carbonizada. Acrescentou-se 2,0 kg m<sup>-3</sup> de osmocote (N-P-K),10-06-09 + 2,0 kg m<sup>-3</sup> superfosfato simples.

O substrato foi acondicionado em tubetes de polipropileno cilíndricos e uniformes, sem defeitos de fabricação e sem bordas danificadas plástica nos drenos, contendo aproximadamente, 53 cm<sup>3</sup> de capacidade volumétrica.

### 3.4. Delineamento experimental

O experimento foi implementado em delineamento inteiramente casualizado (DIC), sendo constituído (para a fase de crescimento) de seis tratamentos (tabela 1), sendo cada tratamento composto por 4 repetições. Cada parcela era constituída de uma bandeja, com 48 mudas de *E. grandis* vs. *E. urophylla* - 6064.

Para as análises dos dados foi utilizado o software Genes. Para os casos significativos de acordo com a análise de variância foram realizados testes de Tukey a 5% de significância.

TABELA 1. Tratamentos aplicados no experimento período de 10/06/2015 á 19/07/2015.

<b>TRATAMENTOS PROPOSTOS</b>
T1 - Reposição de 50% da Evapotranspiração de Referência (ET <sub>o</sub> );
T2 - Reposição de 100% da Evapotranspiração de Referência (ET <sub>o</sub> );
T3 - Reposição de 200% da Evapotranspiração de Referência (ET <sub>o</sub> );
T4 - Reposição de 300% da Evapotranspiração de Referência (ET <sub>o</sub> );
T5 - Tensão no solo 3 kPa;
T6 - Tensão no solo 6 kPa.

### 3.5. Detalhamento do experimento

O crescimento das mudas ocorreu em local com sombreamento controlado (sombrite 50%), onde as plantas permaneceram por um período de 30 dias (10/06/2015 a 10/07/2015), com irrigação de acordo com os tratamentos propostos.

Na etapa rustificação as mudas ficaram por um período de mais 30 dias (11/07/2015 a 08/08/2015), a pleno sol com redução da irrigação. Esta redução seguiu a seguinte proporção: Tratamento 1, 2, 3 e 4, redução de 10% do valor da ET<sub>o</sub> a partir do nono dia (20/07/2015) com o decréscimo de mais 10% do valor inicial a cada sete dias passados, e os tratamentos 5 e 6, um aumento na tensão do solo

na ordem de 1 kPa, iniciando no nono dia, e a cada sete dias o aumento de mais 1 kPa, conforme descrito na tabela 2.

TABELA 2. Tratamentos aplicados no experimento durante a rustificação no período de 11/07/2015 a 09/08/2015.

TRATAMENTOS	PERÍODOS		
	19/07 - 25/07/2015	26/07 - 01/08/2015	02/08 - 08/08/2015
T1 - 50% da ETo;	T1 - 45% da ETo;	T1 - 40% da ETo;	T1 - 35% da ETo;
T2 - 100% da ETo;	T2 - 90% da ETo;	T2 - 80% da ETo;	T2 - 70% da ETo;
T3 - 200% da ETo;	T3 - 180% da ETo;	T3 - 160% da ETo;	T3 - 140% da ETo;
T4 - 300% da ETo;	T4 - 270% da ETo;	T4 - 240% da ETo;	T4 - 210% da ETo;
T5 - Tensão 3 kPa;	T5 - Tensão 4 kPa;	T5 - Tensão 5 kPa;	T5 - Tensão 6 kPa;
T6 - Tensão 6 kPa.	T6 - Tensão 7 kPa.	T6 - Tensão 8 kPa.	T6 - Tensão 9 kPa.

### 3.6. Distribuição das mudas e dimensionamento da irrigação

Após o recebimento das mudas de 30 dias, as mesmas foram distribuídas de forma uniforme nas bandejas que compuseram cada parcela. As bandejas possuem as seguintes dimensões: 58,20 cm de comprimento x 41,0 cm de largura x 16,5 cm de altura, com espaço para 96 tubetes, as mudas foram distribuídas de forma a sempre alternar um espaço sem mudas, totalizando 48 mudas por bandejas.

A irrigação foi realizada posicionando 4 sprays por bandeja, simulando assim uma microaspersão nas mudas, a uniformidade de aplicação foi realizada com base na metodologia de Christiansen (1942), apresentada por Bernardo, Soares e Mantovani (2006), que consiste em coletar as precipitações por meio de pluviômetros colocados em uma malha de pontos ao redor dos aspersores.

O cálculo do coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) foi realizado pela equação 1:

$$CUC = 100 \cdot \left( 1 - \frac{\sum_{i=1}^n |x_i - m|}{n \cdot m} \right) \quad (1)$$

em que:

CUC = coeficiente de uniformidade de Christiansen (%);

$X_i - m$  = volume obtido no coletor de ordem  $i$  (mL);

$m$  = precipitação média dos coletores (mL); e

$n$  = número de amostras coletadas.

Para a realização do teste, a área em torno de cada tratamento foi isolada e cada parcela foi dividida em uma subárea quadrada situada entre quatro sprays. Dentro desta subárea distribuíram-se 13 coletores de precipitação. Os coletores foram dispostos nas células das bandejas que seriam ocupadas pelas mudas, desta forma coletando as precipitações em torno dos micro aspersores a serem testados.

A classificação do desempenho do sistema de irrigação foi estabelecida em função do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) apresentada na Tabela 3.

TABELA 3. Classificação dos valores do desempenho dos sistemas de irrigação em função do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC).

<b>CLASSIFICAÇÃO</b>	<b>CUC (%)</b>
Excelente	> 90
Bom	80 – 90
Razoável	70 – 80
Ruim	60 – 70
Ináceitável	< 60

Fonte: Mantovani (2001).

Os valores encontrados para o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) e sua respectiva classificação são mostrados na Tabela 4, conforme os tratamentos.

TABELA 4. Testes de coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) realizados antes da realização do experimento em percentagem e suas classificações, para cada setor de irrigação.

<b>TRATAMENTOS</b>	<b>CUC</b>	
	<b>(%)</b>	<b>CLASSIFICAÇÃO</b>
T1 - 50% da Evapotranspiração de Referência (ET <sub>o</sub> );	96,0	Excelente
T2 - 100% da Evapotranspiração de Referência (ET <sub>o</sub> );	89,1	Bom
T3 - 200% da Evapotranspiração de Referência (ET <sub>o</sub> );	96,9	Excelente
T4 - 300% da Evapotranspiração de Referência (ET <sub>o</sub> );	96,1	Excelente
T5 - Tensão no solo 3 kPa;	95,4	Excelente
T6 - Tensão no solo 6 kPa.	92,4	Excelente



A lâmina de água diária utilizada para os tratamentos: T1, T2, T3 e T4 foram determinadas pelo cálculo da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>), que corresponde à soma da água perdida pelos processos de transpiração e evaporação, ou seja, estabelece o consumo de água pelas plantas e, por consequência, a lâmina de irrigação a ser aplicada pelo sistema. Nos dias que ocorriam precipitações pluviais, o sistema de irrigação era desativado.

De acordo com a lâmina a ser aplicada se determinava a quantidade de regas que seria realizada, podendo chegar até 4 regas diárias, concentradas nos horários de 08:00, 12:00, 16:00, 21:00 horas.

A evapotranspiração de referência foi estimada pelo método FAO Penman-Monteith (ET<sub>oFAO-PM</sub>) sendo realizada em conformidade com a parametrização de ALLEN et al. (1998), como segue:

$$ET_{o_{FAO-PM}} = \frac{0,408 \left[ R_n - G \right] \frac{900}{T + 273} v_2 \left[ \frac{e_s - e}{1 + 0,34 v_2} \right]}{\left[ 1 + 0,34 v_2 \right]} \quad (2)$$

em que:

R<sub>n</sub> = saldo de radiação (MJ.m<sup>-2</sup>.dia<sup>-1</sup>), estimado segundo PEREIRA et al. (1997), em função da radiação solar global;

G = fluxo de calor no solo (MJ.m<sup>-2</sup>.dia<sup>-1</sup>);

T = temperatura média do ar (°C) a 2 m de altura;

v<sub>2</sub> = velocidade do vento a 2 m de altura (m.s<sup>-1</sup>);

e<sub>s</sub> = pressão de saturação de vapor (kPa);

e = pressão atual de vapor (kPa);

γ = inclinação da curva de pressão de vapor (kPa.°C<sup>-1</sup>);

ψ = parâmetro psicrométrico (kPa.°C<sup>-1</sup>).

Os dados diários de temperatura do ar (°C), umidade relativa do ar (%), temperatura do ponto de orvalho (°C), pressão (kPA), vento (m s<sup>-1</sup>), radiação solar global (kJ m<sup>-2</sup>) e precipitação (mm) foram coletados por uma estação automática (A616) da rede do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) distante cerca de 500 metros do local dos testes. As médias diárias de temperatura e umidade relativa

encontram-se representadas na figura 1 e ETo e precipitação diários na figura 2, durante o período do experimento.

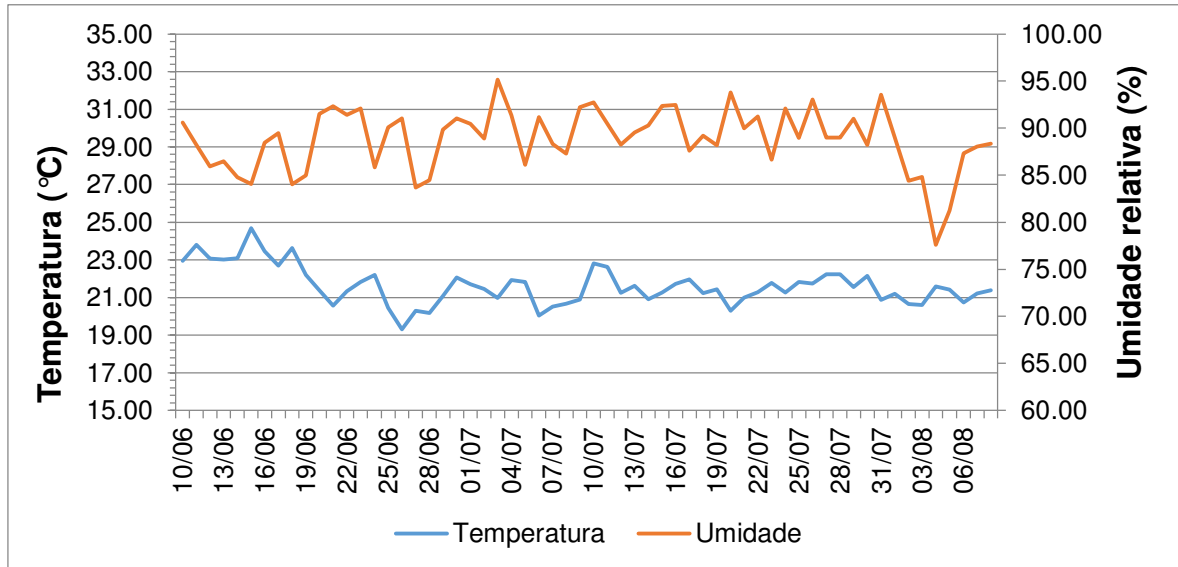


FIGURA 1. Variação da temperatura e umidade relativa média diária do ar no período de 10/06 a 08/08/15, São Mateus - ES.

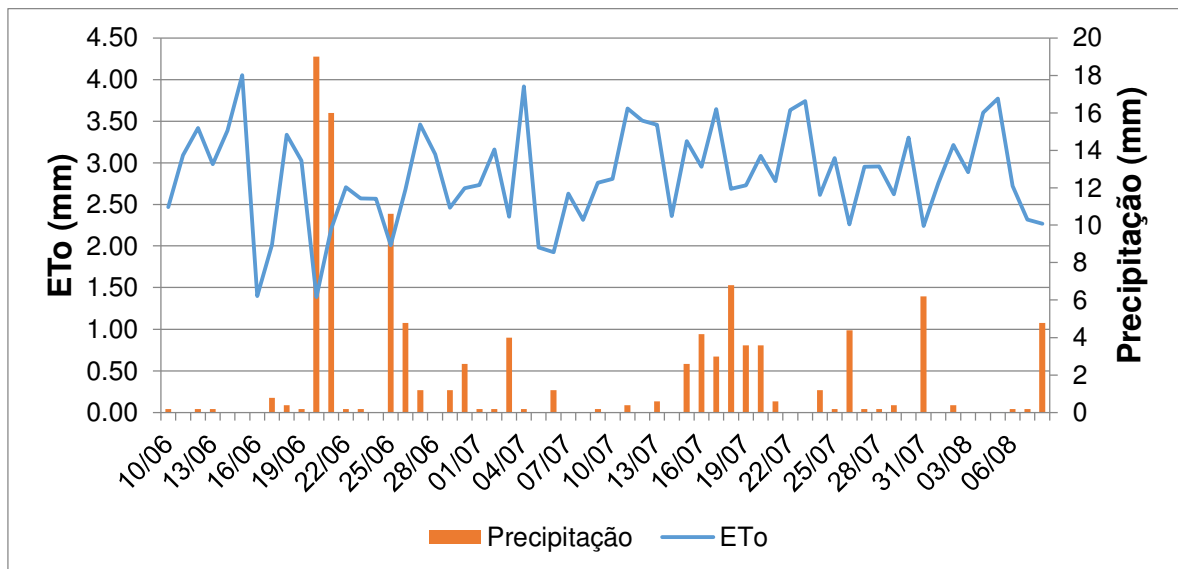


FIGURA 2. Variação diária da evapotranspiração de referência (ETo) e precipitação no período de 10/06 a 08/08/15, São Mateus – ES.

Para os tratamentos 5 e 6, utilizou-se de um dispositivo Irrigás<sup>®</sup> da Hidrosense, modelo MRI, que consiste em um sensor de tensão de água no solo, que funciona com gás pressurizado nos poros da cápsula cerâmica, chamadas de

sensores, e que mantém um equilíbrio com o substrato pelo princípio da capilaridade, permitindo o controle automático da irrigação monitorando a tensão da água do solo por dois sensores distribuídos aleatoriamente em dois tubetes, em cada tratamento. Os sensores foram colocados na altura média do tubete e cobertos por substrato. Sendo assim, a irrigação era aplicada logo que a tensão da água no solo superava um valor crítico de tensão de água para a planta previamente estabelecida.

### **3.7. Avaliações do experimento**

#### **3.7.1. Monitoramento da lâmina de irrigação aplicada nos tratamentos**

Para monitorar a lâmina diária aplicada, foram utilizados seis coletores de 500 mL acoplados em gotejadores colocados nas mangueiras de saída de cada tratamento, as medições foram realizadas diariamente. Com base nessa informação foi possível, determinar a lâmina aplicada em cada tratamento.

#### **3.7.2. Avaliação de sobrevivência das mudas**

A variável sobrevivência foi estimada na forma proporcional, dividindo-se o número de plantas sobreviventes pelo total de plantas de cada parcela (CUSTÓDIO; BARBIN, 2009). Esta avaliação foi realizada na forma de inspeção visual da parte aérea da muda. Assim, as mudas foram avaliadas em dois períodos: 30 dias após a instalação do experimento, na final da fase de crescimento, e 28 dias após o término da fase de crescimento, correspondendo assim ao final do ciclo de rustificação.

#### **3.7.3. Crescimento em altura**

As medições do comprimento (cm) total da muda foram feitas a partir da base do caule até inserção da última folha. Foram medidas oito mudas por parcela, empregando régua graduada em milímetros.

#### **3.7.4. Crescimento em diâmetro do caule**

O diâmetro do caule foi medido na altura do colo da planta, próximas a borda superior do tubete, com auxílio de um paquímetro digital, com precisão de 0,01 milímetros.

### **3.7.5. Número de folhas**

O número de folhas foi determinado no mesmo momento em que se realizaram as medições de altura e diâmetro do caule, foi realizada a contagem de todas as folhas presentes na muda.

### **3.7.6. Determinação da massa seca (g planta<sup>-1</sup>)**

Com intuito de analisar o acúmulo em biomassa das mudas de eucalipto sob diferentes manejos, foram mensurados a massa seca da parte aérea e da raiz. A parte aérea (folhas e caule) foi separada do sistema radicular por meio de um corte no caule ao nível do substrato, em seguida a parte aérea e as raízes foram pesadas e disposta em embalagens de papel e levados a estufa para secar. Os tubetes com o torrão foram submersos em água e lavados até a total remoção do substrato. Após essa lavagem, as raízes foram pesadas e colocadas em embalagens de papel, posteriormente levadas à estufa de circulação forçada de ar para secar. A secagem foi feita, a temperatura de  $65 \pm 5$  °C por 72 horas para obtenção do peso constante. As amostras foram pesadas em balança analítica de precisão 0,01 g.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Lâmina de irrigação aplicada

Os valores de lâmina de água aplicada diariamente estimada pela evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>), utilizando o método FAO Penman-Monteith (ET<sub>oFAO-PM</sub>), encontram-se na tabela 5 para o período de crescimento, e tabela 6 para o período de rustificação. Em ambas as tabelas apresentam-se os valores total e os valores médios diários de lâmina de irrigação em mm.

TABELA 5. Lâmina de irrigação diária e total aplicadas no período de 10/06/2015 á 10/07/2015 em mudas do clone híbrido de *E. grandis* vs. *E. urophylla* – 6064 na fase de crescimento na área experimental.

PERÍODO	TRATAMENTOS	LÂMINA MÉDIA DIÁRIA (mm)	LÂMINA TOTAL (mm)
10/06 - 10/07/2015	T1 - 50% da ET <sub>o</sub>	1,42	42,57
	T2 - 100% da ET <sub>o</sub>	2,82	84,64
	T3 - 200% da ET <sub>o</sub>	5,66	169,88
	T4 - 300% da ET <sub>o</sub>	8,35	250,48
	T5 - Tensão 3 kPa	2,78	83,30
	T6 - Tensão 6 kPa	1,12	33,60

TABELA 6. Lâmina de irrigação diária e total aplicadas no período de 11/07/2015 á 08/08/2015 em mudas do clone híbrido de *E. grandis* vs. *E. urophylla* – 6064 na fase de rustificação na área experimental.

PERÍODO	TRATAMENTOS	LÂMINA MÉDIA DIÁRIA (mm)	LÂMINA TOTAL (mm)
11/07 - 18/07/2015	T1 - 50% da ET <sub>o</sub>	1,29	10,32
	T2 - 100% da ET <sub>o</sub>	2,99	23,92
	T3 - 200% da ET <sub>o</sub>	5,99	47,95
	T4 - 300% da ET <sub>o</sub>	9,15	73,16
	T5 - Tensão 3 kPa	3,27	26,18
	T6 - Tensão 6 kPa	1,58	12,60
19/07 - 25/07/2015	T1 - 45% da ET <sub>o</sub>	1,29	9,03
	T2 - 90% da ET <sub>o</sub>	3,02	21,16
	T3 - 180% da ET <sub>o</sub>	5,68	39,73
	T4 - 270% da ET <sub>o</sub>	8,50	59,52
	T5 - Tensão 4 kPa	4,42	30,94
	T6 - Tensão 7 kPa	1,80	12,60

TABELA 6 continuação. Lâmina de irrigação diária e total aplicadas no período de 11/07/2015 á 08/08/2015 em mudas do clone híbrido de *E. grandis* vs. *E. urophylla* – 6064 na fase de rustificação na área experimental.

PERÍODO	TRATAMENTOS	LÂMINA MÉDIA DIÁRIA (mm)	LÂMINA TOTAL (mm)
26/07 - 01/08/2015	T1 - 40% da ETo	1,29	9,03
	T2 - 80% da ETo	1,97	13,80
	T3 - 160% da ETo	3,72	26,03
	T4 - 240% da ETo	5,67	39,68
	T5 - Tensão 5 kPa	1,70	11,96
	T6 - Tensão 8 kPa	0,60	4,20
02/08 - 08/08/2015	T1 - 35% da ETo	1,13	9,03
	T2 - 70% da ETo	1,84	14,72
	T3 - 140% da ETo	3,76	30,14
	T4 - 210% da ETo	5,58	44,64
	T5 - Tensão 6 kPa	1,48	11,90
	T6 - Tensão 9 kPa	0,63	5,04

#### 4.2. Porcentagem de sobrevivência das mudas

As avaliações da variável sobrevivência foram realizadas no final do período de crescimento e no final do período de rustificação, cujos resultados encontrados são apresentados na tabela 7.

TABELA 7. Sobrevivência das mudas do clone híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* – 6064, no final do período de crescimento e rustificação.

TRATAMENTOS	PERÍODOS	
	CRESCIMENTO	RUSTIFICAÇÃO
T1 - 50% da ETo	65,0% c	61,3% c
T2 - 100% da ETo	78,5% b	76,8% b
T3 - 200% da ETo	86,0% a	85,8% a
T4 - 300% da ETo	89,5% a	88,0% a
T5 - Tensão 3 kPa	77,3% b	64,5% c
T6 - Tensão 6 kPa	62,5% c	47,3% d

\* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Analisando o índice de sobrevivências das mudas (tabela 4) após o período de crescimento, os tratamentos 3 e 4 em relação aos demais, apresentaram diferenças significativas quanto a sobrevivência das mudas. Ambos os tratamentos apresentaram valores superiores a 85%. O mesmo resultado se repetiu na fase de rustificação onde mesmo com a diminuição das lâminas de irrigação os valores de sobrevivência se mantiveram bem próximos do encontrado na etapa de crescimento.

Os menores valores foram detectados na etapa de crescimento nos tratamentos 1 e 6, com valores inferiores a 65% de sobrevivência das mudas. Já para a fase de rustificação o menor valor encontrado foi para o tratamento 6 com médias inferiores a 47,6%. Ressalta-se que neste tratamento a tensão do solo na última semana chegou a 9 kPa, valor esse que se mostrou prejudicial às mudas.

Comparando a sobrevivência das mudas no crescimento e na rustificação, os tratamentos 5 e 6 foram os únicos a apresentarem diferenças significativas, apresentando um crescimento grande na mortalidade de mudas nesses tratamentos. Acredita-se que o acréscimo semanal de 1 kPa na tensão do substrato, seja, um valor muito elevado, provocando maior mortalidade de plantas. Lopes (2004) descreveu que as perdas entre as fases de crescimento e rustificação, devem ser de no máximo 5%. Evidenciando assim o manejo incorreto praticado nos tratamentos 5 e 6. A lâmina de água na etapa de rustificação foram suficientes para manter a sobrevivência igual a etapa de crescimento.

De acordo com Lopes et al. (2005), estudando os efeitos da irrigação por meio da aplicação de cinco lâminas brutas de irrigação na sobrevivência e nas características fisiológicas de mudas de *E. grandis* produzidas em diferentes substratos, verificaram que o regime hídrico com lâminas diárias inferiores a 5 mm dia<sup>-1</sup> não são indicadas para irrigação de mudas de eucalipto quando a temperatura supera os 30 °C de temperatura média diária, já que a maioria das plantas morre em função do déficit hídrico.

### **4.3. Crescimento de plantas**

A variável altura foi avaliada com o objetivo de acompanhar o desenvolvimento das plantas durante as etapas de crescimento e rustificação. Segundo Gomes e Paiva (2004) as empresas florestais, para a classificação e seleção das mudas de *Eucalyptus spp.*, adotam os seguintes parâmetros: altura, que

de acordo com a região e o sistema de plantio varia entre 15 e 30 cm. Os resultados obtidos estão apresentados na tabela 8.

TABELA 8. Altura das mudas do clone híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* – 6064, no final do período de crescimento e rustificação.

TRATAMENTOS	ALTURA DAS MUDAS (cm)	
	PERÍODOS	
	CRESCIMENTO	RUSTIFICAÇÃO
T1 - 50% da ETo	20,48 bc	20,50 c
T2 - 100% da ETo	21,42 abc	21,49 b
T3 - 200% da ETo	22,57 a	22,70 ab
T4 - 300% da ETo	22,31 ab	23,05 a
T5 - Tensão 3 kPa	19,63 c	20,08 bc
T6 - Tensão 6 kPa	21,36 abc	21,77 b

\* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Na fase de crescimento de mudas todos os tratamentos apresentaram valores na faixa preconizada entre 15 e 30 cm. Observa-se que não ocorreram diferenças significativas entre os tratamentos 100, 200, 300% da ETo e o de tensão de 6kPa, sendo assim é possível constatar que outros fatores influenciaram no crescimento das plantas e a lâmina de água não foi determinante para o desenvolvimento deste parâmetro. O mesmo comportamento se verifica na fase de rustificação, onde os tratamentos 3 e 4 se sobressaíram e apresentaram igualdade estatística.

Lopes et al. (2007), avaliando a qualidade de mudas de eucalipto produzidas sob lâminas de irrigação variando de 2 a 6 mm de e dois tipos de substrato perceberam que o incremento em altura foi proporcional ao aumento da lâmina, resultado também observado nesta pesquisa.

Um dos critérios para seleção de mudas de eucalipto para expedição, é a variável altura, que de acordo com o padrão estabelecido por Alfenas et al. (2004) varia entre 20 a 35 cm, padrão semelhante proposto por Gruber (2006), 20 a 30 cm.

Assim tendo como referência essas informações, constatou nesta pesquisa que todos os tratamentos onde foram aplicadas as lâminas de acordo com a ETo e lâminas de acordo com a tensão no solo, as mudas enquadraram-se no padrão de



exigência alcançando aos 90 dias as alturas mínimas estabelecidas, sendo assim avaliando apenas a variável altura as mudas estavam adequadas para serem expedidas para campo.

#### 4.4. Diâmetro de caule

Os resultados referentes ao crescimento do caule das plantas, após diferentes lâminas de irrigação estão apresentados na tabela 9.

TABELA 9. Diâmetro de caule das mudas do clone híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* – 6064, no final do período de crescimento e rustificação.

TRATAMENTOS	DIÂMETRO DE CAULE (mm)	
	PERÍODOS	
	CRESCIMENTO	RUSTIFICAÇÃO
T1 - 50% da ETo	2,40 a	2,68 bc
T2 - 100% da ETo	2,54 a	2,84 bc
T3 - 200% da ETo	2,68 a	2,91 b
T4 - 300% da ETo	2,72 a	3,27 a
T5 - Tensão 3 kPa	2,40 a	2,58 c
T6 - Tensão 6 kPa	2,50 a	2,59 c

\* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

É possível observar que as mudas tiveram comportamento similar em relação ao crescimento em diâmetro do caule na fase de crescimento, sendo suas médias estatisticamente iguais quando analisadas em função do tratamento aplicado (tabela 9).

Na fase de rustificação o tratamento 4, com maior lâmina de água aplicado demonstrou um ganho significativo no crescimento do caule diferindo estatisticamente dos demais tratamentos. Tal como observado por Tatagiba et al. (2007), avaliando o crescimento e produção de clones de *Eucalyptus* submetidos a diferentes manejos de irrigação, onde verificaram que a deficiência hídrica restringiu o crescimento em diâmetro do caule.

Lopes (2004) estabeleceu um valor mínimo de 2,5 mm para variável diâmetro do caule para mudas de *E. grandis*. Neste trabalho após o período de rustificação, o clone híbrido de *E. grandis* x *E. urophylla* – 6064, apresentou valor

superior ao descrito por Lopes, em todos os tratamentos, mostrando que o crescimento do diâmetro no período de rustificação foi determinante.

Lopes et al. (2007), avaliando mudas de eucalipto produzidas sob diferentes lâminas de irrigação e tipos de substrato aos 108 dias, verificaram que, sob lâminas de irrigação de 6 e 8 mm dia<sup>-1</sup>, o diâmetro do caule obtido foi de 2,19 mm e que lâminas a partir de 8 mm dia<sup>-1</sup> apresentavam diâmetros maiores de 2,5 mm.

Assim como Xavier et al. (2011) ao estudarem o crescimento do híbrido de *E. grandis* x *E. urophylla* sob diferentes níveis de déficit hídrico, pode ser verificado neste estudo que o crescimento foi mais satisfatório sob maior disponibilidade hídrica e que o diâmetro foi a variável que se mostrou mais dependente da disponibilidade de água.

#### 4.5. Número de folhas

A tabela 10 apresenta a variação no número de folhas, de acordo com os tratamentos aplicados.

TABELA 10. Número de folhas das mudas do clone híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* – 6064, no final do período de crescimento e rustificação.

NÚMERO DE FOLHAS		
TRATAMENTOS	PERÍODOS	
	CRESCIMENTO	RUSTIFICAÇÃO
T1 - 50% da ETo	4,25 c	5,62 cd
T2 - 100% da ETo	5,75 bc	6,5 bc
T3 - 200% da ETo	7,53 ab	7,82 b
T4 - 300% da ETo	8,65 a	9,62 a
T5 - Tensão 3 kPa	6,21 bc	5,25 cd
T6 - Tensão 6 kPa	5,18 c	4,87 d

\* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Analisando os resultados obtidos é possível verificar que tratamentos submetidos a uma lâmina maior de água, apresenta uma maior retenção das folhas. Durante a fase de crescimento o tratamento com 300% da evapotranspiração de

referência apresentou melhor resultado, em contrapartida o tratamento com 50% da evapotranspiração apresentou o pior resultado.

Na segunda fase do experimento durante a rustificação, mesmo reduzindo as doses de água, os tratamentos 1, 2, 3 e 4 apresentaram ganho no número de folhas, já os tratamentos 5 e 6 sofreram uma desfolha muito grande, isso pode ter ocorrido pois o aumento nas tensões no solo com acréscimo 1 kPa a cada semana, causaram um déficit hídrico além do adequado para fins de rustificação, fazendo com que as mudas perdessem folhas.

Lopes (2004) estabeleceu valor mínimo de 3 pares de folhas para essa variável em mudas de *E. grandis*. Neste trabalho apenas os tratamentos 2, 3 e 4 conseguiriam ter suas mudas expedidas para o campo, pois estes tratamentos apresentaram em média aproximadamente 3, 4 e 5 pares de folhas respectivamente.

#### 4.6. Matéria seca aérea

A tabela 11 apresenta a massa seca da parte aérea em função de tratamentos envolvendo diferentes lâminas de irrigação e para as fases de crescimento e rustificação das mudas do clone híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* - 6064.

TABELA 11. Teor de matéria seca na parte aérea das mudas do clone híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* – 6064, no final do período de crescimento e rustificação.

MATÉRIA SECA PARTE AÉREA (g planta <sup>-1</sup> )		
TRATAMENTOS	PERÍODOS	
	CRESCIMENTO	RUSTIFICAÇÃO
T1 - 50% da ETo	0,58 c	1,09 bc
T2 - 100% da ETo	0,77 abc	1,27 abc
T3 - 200% da ETo	0,98 ab	1,28 ab
T4 - 300% da ETo	1,05 a	1,69 a
T5 - Tensão 3 kPa	0,76 bc	0,73 cd
T6 - Tensão 6 kPa	0,73 bc	0,49 d

\* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Os dados na tabela 11 apresentam os tratamentos 2, 3 e 4 como os melhores em relação a produção de matéria seca da parte aérea, esses três tratamentos baseados na ETo, são os que apresentam maiores lâminas de irrigação. Na etapa de rustificação os mesmos tratamentos se destacam positivamente, não sendo possível distinguir o melhor estatisticamente. Os demais tratamentos com volumes de água menores apresentaram valores inferiores, isso demonstra que o acúmulo de matéria seca está relacionado com a disponibilidade de água para a planta.

Sabonaro (2006) encontrou resultados similares aos obtidos nesta pesquisa, nos quais, foi constatada diferença estatística significativa entre as diferentes lâminas de irrigação para a massa seca da parte aérea. Esta variável correlaciona-se diretamente com a sobrevivência e desempenho inicial das mudas após o plantio (GONÇALVES, 1992), sendo fator determinante a ser considerado para avaliação da qualidade de mudas.

O aumento da matéria seca da parte aérea é uma característica importante para desenvolvimento de mudas, pois representa indiretamente a maior capacidade fotossintética e maior vigor (MARQUES et al, 2006).

Santiago et al. (2001) e Cabral et al. (2004) verificaram em mudas de ipê amarelo e sabiá, que houve redução acentuada da massa seca da parte aérea sob menor suprimento de água.

#### **4.7. Teor de matéria seca raiz**

A tabela 12 nos apresenta a matéria seca na raiz em função dos tratamentos com diferentes lâminas de irrigação para as fases crescimento e rustificação de mudas do clone híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* - 6064.

TABELA 12. Teor de matéria seca na raiz das mudas do clone híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* – 6064, no final do período de crescimento e rustificação.

TEOR DE MATÉRIA SECA RAIZ (g planta <sup>-1</sup> )		
TRATAMENTOS	PERÍODOS	
	CRESCIMENTO	RUSTIFICAÇÃO
T1 - 50% da ETo	0,35 b	0,43 b
T2 - 100% da ETo	0,54 ab	0,60 ab
T3 - 200% da ETo	0,52 ab	0,63 ab
T4 - 300% da ETo	0,71 a	0,77 a
T5 - Tensão 3 kPa	0,30 b	0,45 b
T6 - Tensão 6 kPa	0,35 b	0,50 b

\* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Para variável massa seca da raiz, observa-se que as médias dos tratamentos com lâmina de 300, 200 e 100% da ETo se destacaram nas avaliações ao final de cada fase, seguida pelas médias dos demais.

Os tratamentos com 50% da lâmina evapotranspirada e tensões de 3kPa e 6kPa apresentaram menor crescimento radicular, possivelmente devido a menor quantidade de água recebida e, conseqüentemente, menor disponibilidade de água no substrato. Segundo Salamoni (2012), o primeiro efeito biofísico do estresse hídrico é a diminuição do volume celular, afetando em especial o alongamento das raízes a partir do qual é desencadeada uma série de sequelas em toda a planta.

Carneiro (1995) ressalta sobre a importância das raízes, as quais asseguram maior desenvolvimento às mudas, pois as mesmas estão fortemente associadas às atividades fisiológicas, e são fundamentais para estimar a sobrevivência e o crescimento inicial, em condições de campo.

## 5. CONCLUSÕES

Os resultados observados neste estudo permitem concluir que:

- Conclui-se que lâminas de irrigação com reposição de 200% da evapotranspiração de referência, produzem mudas de eucalipto que atendem os requisitos para expedição e transplântio.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFENAS, A. C.; et al. Clonagem do eucalipto. In: \_\_\_\_\_. **Clonagem e doenças do eucalipto**. Viçosa: UFV, 2004. p. 58-72.

ALLEN, R.G., PEREIRA, L.S., RAES, D., SMITH, M. **Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements**. Rome, FAO, 1998, (Irrigation and Drainage, Paper 56).

ALMEIDA, F. D. de; et al. Eficiência das auxinas (AIB e ANA) no enraizamento de miniestacas de clones de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. **Revista Árvore**, v. 31, n. 3, p. 455-463, 2007.

ASSIS, T. F. Evolution of technology for cloning *Eucalyptus* in large scale. In: IUFRO INTERNATIONAL SYMPOSIUM, 2001, Valdivia. **Proceedings...** Chile: EMBRAPA/CNPF, 2001. p. 22.

BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 6. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1995.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. 625p.

CABRAL, E. L. et al. Crescimento de plantas jovens de *Tabebuia áurea* (Marsh) Benth. & Hook. F. ex s. Moore submetida a estresse hídrico. **Acta Botânica Brasileira**, São Paulo, v. 18, n. 2, p. 241- 251, 2004.

CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR/FUPEF, 1995. 451 p.

CUSTÓDIO, T. N.; BARBIN, D. Modelos de predição para sobrevivência de plantas de *Eucalyptus grandis*. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras: v. 33, p. 1948-1952, 2009.

DIAS, E. S. et al. **Produção de mudas de espécies florestais nativas:** manual. Campo Grande: Ed. UFMS, 2006. 59 p.

FERRIANI, A. P.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; WENDLING, I. Miniestaquia aplicada a espécies florestais. **Revista Agro@ambiente** , v. 4, n. 2, p. 102-109, 2010.

FIGUEIREDO, F. A. M. M. de A.; et al. Efeito das variações biométricas de mudas clonais de eucalipto sobre o crescimento no campo. **Revista Árvore**, v. 35, n. 1, p. 01-11, 2011.

FILHO, R. H. V. **utilização de hidroretentor em substrato semi-saturado na produção de mudas de eucalipto** 2011. 19 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2011.

FONSECA, E. P. **Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume., *Cedrela fissilis* Vell. E *Aspidosperma polyneuron* Müll. Arg. produzidas sob diferentes períodos de sombreamento.** 2000. 113 f. Tese (Doutorado), Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2000.

FONSECA, E. P. et al. Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume, produzidas sobre diferentes períodos de sombreamento. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 26, n. 4, p. 515-523, 2002.

GONÇALVES, M. R. **Crescimento, acúmulo de nutrientes e temperatura de copa em cinco espécies de *Eucalyptus spp* sob dois regimes hídricos.** Viçosa: UFV, 1992. 87 f. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1992.

Gomes, J. M.; Paiva, H. N. (2004) **Viveiros Florestais** – propagação sexuada. 3° ed. Viçosa: UFV, 116p.

GOMES, J.M.; PAIVA, H.N.; COUTO, L. Produção de mudas de eucalipto. In: **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.18, n.185, p.15 - 22, 1996.



GRUBER, Y. B. G. **Otimização da lâmina de irrigação na produção de mudas clonais de eucalipto (*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla* var. *plathyphylla*)**. 2006. 144 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

HOPPE, J.M. et al. Efeito de diferentes alturas de mudas no crescimento de *Pinus elliottii* Engelm, no município de Cachoeira do Sul/RS. In: 2º CICLO DE ATUALIZAÇÃO FLORESTAL DO CONESUL: A FLORESTA E O MEIO AMBIENTE, 2002, Santa Maria. **Anais...** p. 502-507. Santa Maria, RS: UFSM, 2002.

ISMAEL, J. J. **Efeitos da fertilização nitrogenada e da umidade do substrato na aclimação e na adaptação no campo de mudas de *Eucalyptus grandis* W. (Hill ex Maiden)**. Jaboticabal, 2001. 108 f. Tese (Doutorado em Agronomia)-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2001.

KLAR, A. E. **Irrigação**: frequência e quantidade de aplicação. São Paulo: Nobel, 1991. 156 p.

KRAMER, P. J.; BOYER, J. S. Functions and properties of water. In: \_\_\_\_\_. **Water relations of plants and soils**. San Diego: Academic Press, 1995. chap. 2, p. 16-41. 1995.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima Artes e Textos, 2004. 531 p.

LÉO, L. F. R.; HERNANDEZ, F. B. T. O Futuro da irrigação nos países de terceiro mundo. **Correio da Ilha**, v. 10, n. 1.361, p. 2, 21 Jul. 2001.

LIMA, W. P. **Impacto ambiental do eucalipto**. 2. ed. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1995.

LOPES, J. L. W. **Produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. (Hill ex. Maiden) em diferentes substratos e lâminas de irrigação.** 2004. 100 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Irrigação e Drenagem)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2004.

LOPES, J. L. W.; GUERRINI, I. A.; SAAD, J. C. C. Qualidade de mudas de eucalipto produzidas sob diferentes lâminas de irrigação e dois tipos de substrato. **Revista Árvore**, Viçosa: v. 31, n. 5, p. 835-843, 2007.

LOPES, J. L. W.; GUERRINI, I. A.; SAAD, J. C. C.; SILVA, M. R. da. Efeitos da irrigação na sobrevivência, transpiração e no teor relativo de água na folha em mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes substratos. **Scientia Forestalis**, Piracicaba: v. 68, p. 97-106, 2005.

MARQUES, V. B.; PAIVA, H. N.; GOMES, K. C. O; GUERRERO, C. R. A. Efeito de fontes e doses de nitrogênio sobre o crescimento inicial e qualidade de mudas de jacarandá-da-baía (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. ex Benth.). **Revista Árvore**, Viçosa: v. 30, n. 5, p. 725-735, 2006.

MCDONALD, S. E.; RUNNING, S. W. Monitoring irrigation in western forest tree nurseries. In: LANDIS, T. D. et al. **Seedling nutrition and irrigation: the container tree nursery manual.** Washington, DC: USDA Forest Service, 1988. v. 4, p. 1-8. (Handbook, 674).

MENDONÇA, E. A.; DANTAS, R. T. Estimativa da evapotranspiração de referência no município de Capim, PB. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande: v. 14, n. 2, p. 196–202, 2010.

MILNER, J. Manejo de irrigação e fertirrigação em substratos. In: FURLANI, A. M. C.; BATAGLIA, O. C.; ABREU, M. F.; ABREU, C. A.; FURLANI, P. R.; QUAGGIO, J. A.; MINAMI, K. **Caracterização, manejo e qualidade de substratos para a produção de plantas.** Campinas: IAC, 2002. p. 45-52. (Documentos, 70).

MINAMI, K. **Produção de mudas de alta qualidade**. São Paulo: T. A. Queiroz, 1995.

MORA, A. L.; GARCIA, C. H. **A cultura do eucalipto no Brasil**. São Paulo: Verso e Reverso Comunicações, 2000.

OLIVEIRA, D. V. Aspectos do crescimento da gravioleira (*Annona muricata* L.) sob estresse hídrico. 2000. 60 f. **Dissertação** (Mestrado em Botânica)-Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2000.

PAIVA, R. **Textos acadêmicos**: fisiologia de plantas ornamentais. Lavras. Ed: UFLA, 2000. 88 p.

PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. **Evapo(transpi)ração. Piracicaba**, FEALQ, 1997. 183p.

POSSE, R. P.; BERNARDO, S.; SOUSA, E. F. de.; GOTTARDO, R. D. Evapotranspiração e coeficiente da cultura do mamoeiro. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal: v. 28, n. 4, p. 681-690, 2008.

REICHARDT, K.; TIMM, L. C.; **Solo, planta e atmosfera**: conceitos, processos e aplicações. Barueri: Manole, 2004. 478 p.

RUBIRA, J. L. P.; BUENO, L. O. **Cultivo de plantas forestales em contenedor**. Madrid: Ministério da Agricultura, Pesca y Alimentación. 1996. 189 p.

RUY, O. F. **Variação da madeira em clones de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake da Ilha de Flores, Indonésia**. 1998. 69 f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia da Madeira) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

SANTIAGO, A. M. P.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; LOPES, E. C. Crescimento de plantas jovens de *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth cultivada sob estresse hídrico. **Revista Ecosystema**, Espírito Santo do Pinhal, v. 26, n. 1, 2002.

SABONARO, D. Z. **Utilização de compostos de lixo urbano na produção de mudas de espécies arbóreas nativas com dois níveis de irrigação.** Jaboticabal: UNESP, 2006. 95 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, SP, 2006.

SALAMONI, A. T. Fisiologia Vegetal. Frederico Westphalen, RS: UFSM/ Departamento de Engenharia Florestal. sem. 2, 2012. (**Apostila, Curso de Agronomia**). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

SALOMÃO, L. C.; BASILIO, E. E. **Irrigação por gotejamento na cultura do café.** 2006. 72 f. Monografia (Trabalho de Graduação em Tecnologia em Irrigação e Drenagem) – Centro Federal de Educação Tecnológica de Urutaí, Urutaí-Go, 2006.

SANTOS, A. P. dos; et al. Efeito da estaquia, miniestquia, microestquia e micropropagação no desempenho silvicultural de clones de *Eucalyptus grandis* clones. **Scientia Forestalis**, n. 68, p. 29-38, 2005.

SCALON, S. P. Q. et al. Estresse hídrico no metabolismo e crescimento inicial de mudas de Mutambo (*Guazuma ulmifolia* Lam.). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 4, p. 655-662, out./dez. 2011.

SILVA, R.F.; ANTONIOLLI, Z.I.; ANDREAZZA, R. Efeito da inoculação com fungos ectomicorrízicos na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden em solo arenoso. **Ciência Florestal**, v. 13, n. 1, p. 33-42, 2002.

SILVA, M. R. da. **Efeitos do manejo hídrico e da aplicação de potássio na qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis* W. (Hill ex. Maiden).** 2003. 100 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Irrigação e Drenagem)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.

SILVA, J. M. S. **Crescimento de mudas de *Pinus oocarpa* Schiede em diferentes condições hídricas e de adubação.** 2007. 93 f. Tese (Doutorado em

Agronomia/Irrigação e Drenagem)-Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2007.

TATAGIBA, S. D.; PEZZOPANE, J. E. M.; REIS, E. F. dos. Avaliação do crescimento e produção de clones de *Eucalyptus* submetidos a diferentes manejos de irrigação. **Cerne**, Lavras: v. 13, n. 1, p. 1-9, 2007.

TITON, M.; XAVIER, A.; OTONI, W. C. Dinâmica do enraizamento de microestacas e miniestacas de clones de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v.26, n.6, p.665-673, 2002.

XAVIER, T. M. T; PEZZOPANE, J. E. M.; PENCHEL, R. M.; CALDEIRA; M. V. W; KLIPPEL; V. H; TOLEDO, J. V.; SILVA, M. R. Crescimento do eucalipto sob diferentes níveis de déficit hídrico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA, Anais...Búzios-RJ, 2011.

WENDLING, I.; GATTO, A. **Substratos, adubação e irrigação na produção de mudas**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2002. 166 p.

WENDLING, I; XAVIER, A. Miniestaquia seriada no rejuvenescimento de clones de *Eucalyptus*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 4, p. 475-480, 2003.

## CAPÍTULO 2

## PRÉ-IRRIGAÇÃO COM GEL, NO ESTABELECIMENTO DE MUDAS DE EUCALIPTO NO CAMPO

### 1. INTRODUÇÃO

O setor florestal começou a sua expansão no Brasil a partir dos incentivos fiscais, na década de 70, o que proporcionou intensivos reflorestamentos para atender a demanda de madeira. O objetivo era promover o uso de madeira oriunda de reflorestamento para reduzir o desmatamento (RESENDE et al., 1996), uma importante iniciativa para diminuir a demanda por espécies nativas.

De acordo com dados do ministério do desenvolvimento, indústria e comércio exterior (2015), as florestas plantadas ocupam 7,6 milhões de hectares, menos de 1% da área produtiva do país, mas fica em terceiro lugar no saldo da balança comercial, atrás dos complexos soja e carne.

O crescente aumento do consumo de produtos florestais indica a necessidade da utilização de espécies de rápido crescimento, com ciclo de corte relativamente curto (SANTOS et al., 2000).

O gênero *Eucalyptus* é um dos mais utilizados nos reflorestamentos em florestas plantadas no Brasil para utilização da madeira, por apresentar características de rápido crescimento, boa qualidade da madeira e de boa adaptação às diferentes condições edafoclimáticas (BERGER et al., 2002).

A disponibilidade de água para o desenvolvimento de plantas é um fator fundamental e determinante, sendo que a escassez ou excesso afetam o crescimento das plantas. Para manter as atividades fisiológicas e metabólicas as culturas consomem um considerável volume de água. As plantas utilizam o solo como reservatório de água, que temporariamente a armazena, e a disponibiliza à medida que a transpiração e a evaporação de água do solo governam a absorção de água pelas plantas. Porém, como a recarga deste reservatório depende de volumes pluviais que não seguem distribuição uniforme, o volume disponível às plantas é variável.

A rega em mudas florestais durante o plantio e após as primeiras semanas é de reconhecida importância em plantios comerciais, principalmente em épocas cujas condições climáticas não são favoráveis ao estabelecimento e ao desenvolvimento

(BUZETTO et al., 2002). Porém devido a inúmeros fatores esta prática se torna inviável operacionalmente e economicamente, ou em alguns casos até mesmo impraticável, em função da disponibilidade de água nas proximidades da área de plantio.

Na silvicultura, o manejo das florestas busca constantemente novas soluções que reduzam os custos operacionais de cada atividade e que, além disso, elevem a produtividade e, promovam o equilíbrio biológico nos ecossistemas. Seguindo este pensamento, a utilização de polímeros hidroretentores (hidrogel) no plantio fundamenta-se em sua capacidade de potencializar o estabelecimento e desenvolvimento de mudas após o transplante no campo.

Baixas precipitações na época do transplante, solos arenosos e de baixo teor de matéria orgânica (que têm baixa capacidade de retenção de água) e também o uso de mudas produzidas em tubetes, os quais armazenam um baixo volume água, devido ao pequeno volume de substrato, ocasionam grandes perdas de mudas logo após o transplante (MATTEI, 2008).

Esses fatores contribuíram para o uso de retentores de água na cultura do eucalipto no Brasil, dentre estes fatores destaca-se: permitir o transplante florestal ao longo de todo o ano, mesmo na estação de secas, associado à irrigação das mudas; permitir a redução do volume de água aplicado na irrigação de mudas após o transplante, operação esta de difícil execução e onerosa de ser executada ao campo; por reter e disponibilizar água gradativamente, minimizando custos com a redução do turno de regas e se aplicar em largas extensões; e também diminuir as perdas de mudas por meio do aumento da sobrevivência no transplante, reduzindo assim os valores de replante.

Por outro lado, os efeitos do hidrogel têm proporcionado resultados variados nas características de retenção e consumo de água e nas respostas fisiológicas das plantas (GERVÁSIO e FRIZZONE, 2004; VALE et al., 2006; SARVAS et al., 2007; SAAD et al., 2009).

Visando aproveitar ao máximo as características do hidrogel, uma alternativa é a utilização do mesmo em uma fase de irrigação pré-plantio (pré-irrigação), onde uma dose de hidrogel é aplicada juntamente com uma irrigação, momentos antes do transplante da muda no campo.

Como toda tecnologia, o uso de hidroretentores na pré-irrigação, quando realizada de forma incorreta pode prejudicar o desenvolvimento das plantas. Sendo

assim, seu uso está relacionado a pesquisas, pois é necessário determinar: a dosagem a que será utilizada, as fases do cultivo em que há resposta, a forma de aplicação e as modificações no manejo. Isso ocorre para que se maximize o retorno econômico da atividade.

Objetivou-se com o presente trabalho avaliar o efeito de doses crescentes de gel hidroretentor aplicados em pré-irrigação, momentos antes do plantio, observando as seguintes variáveis: índice de sobrevivência, altura das plantas, diâmetro dos caules e profundidade do sistema radicular, para o híbrido *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* – 03, em Chapadinha-MA.



## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. *Eucalyptus grandis*

O eucalipto (*Eucalyptus* sp.) ocorre naturalmente na Austrália, Indonésia e ilhas próximas. O gênero *Eucalyptus* pertence à família das Myrtáceas, com aproximadamente 600 espécies e subespécies, apresenta uma ampla dispersão mundial, por apresentar um crescimento satisfatório em diferentes situações edafoclimáticas. Menos de 1 % dessas 600 espécies têm sido aproveitadas pelas indústrias. Desta forma, o uso do eucalipto na indústria mundial se concentra em duas espécies, principalmente: *E. globulus*, *E. grandis* e seus híbridos com *E. urophylla* (Cotterill & Brolin, 1997) *E. viminalis* e *E. dunnii*, predominam na região sul.

O *E. grandis* é a espécie mais difundida fora da Austrália. Em seu país de origem possui ocorrência natural de forma descontínua e fragmentada numa longa faixa costeira (de Newcastle até Atherton). O clima na área é caracterizado como temperado-quente a subtropical-moderado, com invernos suaves e chuvas abundantes e bem distribuídas. (IPEF, 2004).

Segundo dados da Rede Internacional de investigadores do genoma do Eucalipto (EUCAGEM, 2007), o *Eucalyptus* é um dos gêneros florestais mais cultivadas no mundo. Existem cerca de 18 milhões de hectares em 90 países, cuja produção permite aliviar significativamente a pressão sobre a extensão e biodiversidade das florestas tropicais. No Brasil, destacam-se as espécies: *Eucalyptus alba*, *E. botryoides*, *E. camaldulensis*, *E. grandis*, *E. longifolia*, *E. robusta*, *E. saligna*, *E. umbellata*, *E. tereticornis*, *E. globulus*, *E. microcorys*, *E. pilularis* e *E. trautii* e *E. viminalis*.

*E. grandis* é a espécie predominante de *Eucalyptus* utilizada nas indústrias de produção de papel e pasta de celulose, especialmente na forma do híbrido *E. urophylla* x *E. grandis* (conhecido entre os profissionais do ramo florestal como “Urograndis”), mas também na forma de outros híbridos. *E. grandis* possui o seu desenvolvimento potencializado em regiões de clima tropical e subtropical, além de conter um ótimo teor de celulose na madeira (em torno de 48%) e possuir um bom crescimento volumétrico (COLODETTE et al., 2004; revisado em POKE et al., 2005).

Estudos desenvolvidos em 1993 por Brito et al. no Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (IPEF) e no Departamento de Silvicultura da Escola Superior de

Agronomia Luiz de Queiroz (ESALQ/USP) obtiveram como resultados que o *E. grandis* é uma das espécies de eucalipto que possui o maior volume de madeira por hectare, com produtividades de  $1.105 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ . Porém, apresenta índices elevados de lignina na madeira em torno de 24% de lignina total, fator indesejável para a produção de celulose (PEREIRA et al., 2000; COLODETTE et al., 2004).

No ano de 2008, em virtude de sua importância econômica, tamanho reduzido do seu genoma e valor silvicultural de seus híbridos, o *E. grandis* foi escolhido a espécie vegetal arbórea a ter seu genoma completamente sequenciado pelo JGI do USDOE. Os coordenadores e principais responsáveis pelo projeto de sequenciamento foram o Dr. Gerald. A. Tuskan (JGI, Walnut Creek, California, EUA), Dr. Alexander Myburg (Universidade de Pretória, Pretória, África do Sul) e Dr. Dario Grattapaglia (Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, DF), coordenador geral do Projeto GENOLYPTUS. Assim, o *E. grandis* tornou-se a terceira espécie arbórea com seu genoma definido e o natural modelo para as futuras pesquisas científicas em *Eucalyptus*.

## **2.2. Métodos de plantio de eucalipto**

O plantio de eucalipto pode ser realizado de três formas distintas: manual, semi-mecanizado ou mecanizado. O método a ser escolhido irá depender de uma série de fatores, que estão relacionados principalmente com a disponibilidade de mão-de-obra, declividade do terreno e tipo de preparo de solo utilizado. Nos cultivos comerciais o plantio deve ocorrer durante todo o ano, nesses casos quando o mesmo ocorrer em épocas de estiagem recomenda-se proceder com a irrigação no momento de plantio. Em geral, a rega com 2 a 4 litros de água por planta é suficiente para assegurar o estabelecimento das mesmas. As mudas após levadas ao campo devem ser plantadas no mesmo dia, para evitar o seu ressecamento e maximizar a sobrevivência.

### **2.2.1. Plantio manual**

Inicia-se com a marcação das covas, no espaçamento adotado. Depois de todas as covas de uma linha ser concluídas, a corda é deslocada paralelamente à outra linha. Após as marcações das covas as mudas são distribuídas manualmente. Posteriormente, as mudas são arrumadas nas covas, distribuindo solo até a altura

do colo da planta. A adubação é feita diretamente na cova de plantio, assegurando o cuidado de misturar bem o adubo com o solo antes de transplantar a muda. Isso evita a alta concentração de adubo próximo à raiz da muda, o que pode lhe causar a morte.

### **2.2.2. Plantio semi-mecanizado**

Este método consiste em utilizar sulcos no lugar de covas. Esses sulcos devem ter uma profundidade de aproximadamente 60 cm e sempre que possível seguindo as curvas de nível. A adubação é realizada simultaneamente com a abertura dos sulcos, sendo que o adubo deve ficar depositado a aproximadamente 25 cm da superfície do solo, em filete contínuo. O plantio também é realizado de forma manual, utilizando equipamentos denominados matracas, que ficam acopladas em uma estrutura movida por um caminhão-pipa.

### **2.2.3. Plantio mecanizado**

No plantio mecanizado o sulcamento e o plantio são realizados com uma plantadeira. Esta consiste de um disco que corta os restos de raízes do solo e prepara o caminho para o sulcamento e a distribuição do adubo. As mudas são distribuídas por um operário sentado na parte traseira do trator.

### **2.2.4. Época de plantio**

O plantio deve ser efetuado, preferencialmente, em dias chuvosos, o que proporciona umidade adequada do solo para uma efetiva sobrevivência das mudas. As mudas levadas ao campo devem ser plantadas no mesmo dia, para evitar seu ressecamento e maximizar a sobrevivência. O tamanho das mudas é fundamental para que as plantas possam ter um desenvolvimento adequado. De acordo com Comissão Estadual de Sementes e Mudas (1982), mudas de eucaliptos e pínus estão aptas para serem plantadas quando tiverem de 20 a 35 cm de altura e diâmetro de colo mínimo de 3,0 e 4,0 mm, respectivamente. Mudas muito pequenas são pouco resistentes a secas e geadas, e são mais susceptíveis ao ataque de formigas.

### **2.2.5. Replântio**

Deve-se avaliar a porcentagem de falhas com aproximadamente 30 dias após o plantio. Quando for superior a 10%, realizar o replântio. As mudas utilizadas para o replântio devem ter a mesma idade e dimensão das mudas plantadas, para evitar diferenças no crescimento.

### **2.3. Polímeros hidroretentores**

A utilização de polímeros hidroretentores e condicionantes de solo são consideradas uma alternativa para diminuir os problemas vinculados à deficiência hídrica. Estes polímeros podem ser: naturais (derivados do amido) ou sintéticos que são mais utilizados e são reconhecidos pela capacidade de absorção e retenção da água gravitacional na rizosfera (LECIEJEWSKI, 2009), assim como suas propriedades de melhoria nas características físicas dos solos (VALE et al., 2006).

Os hidrogéis são obtidos pela modificação de uma macromolécula (polissacarídeo) pré-existente por meio dos processos de polimerização. Na polimerização ocorre uma reação química promovendo a união de duas ou mais moléculas pequenas que ligam-se entre si por pontes de hidrogênio, posteriormente unem-se por ligações covalentes formando moléculas maiores gerando grandes cadeias. Este arranjo de moléculas orgânicas, no seu estado seco, possui forma granular e quebradiça, porém, em contato com a água, aquelas moléculas sofrem enfraquecimento das ligações químicas ocorrendo à expansão do polímero (GERVÁSIO, 2003).

Segundo Jhurry (1997), existem dois tipos de polímeros hidroretentores amplamente utilizados na agricultura: polímeros solúveis ou não em água. Os polímeros solúveis podem ser constituídos de polietileno glicol, poli-vinilalcool, poliacrilatos, poliacrilamidas (com exceção do polietileno glicol, todos são obtidos a partir do petróleo). A poliacrilamida (PAM) é muito empregada na agricultura por ser não iônica, porém, co-polímeros, acrilatos e acrilamidas vêm ganhando atenção por suas propriedades.

Quando se trata de capacidade de retenção de água é possível destacar três grupos de polímeros hidroretentores. O primeiro grupo, a água fica irreversivelmente ligada ao polímero por fortes ligações de hidrogênio, a mesma permanece em sua

totalidade no interior do polímero. No segundo grupo, os polímeros apresentam as características de absorver um enorme volume de água, mas com fraca ligação física, o que evita a adsorção de água por prolongados períodos, tornando-se disponível em poucos dias. No terceiro grupo, a água é retida por fracas ligações com hidrogênio, de modo que o polímero absorva e libere água por maiores períodos (GERVÁSIO, 2003).

Segundo Azevedo et al. (2002), os polímeros sofrem degradação em função da concentração de sais contido nos solos, que ocorre devido as adubações bem como por radiação ultravioleta, culminando na liberação de dióxido de carbono, água e amoníaco e, de acordo os autores, nenhum problema relacionado à toxicidade residual foi detectado. No Brasil, os hidroretentores vêm sendo amplamente utilizados nas diferentes áreas agrônômicas, cultivo de espécies olerícolas, para produção de mudas, implantação de pomares de plantas fruteiras, na cultura do café, e povoamentos florestais de eucaliptos e pinus (BUZETTO et al., 2002; DE OLIVEIRA, 2004; NISSEM e MARTÍN, 2004; ARBONA et al., 2005; VALE et al., 2006; SAAD et al., 2009).

Wofford Jr. e Koski (1990) concluíram que nos Estados Unidos da América, o Serviço Florestal do Estado do Colorado obteve grande aumento no índice de sobrevivência de mudas florestais utilizando apenas os polímeros agrícolas no momento do transplante e semeadura, além de acelerar o crescimento dessas plantas, pelo maior suprimento e disponibilidade de água.

### **2.3.1. Aspectos positivos e negativos do uso de hidrogel**

De acordo com Jhurry (1997), as vantagens proporcionadas pelos hidroretentores nas propriedades dos solos são: aumento na eficiência do uso dos recursos hídricos, proporcionando melhorias nas razões de infiltração e permeabilidade dos solos; aumento da capacidade de retenção de água no solo; redução da tendência de compactação do solo em virtude do aumento da porosidade; períodos de regas menos frequentes; desenvolvimento de plantas em regiões submetidas a regimes hídricos mais escassos. Estes polímeros ainda exercem a função de proteger o sistema radicular contra a desidratação no momento do transplante, desta forma, favorecendo o estabelecimento das mudas (SARVAS, 2003).

A eficiência no desempenho e sobrevivência de mudas com a aplicação de hidrogel depende do método e da concentração em que o polímero é aplicado (JHURRY, 1997). Alguns métodos são conhecidos para o plantio de mudas, como a imersão em solução saturada de hidrogel do sistema radicular antevendo o plantio (THOMAS, 2008), a incorporação do gel não hidratado ao substrato de formação das mudas ou incorporado ao solo em áreas que serão destinadas ao plantio. Podendo também ser aplicado em solução com diferentes volumes, diretamente à cova antes ou no momento do plantio, utilizando plantadeiras manuais (BUZETTO et al., 2002; VALLONE et al., 2004; ARBONA et al., 2005; SARVAS et al., 2007).

Buzetto et al. (2002), realizou estudos de concentrações de um polímero hidratado e não hidratado composto por acrilamida no fornecimento de água para mudas de *Eucalyptus urophylla* em pós-plantio. Os tratamentos que possuíam 0,4 e 0,8 litros de polímero pré-hidratado influenciaram elevando a sobrevivência das mudas, porém, não obtiveram respostas significativas no crescimento durante nove meses após plantio.

Segundo Thomas (2008) relatou que a imersão do sistema radicular de mudas de *E. pilularis* e *C. citriodora* subsp. *Variegata* reduziu de 12% para 5%, e, de 26% para 14% a taxa de mortalidade de mudas, respectivamente, na concentração de 2,5g L<sup>-1</sup>.

Huttermann et al. (1999), estudando os efeitos do uso do hidrogel quando incorporado ao solo sobre mudas de *Pinus halepensis* submetidas á estresse hídrico, observaram que os efeitos do hidrogel sobre o estabelecimento das mudas são obtidos em função do polímero prolongar por um maior período, a retenção de água no solo, mantendo o potencial hídrico mais elevado, por um período maior de tempo, com valores próximos aos correspondentes a capacidade de campo.

A capacidade de um solo em reter água pode estar condicionada aos parâmetros morfológicos e químicos dos solos. De acordo com Oliveira et al. (2004), os efeitos da incorporação de 0,2 dag kg<sup>-1</sup> de gel hidrorretentor foram mais pronunciados em um argissolo quando comparado a um solo franco-argilo-arenoso, elevando em até 137% a disponibilidade de água. Contudo, sob diferentes níveis de potencial hídrico, a mortalidade foi mais pronunciada em solos de textura arenosa, como relatado por Saad et al. (2009).

Azevedo et al. (2006), avaliando a capacidade de retenção de solução nutritiva pelo hidrogel, quando utilizado em diferentes soluções nutritivas de

fertilizantes variados, observaram que tanto a condutividade elétrica da solução nutritiva quanto o fertilizante interferiram na capacidade de retenção do hidrogel, bem como, ocorreu a degradação do hidrogel em 24 horas na presença de sulfato ferroso.

Zwieniecki et al. (2001), demonstraram que o processo de absorção e dessorção dos hidrogéis promovem alterações na concentração iônica, resultando no aumento da taxa do fluxo de água nos vasos xilemáticos de angiospermas em função da redução do pH alterar a polaridade e a ionização efetiva do polímero.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Descrição da área experimental

O experimento foi conduzido em uma área de plantio comercial de *Eucalyptus*, no município de Chapadinha, situado no estado do Maranhão, com coordenadas geográficas de 3°44'26"S e 43°21'33"W, e altitude de 93 metros. O clima da região segundo classificação de Köppen corresponde ao tipo "Aw" que se denomina tropical com estação seca de inverno (temperatura média superior a 27°C) com tendência a concentração de chuvas no verão, e precipitação média anual de 1.670 mm.

Os dados meteorológicos mensais de 20/12/2014 (transplântio das mudas no campo) até 20/06/2015 (ultima avaliação 180 dias após o transplântio) disponibilizados pelo INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) de uma estações meteorológica localizada a 8 quilômetros do local da área experimental encontram-se dispostos no tabela 01. Na tabela 02 encontram-se dispostos os dados meteorológicos diários, obtidos da mesma estação citada anteriormente, do período de 20/12/2014 a 20/01/2014, referente aos 30 dias após o transplântio.

TABELA 1. Médias mensais de temperatura do ar (°C), umidade relativa do ar (%) e total de precipitação (mm) na área de condução do experimento, durante o período de avaliação após o transplântio.

<b>Chapadinha – MA</b>			
<b>Mês</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Umidade Relativa (%)</b>	<b>Precipitação (mm)</b>
2014 – Dez	27,9	63,4	3,6
2015 – Jan	27,5	68,1	64,8
2015 – Fev	26,4	77,6	235,4
2015 – Mer	26,8	79,7	286,5
2015 – Abr	27,2	81,9	90,4
2015 – Mai	26,3	80,7	92,2
2015 – Jun	25,9	79,7	55,4



TABELA 2. Médias diárias de temperatura do ar (°C), umidade relativa do ar (%) e total de precipitação (mm) na área de condução do experimento, durante os trinta dias após o transplântio.

<b>Chapadinha – MA</b>			
<b>Data</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Umidade Relativa (%)</b>	<b>Precipitação (mm)</b>
20/12/2014	28,8	60,2	0,0
21/12/2014	29,4	55,5	0,0
22/12/2014	28,6	61,3	0,2
23/12/2014	27,3	65,7	0,0
24/12/2014	27,8	64,0	0,0
25/12/2014	26,0	68,4	0,4
26/12/2014	28,0	62,2	0,0
27/12/2014	29,0	54,5	0,0
28/12/2014	28,9	61,4	0,0
29/12/2014	28,1	63,8	0,0
30/12/2014	27,4	69,8	2,0
31/12/2014	25,8	74,0	1,0
01/01/2015	26,2	71,5	1,6
02/01/2015	26,7	72,0	0,0
03/01/2015	26,6	70,9	7,4
04/01/2015	26,1	72,0	16,0
05/01/2015	25,7	71,1	3,6
06/01/2015	27,1	66,0	0,0
07/01/2015	26,6	75,0	1,6
08/01/2015	27,1	69,9	2,2
09/01/2015	27,3	68,7	0,0
10/01/2015	27,4	71,5	0,0
11/01/2015	28,2	69,5	0,0
12/01/2015	27,9	66,0	0,0
13/01/2015	28,2	67,4	0,6
14/01/2015	27,3	67,2	0,0
15/01/2015	28,0	65,2	0,2
16/01/2015	28,1	64,5	0,0
17/01/2015	28,1	66,1	0,0
18/01/2015	28,0	67,8	1,2

A implantação do experimento foi realizada em uma área de segundo ciclo.

O solo da área experimental é classificado como latossolo amarelo, com manchas de solos arenosos no horizonte superficial. Esse tipo de solo é fortemente ácido, com baixa saturação por bases, distróficos ou alumínicos. Solos assim são encontrados geralmente em zonas que apresentam estações seca pronunciada, semiáridas, ou ainda por influência de rocha básica ou calcária (EMBRAPA, 2006), ressaltando que são solos típicos de regiões equatoriais e tropicais. Este solo pode ser considerado um solo leve ou solto apresentando textura grosseira, devido aos altos percentuais de areia total.

Para a determinação dos atributos físicos e químicos do solo da área experimental, foram realizadas amostragens simples nas profundidades de 0-20 cm, 20-40 cm, 40-60 cm e 60-100 cm.

Para determinação da granulometria foi quantificado o teor de argila (fração menor que 0,002 mm), o de silte (0,002 – 0,05 mm), o de areia fina (0,05 – 0,20 mm) e o de areia grossa (fração superior a 0,02 mm) pelo método da pipeta (EMBRAPA, 1997).

A análise granulométrica revelou que na camada de 0-20 cm o solo possui textura areia, nas camadas 20-40 e 40-60 cm areia franca, e na camada de 60-100 cm é classificado como franco arenoso (tabela 3).

TABELA 3. Caracterização granulométrica das camadas do solo na área de estudo em Chapadinha, MA, Brasil.

<b>Camada (cm)</b>	<b>AG (%)</b>	<b>AF (%)</b>	<b>Silte (%)</b>	<b>Arg. (%)</b>	<b>Classe Textural</b>
0-20	22,38	61,68	9,77	6,17	Areia
20-40	20,97	57,44	10,35	11,24	Areia Franca
40-60	18,64	55,64	11,58	14,14	Areia Franca
60-100	16,45	46,62	10,37	26,56	Franco Arenoso

AG= Areia Grossa; AF= Areia Fina; Arg.= Argila.

Para se caracterizar as propriedades químicas do solo, foi realizada a análise de pH em água, pH<sub>SMP</sub>, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, alumínio carbono orgânico total, nitrogênio total e matéria orgânica. As análises químicas seguiram metodologia descrita em Tedesco et al. (1995). Os resultados da análise química estão expressos na tabela 4.

TABELA 4. Atributos químicos do solo da área de implantação do experimento.

Profundidade (cm)	MO (g dm <sup>-3</sup> )	P (mg dm <sup>-3</sup> )	Cátions trocáveis (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )						SB (%)	m (%)	pH (CaCl <sub>2</sub> )
			K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup> + Al	CTC			
0-20	12,3	6,8	0,1	1,1	1,2	0,2	6,1	9,4	22,0	0,3	5,2
20-40	7,6	2,5	0,07	0,8	0,7	0,2	5,5	7,6	23,7	2,7	4,4
40-60	5,8	2,9	0,06	0,5	0,9	0,5	5,4	5,8	27,3	6,1	4,3
60-100	4,1	3,1	0,07	0,7	0,8	0,7	5,0	5,7	32,8	6,7	4,5

MO (g dm<sup>-3</sup>) – Matéria orgânica; P (mg dm<sup>-3</sup>) – Fósforo disponível; SB (%) - Saturação de Bases; m (%) – Saturação por alumínio.

### 3.2. Necessidades silviculturais para o plantio

É necessária a adoção de um conjunto de medidas silviculturais, como: correção do solo, preparo do solo, adubação (fertilização mineral em doses apropriadas) e tratos culturais destinados a favorecer o crescimento inicial das plantas em campos.

#### 3.2.1. Limpeza da área

A primeira operação realizada na área experimental consistiu na limpeza da área, com o intuito de afastar das linhas de plantio os resíduos (cascas de árvores e galhos) gerados pela colheita do ciclo anterior. Foi utilizado, um implemento conhecido como estrovena para esta operação.

#### 3.2.2. Correção do solo

Com base nas análises de solo e recomendações para a cultura do eucalipto realizou-se a calagem com a aplicação de calcário dolomítico, na dose de 1,5 t ha<sup>-1</sup>, realizada 45 dias antes do transplantio das mudas.

#### 3.2.3. Preparo do solo

A subsolagem foi realizada com profundidade de 60 cm e a marcação da cova na linha subsolada. O implemento utilizado no experimento realiza a

subsolagem simultaneamente com a primeira adubação. A subsolagem e adubação inicial foram realizadas cinco dias antes do transplântio das mudas no campo.

#### **3.2.4. Adubações**

A primeira adubação ocorreu de forma conjugada com a subsolagem no preparo de solo, aplicando-se 500 kg ha<sup>-1</sup> da formulação granulada de NPK (06-30-06) + 1,0% de Zn + 0,3% de Cu, no sistema de filete contínuo, sendo adubada desta forma toda a linha de plantio.

A segunda adubação, conhecida como adubação de cobertura ocorreu 90 dias após o transplântio das mudas, aplicando-se de forma manual 150g por cova da formulação NPK (18-06-24) + 0,7% de B, na projeção da copa da planta. Antecedendo a aplicação do adubo de cobertura, realizou-se um coroamento das plantas de eucalipto, com o objetivo de remover as plantas daninhas. Durante todo o experimento ocorreu um controle rigoroso das plantas daninhas sendo realizado sempre que necessário capinas manuais na coroa e capinas químicas nas entrelinhas.

#### **3.2.5. Controle de pragas**

O controle da formiga cortadeira, principal praga que ataca o cultivo do eucalipto, foi realizado em duas etapas. A primeira ocorreu vinte dias antes do transplântio das mudas e o repasse 40 dias após o transplântio. A aplicação foi realizada de forma manual, utilizando um equipamento costal denominado bombata. Em ambas as aplicações utilizou-se isca formicida granulada, sendo aplicados 10 g m<sup>-2</sup> de terra solta do saueiro.

#### **3.2.6. Seleção de mudas**

As mudas foram produzidas de acordo com o sistema de manejo utilizado pela empresa Suzano Papel e Celulose S.A., com a utilização de mini-estacas, variando entre 8 e 12cm, retiradas da posição intermediária na brotação das mini-cepas, do jardim clonal. Utilizou-se o clone comercial *Eucalyptus grandis* x *E.*

*urophylla* - 03 no experimento, a opção por esse matéria genético ocorreu devido o mesmo ser o mais cultivado na região.

Para o cultivo das mudas utilizou-se o tubete de polipropileno, com capacidade volumétrica de 53 cm<sup>3</sup>, modelo T-53/4, com quatro estrias. O substrato foi composto por uma mistura de 40% de casca de eucalipto compostada + 30% de vermiculita expandida tipo fina + 30% de casca de arroz carbonizada. Ao substrato foram adicionados 2,0 kgm<sup>-3</sup> de osmocote (19-06-10) microgranulado de liberação lenta + 2,0 kg m<sup>-3</sup> de superfosfato simples. O ciclo de produção das mudas durou aproximadamente 100 dias, desde o transplântio das estacas, até a expedição das mudas para o campo.

### 3.2.7. Transplântio

Após a seleção das mudas e expedição das mesmas para o campo, se iniciou a etapa de transplântio, nesta operação foram aplicados os sete tratamentos propostos (tabela 5).

TABELA 5. Tratamentos aplicados na área experimental.

TRATAMENTOS	
T1	Transplântio sem a utilização de gel hidrorretentor;
T2	Convencional – Sem a pré Irrigação (0g 5L <sup>-1</sup> de solução gel + água), 0,5 litros de solução com gel hidrorretentor no momento do transplântio na concentração de 3g L <sup>-1</sup> ;
T3	Pré Irrigação (1g 5L <sup>-1</sup> de solução gel + água), 0,5 litros de gel hidrorretentor no momento do transplântio na concentração de 3g L <sup>-1</sup> ;
T4	Pré Irrigação (2g 5L <sup>-1</sup> de solução gel + água), 0,5 litros de gel hidrorretentor no momento do transplântio na concentração de 3g L <sup>-1</sup> ;
T5	Pré Irrigação (3g 5L <sup>-1</sup> de solução gel + água), 0,5 litros de gel hidrorretentor no momento do transplântio na concentração de 3g L <sup>-1</sup> ;
T6	Pré Irrigação (4g 5L <sup>-1</sup> de solução gel + água), 0,5 litros de gel hidrorretentor no momento do transplântio na concentração de 3g L <sup>-1</sup> ;
T7	Pré Irrigação (5g 5L <sup>-1</sup> de solução gel + água), 0,5 litros de gel hidrorretentor no momento do transplântio na concentração de 3g L <sup>-1</sup> ;

O experimento foi implantado com sete tratamentos, três blocos (repetições). Cada parcela ocupava uma área de 0,2 ha, totalizando 1,4 ha por bloco. O espaçamento adotado para o plantio foi de 3,0 x 2,5 metros (linha e entre linha, respectivamente), sendo assim cada parcela foi composta de 267 plantas.

O transplântio no Tratamento 1, sem a utilização de gel hidrorretentor, ocorreu de forma manual. Após a sua colocação na cova, o solo foi levemente compactado até a altura do colo, de forma a evitar a formação de bolsas de ar.

O transplante dos tratamentos 2, 3, 4, 5, 6 e 7 foram realizados de forma semi-mecanizada utilizando plantadeiras tipo matraca, acopladas a um caminhão pipa de 3.750 litros arrastada por um trator em velocidade constante. Estas abriam as covas, introduzindo 0,5 litros gel hidrorretentor e as mudas ao mesmo tempo.

Trinta minutos antes do plantio os tratamentos 3; 4; 5; 6 e 7 receberam a pré irrigação, com doses crescentes de solução gel hidrorretentor + água, a utilização desta pré irrigação, possibilita uma maior aplicação de gel por cova associado a mistura com o solo. Nesta pré-irrigação utilizou-se caminhão tanque com mangueiras acopladas, cobrindo duas linhas simultaneamente, com dispositivo dosador, onde eram liberados 5 litros da solução por cova. O sistema convencional da adição do gel no momento do plantio, utilizando a matraca, limita o volume de gel + água a se aplicar em 500 mL, volumes superiores podem causar afogamento de caule, provocando assim uma maior mortalidade das mudas, uma vez que o gel aplicado em uma maior concentração não se mistura ao solo formando um corpo único (gel + água).

### **3.2.8. Irrigação de pós-plantio**

Todas as parcelas do experimento receberam duas irrigações, a primeira realizada três dias após o plantio aplicando quatro litros por planta, e a segunda irrigação ocorreu dez dias após o plantio sendo aplicado o mesmo volume de água da primeira irrigação.

## **3.3. Variáveis analisadas**

### **3.3.1. Índice de sobrevivência**

O índice de sobrevivência de mudas é um fator determinante em plantios comerciais, sendo que essa informação determina a necessidade ou não de um replantio. O senso foi realizado trinta dias após o plantio, no qual a porcentagem de sobrevivência foi determinada com base na contagem das plantas vivas, estabelecendo-se uma proporção em relação ao número total de plantas esperados na área útil da unidade experimental (equação 1).

$$S = (n_i / n_e) * 100 \quad (1)$$

Em que:

S = Taxa de sobrevivência (%);

$n_i$  = Número de árvores medidas;

$n_e$  = Número de árvores esperadas.

### **3.3.2. Diâmetro do caule**

As plantas foram monitoradas com relação ao diâmetro do caule ao 1, 30, 60 e 90 dias. Aos 180 dias após o plantio a medição de diâmetro foi realizada à altura do peito (DAP). Segundo Couto (1989) para se estimar o volume de madeira de uma árvore em pé é necessário medir o seu diâmetro e a sua altura, o diâmetro é medido a 1,30 metros de altura do solo e por isso é chamado “diâmetro à altura do peito” (DAP). A medição do diâmetro do colo com um dia, foi realizada utilizando um paquímetro digital da marca Mitutoyo, com resolução de 0.01 mm.

A medição dos diâmetros aos 30, 60, 90 e 180 dias foi realizada utilizando fitas diamétrica já graduadas em intervalos de  $\pi$  ( $\pi = 3,1415$ ), que fornecem a medida direta do diâmetro. Em um dos lados da fita são gravados os valores das circunferências (cm) e do outro os valores dos diâmetros correspondentes (cm).

### **3.3.3. Altura das plantas**

Para a medição das árvores menores até os 30 dias, utilizou-se uma régua telescópica graduada, as medições de árvores maiores a partir dos 30 dias foi realizada com um clinômetro, marca Suunto, modelo PM5.

### **3.3.4. Profundidade do sistema radicular**

Para o estudo do crescimento das raízes, fez-se escavações em quinze plantas por tratamentos, sendo cinco de cada bloco, à distância de um metro, em torno da planta selecionada de forma aleatória, até a profundidade alcançada pelas raízes, após as escavações foi utilizada uma trena para medir o tamanho das raízes e assim determinar a sua profundidade.

### **3.4. Análise estatística dos dados**

Os resultados obtidos após a implantação das mudas de eucalipto foram submetidos à análise de variância e a comparação de médias entre os tratamentos pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade de erro.



#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os índices de sobrevivência das mudas trinta dias após o transplântio são apresentados no tabela 6.

TABELA 6. Índice de sobrevivência das mudas clonais de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* – 03, trinta dias após o transplântio.

ÍNDICE DE SOBREVIVÊNCIA	
TRATAMENTOS	30 DIAS
T1 Transplântio sem a utilização de gel hidrorretentor;	89,47% b
T2 Convencional – Sem a pré Irrigação (0g 5L <sup>-1</sup> de solução gel + água), 0,5 litros de gel hidrorretentor no momento do transplântio na concentração de 3g L <sup>-1</sup> ;	95,61% a
T3 Pré Irrigação (1g 5L <sup>-1</sup> de solução gel + água), 0,5 litros de gel hidrorretentor no momento do transplântio na concentração de 3g L <sup>-1</sup> ;	97,99% a
T4 Pré Irrigação (2g 5L <sup>-1</sup> de solução gel + água), 0,5 litros de gel hidrorretentor no momento do transplântio na concentração de 3g L <sup>-1</sup> ;	98,62% a
T5 Pré Irrigação (3g 5L <sup>-1</sup> de solução gel + água), 0,5 litros de gel hidrorretentor no momento do transplântio na concentração de 3g L <sup>-1</sup> ;	99,37% a
T6 Pré Irrigação (4g 5L <sup>-1</sup> de solução gel + água), 0,5 litros de gel hidrorretentor no momento do transplântio na concentração de 3g L <sup>-1</sup> ;	99,12% a
T7 Pré Irrigação (5g 5L <sup>-1</sup> de solução gel + água), 0,5 litros de gel hidrorretentor no momento do transplântio na concentração de 3g L <sup>-1</sup> ;	99,25% a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

No plantio comercial de eucalipto para fins de celulose e energia (carvão e lenha), recomenda-se que os índices de sobrevivência por área de cultivo devem apresentar valores superiores a 95%, caso apresente valores menores acredita-se que ocorreram erros durante a implantação da cultura, erros que ocasionam perdas de produção no final do ciclo. Esse índice é de grande importância para as tomadas de decisão em casos de replântio, pois, com base nesses valores se avalia o custo operacional de realizar essa operação.

Dentre os tratamentos aplicados apenas o tratamento 1, sem a pré irrigação e sem a utilização de gel hidrorretentor no momento do plantio, obteve valor inferior a 95%, apresentando 89,47% de sobrevivência das mudas, o que significa que das 798 mudas deste tratamento, 714 permaneceram vivas e desenvolvendo-se após trinta dias.

Os demais tratamentos utilizando gel apresentaram valores satisfatórios não apresentando diferenças estatísticas entre eles. Todos superiores a 95% de

sobrevivência, sendo possível verificar uma tendência de crescimento desses índices com o aumento da dose de gel hidrorretentor aplicada. De mesmo modo, Buzetto et al. 2002, também verificaram esse efeito positivo do hidrogel em pós plantio de *Eucalyptus urophylla*.

Avaliando visualmente a área experimental três dias após o transplântio das mudas clonais, momento antes da primeira irrigação foi possível constatar que as plantas submetidas ao gel, não apresentavam sintomas de déficit hídrico e apresentavam vigor superior, quando comparadas ao tratamento 1. O mesmo se repetiu na segunda irrigação dez dias após o transplântio. Os efeitos do polímero hidrorretentor influenciam na forma de prolongar a umidade na rizosfera e minimizar os efeitos da desidratação do sistema radicular das mudas no ato do transplântio (SARVAS, 2003; CORTÉZ et al., 2007).

Lopes et al. (2010) observaram que o uso de 0,96 g de polímero hidratado na cova possibilitou a manutenção do potencial hídrico das mudas de *Eucalyptus urograndis* em até 37 dias de restrição hídrica, sem comprometer o crescimento.

Outras espécies florestais muito cultivadas no Brasil como o *Pinus elliottii* mostram resultados similares como demonstra Huttermann et al. (1999), o aumento na sobrevivência de 49% (controle) para 82% quando da adição de 0,4% de hidrorretentor incorporado ao solo, antevendo o plantio de mudas de *Pinus halepensis*, ocorreu pelo fato do hidrogel reter maior quantidade de água e elevar de 16 para 75 dias a redução de perdas do conteúdo de água no solo.

Para a primeira avaliação das mudas um dia após o transplântio (tabelas 7 e 8) foi possível verificar que não ocorreu diferença entre os tratamentos, no que se trata de diâmetro de caule e altura de mudas respectivamente. Essa informação tem grande relevância, pois mudas com maiores alturas e diâmetros de colo desenvolvem-se de forma mais acelerada que mudas de altura e diâmetros menores. Sendo assim buscando minimizar os erros provocados por essa diferença de altura, buscou-se adquirir um lote com mudas mais uniformes possíveis. Essas constatações foram expostas por Barnett (1983), que observou melhor desempenho no campo, à medida que as dimensões das mudas, por ocasião do plantio, foram maiores. Freitas (2003), avaliando o crescimento pós-plantio de clones de *Eucalyptus spp.* constatou que mudas clonais com maiores valores de altura e diâmetro apresentam melhor desempenho inicial após o plantio. Kartelev (1973), citado por Freitas (2003), também observou que o crescimento das plantas, logo

após o plantio, dependeu de forma acentuada do aumento do diâmetro das mudas, assim como o crescimento do sistema radicular. Resultados semelhantes também foram observados por Barroso et al. (2000), Leles et al. (2000) e Morgado et al. (2000).

Com relação ao diâmetro do colo, trinta dias após o plantio, é possível observar diferença entre os tratamentos submetidos a doses de gel, quando comparado com o tratamento sem adição de gel no momento do plantio (tabela 7).

TABELA 7. Diâmetro de colo das plantas do híbrido de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* – 03, após o plantio.

TRATAMENTOS	DIÂMETRO DE COLO (cm)				
	TEMPO DIAS				
	1 dia	30 dias	60 dias	90 dias	180 dias
T1 – Plantio sem utilização do gel	0,35 a	0,60 b	0,75 d	1,50 d	2,26 c
T2 – Plantio Convencional	0,35 a	0,90 a	1,17 c	2,35 c	3,14 b
T3 – Pré Irrigação 1g 5L <sup>-1</sup> solução gel + água	0,36 a	0,90 a	1,17 c	2,35 c	3,15 b
T4 - Pré Irrigação 2g 5L <sup>-1</sup> solução gel + água	0,35 a	0,92 a	1,16 c	2,38 bc	3,15 b
T5 - Pré Irrigação 3g 5L <sup>-1</sup> solução gel + água	0,35 a	0,93 a	1,28 b	2,41 b	3,17 b
T6 - Pré Irrigação 4g 5L <sup>-1</sup> solução gel + água	0,36 a	0,95 a	1,37 a	2,53 a	3,39 a
T7 - Pré Irrigação 5g 5L <sup>-1</sup> solução gel + água	0,34 a	0,97 a	1,37 a	2,53 a	3,39 a

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna não diferem entre si, pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

TABELA 8. Altura das plantas do híbrido de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* – 03, após o plantio.

TRATAMENTOS	ALTURA DE PLANTAS (m)				
	TEMPO DIAS				
	1 dia	30 dias	60 dias	90 dias	180 dias
T1 – Plantio sem utilização do gel	0,28 a	0,40 c	0,46 f	0,78 e	2,35 e
T2 – Plantio Convencional	0,28 a	0,56 b	0,65 e	1,24 d	3,22 d
T3 – Pré Irrigação 1g 5L <sup>-1</sup> solução gel + água	0,28 a	0,57 b	0,70 d	1,25 d	3,27 cd
T4 - Pré Irrigação 2g 5L <sup>-1</sup> solução gel + água	0,28 a	0,60 b	0,75 c	1,29 c	3,32 bc
T5 - Pré Irrigação 3g 5L <sup>-1</sup> solução gel + água	0,27 a	0,67 a	0,78 b	1,39 b	3,38 b
T6 - Pré Irrigação 4g 5L <sup>-1</sup> solução gel + água	0,28 a	0,69 a	0,83 a	1,43 b	3,49 a
T7 - Pré Irrigação 5g 5L <sup>-1</sup> solução gel + água	0,28 a	0,69 a	0,82 a	1,58 a	3,53 a

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna não diferem entre si, pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Analisando estatisticamente não foi possível identificar aos trinta dias uma dose de gel hidrorretentor que possibilitou maior crescimento em relação a diâmetro das plantas no campo, pois elas não apresentam diferença estatística quando comparadas. As maiores médias encontradas estão no tratamento 7, onde apresentam um valor médio de 0.97 centímetros, enquanto no tratamento 1 sem a aplicação de gel as médias se concentraram em valores médios de 0,60 centímetros.

Com relação à altura, se apresentou da mesma forma que o diâmetro de colo. Tratamentos submetidos a doses de gel apresentaram desenvolvimento superior ao tratamento que não foi aplicado gel na sua implantação. Analisando estatisticamente podemos observar que os tratamentos 5, 6 e 7 apresentaram os melhores resultados quando comparados aos demais apresentando 0,67, 0,69 e 0,69 metros respectivamente, trinta dias após o plantio. Essas diferenças entre tratamentos com e sem o gel hidrorretentor ficaram visíveis principalmente pelo fato de nos primeiros trinta dias a região apresentar um baixo índice pluviométrico (tabela 2), fazendo destacar o volume de água que o gel conseguiu reter e disponibilizar para as plantas na sua fase crítica de estabelecimento no campo.

Sessenta dias após o transplântio, em relação ao diâmetro de colo, os resultados continuaram a apresentar uma diferença significativa entre os tratamentos com e sem o gel hidrorretentor, onde é possível destacar dois tratamentos, os tratamentos 6 e 7 que apresentam valores médios de 1.37 centímetros de diâmetro de colo, o mesmo ocorre para a variável altura de plantas que transcorrido o mesmo período apresenta diferença estatística entre os tratamentos com e sem o hidrorretentor, sendo que dos tratamentos com aplicação do polímero se destacam os tratamentos 6 e 7 apresentando respectivamente 0.83 e 0.82 metros de altura das plantas.

Com base nos resultados é possível observar a tendência de plantas com maior desenvolvimento inicial tanto em altura como em diâmetro de colo, nesse caso justificado pela aplicação do polímero hidrorretentor, continuar a apresentar nos meses seguintes um melhor desenvolvimento, evidenciando coerência com o que foi exposto por Gomes et al. (2002). Esses autores relataram que mudas com relação H/D menos equilibrada tendem a uma menor capacidade de resistência às condições adversas de estresses climáticos. Os resultados encontram apoio no trabalho desenvolvido por Schmidt-Vogt e Gürth (1977), citados por Novaes (1998),

referindo-se a *Pinus sylvestris*, em que os autores indicam para o plantio, mudas de maior comprimento e de maiores diâmetros, por serem mudas mais adaptáveis a deficiências hídricas.

Noventa dias após o transplântio das mudas no campo os tratamentos submetidos a doses crescentes de gel apresentam diferença estatística quando comparados com o tratamento sem a utilização do gel, evidenciando dois fatores. O primeiro fator está relacionado ao crescimento inicial destas plantas no campo, onde as plantas que não sofreram com déficit hídrico conseguiram desenvolver-se melhor inicialmente tanto em altura como em diâmetro de colo, e com isso levando essa condição favorável proporcionado no estabelecimento das mudas no momento do plantio para os meses seguintes ficando cada vez mais evidente a influencia do diâmetro e da altura das plantas no estágio inicial do transplântio de eucalipto.

O segundo fator que pode estar relacionado à diferença apresentada entre os tratamentos, proporcionando um melhor desenvolvimento aos que foram aplicadas doses maiores de gel está condicionado ao efeito residual deste produto no solo, que de acordo com os fabricantes podem ficar presentes no solo até seis meses após a aplicação, conseguindo assim aproveitar melhor as precipitações que ocorreram na região.

Na ultima avaliação, cento e oitenta dias após o transplântio das mudas, o crescimento em altura ainda apresentou diferenças significativas entre os tratamentos, sendo o tratamento 1, sem adição de gel hidrotentor, com piores resultados médios apresentando valores de 2,5 metros de altura, e como tratamentos com melhores resultados destacam-se o 6 e 7 com 3,49 e 3,53 metros respectivamente (tabela 8). Com referência ao crescimento diametral os tratamentos ficaram divididos estatisticamente em três grupos, sendo o tratamento 1 com os piores resultados apresentando médias de 2,26 centímetros de diâmetro a altura do peito, e os tratamentos 6 e 7 com melhores resultados apresentando médias de 3,39 centímetros de diâmetro a altura do peito.

Observando os demais resultados é possível verificar uma tendência a diminuir as diferenças entre as variáveis analisadas com o passar dos meses, essa observação vai de encontro com o que foi observado por Carneiro e Ramos (1981), estes autores trabalharam com *Pinus taeda* e verificaram que é possível encontrar povoamentos que se equivaleram em desenvolvimento, seis anos após o plantio, tendo inicialmente tratamentos com diferentes lâminas de irrigação nos primeiros 3

meses. Da mesma forma, José et al. (2005), trabalhando com *Schinus terebinthifolius* (aroeira), verificaram que as diferenças iniciais de altura e diâmetro das mudas tendem a desaparecer ao longo do tempo no campo.

Os resultados obtidos permitem inferir que maiores doses de hidrogel favorecem um melhor desenvolvimento da cultura. Isto ocorre possivelmente devido ao fato de haver maior retenção de água na presença de maiores doses de hidrogel e, desta forma, maior quantidade de água disponível para a planta.

Os resultados obtidos neste trabalho estão em consonância com o observado Koupai et al. (2008), no qual os autores encontraram valores de retenção de água significativamente superiores nos tratamentos que receberam hidrogel comparados com o tratamento sem hidrogel conferindo, também, aos tratamentos com hidrogel valores maiores de conteúdo de água disponível, para as plantas.

Resultado semelhante foi observado por Sivapalan (2001), que observou um aumento gradativo da retenção de água conforme se aumentou as doses de hidrogel aplicadas. Este mesmo autor avaliando o efeito dos polímeros hidroretentores em plantios de soja em vasos dentro de casas de vegetação observou em seu experimento que houve maior perda de água por evaporação até os 35 dias após plantio no tratamento controle e esta perda foi menor conforme se aumentou a dose de hidrogel. Antagonicamente, Buzetto et al. (2002), que, apesar de registrarem uma redução importante nas taxas de mortalidade das mudas, não observaram efeito significativo sobre o crescimento das mesmas.

Para os resultados obtidos referentes ao comprimento do sistema radicular aos 180 dias (tabela 9) observa-se que o tratamento 1 se diferenciou estatisticamente dos demais tratamentos, tendo o comprimento do sistema radicular um valor médio de 1.43 metros, sendo superior aos demais tratamentos. Tal informação leva a inferir que doses maiores de gel limitam o desenvolvimento inicial do sistema radicular, em contra partida as plantas que se desenvolveram sem a utilização do gel hidroretentor criaram mecanismos de aprofundar o seu sistema radicular em busca de água e nutrientes.

Foi possível evidenciar uma grande quantidade de raízes secundárias e terciárias presentes nos tratamentos submetidos ao gel, porém no tratamento 1 as raízes apresentavam um volume menor apesar de serem identificadas a uma profundidade maior. Huttermann et al. (1999) também observaram um maior

desenvolvimento da cultura quando existe a presença de hidrogel, especialmente do sistema radicular, que apresentou um maior volume de raízes.

TABELA 9. Comprimento alcançada pelo sistema radicular de plantas do híbrido de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* – 03, seis meses após o plantio.

COMPRIMENTO DO SISTEMA RADICULAR (m)	
TRATAMENTOS	TEMPO DIAS
	180 dias
T1 – Plantio sem utilização do gel	1,43 a
T2 – Plantio Convencional	1,27 b
T3 – Pré Irrigação 1g 5L <sup>-1</sup> solução gel + água	1,26 b
T4 - Pré Irrigação 2g 5L <sup>-1</sup> solução gel + água	1,27 b
T5 - Pré Irrigação 3g 5L <sup>-1</sup> solução gel + água	1,16 b
T6 - Pré Irrigação 4g 5L <sup>-1</sup> solução gel + água	1,17 b
T7 - Pré Irrigação 5g 5L <sup>-1</sup> solução gel + água	1,13 b

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna não diferem entre si, pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

De acordo com Vogt e Persson (1991), o crescimento de raízes pode ser responsável por até 50% da produtividade primária local, tornando-se, dessa forma, um dos principais caminhos pelo qual o carbono entra no solo, sendo essencial para a continuidade e estabilidade da microbiota e para a ciclagem de nutrientes no ecossistema florestal.

## 5. CONCLUSÕES

O uso de polímeros hidroretentores, conhecidos como gel hidroretentor, aumenta o índice de sobrevivência das mudas transplantadas, assim como sobre o crescimento das mudas de eucalipto em pós-plantio, proporcionando um crescimento em altura e diâmetro de caule maior quando comparados a tratamentos sem gel.

A profundidade do sistema radicular não obteve melhorias quando utilizado uma dose superior de gel, obtendo valores menores do que os obtidos pelo tratamento sem a utilização do gel hidroretentor.



## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

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

BARNETT, J. P. Relating seedling morphology of container grown southern pines to field success. Separata de: CONVENTION OF THE SOCIETY OF AMERICAN FORESTERS (1983: Portland) **Proceedings of the...** New Orleans: USDA For. Serv, Southern Forest Experiments Station, p.405-407, 1983.

BARROSO, D. G.; CARNEIRO, J. G. DE A.; NOVAES, A. B.; LELES, P. S. DOS S. Efeitos do recipiente sobre o desenvolvimento pós-plantio de *Eucalyptus camaldulensis* e *E. urophylla*. **Revista Árvore**, 24 (3): 291-296, 2000.

BERGER, R.; SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G.; HASELEIN, C. R. Efeito do espaçamento e da adubação no crescimento de um clone de *Eucalyptus saligna* Smith. **Ciência Florestal**, 12 (2): 75-87, 2002.

BRITO, J. O.; BARRICHELO, L. E. G. & SEIXAS, F. Análise da Produção Energética e de Carvão Vegetal de Espécies de Eucalipto. **Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais**, 23: 53-56, 1993.

BUZETTO, F.A.; BIZON, J.M.C.; SEIXAS, F. **Avaliação de um polímero adsorvente a base de acrilamida no fornecimento de água no fornecimento de água em mudas de *Eucalyptus Urophylla* em pós-plantio**. Piracicaba: IPEF, 2002. 8 p. (Circular técnica n. 195).

CARNEIRO, J. G. DE A.; RAMOS, A. Influência da altura aérea, diâmetro de colo e idade de mudas de *Pinus taeda* sobre a sobrevivência e desenvolvimento após 15 meses e aos seis anos após o plantio. In: SEMINÁRIO DE SEMENTES E VIVEIROS FLORESTAIS, 1, 1981, Curitiba. **Anais...** Curitiba: FUPEF, p. 91 – 110, 1981.

COLODETTE, J. L.; MOKFIENSKI, A.; GOMIDE, A. & OLIVEIRA, R. Relative importance of wood density and carbohydrate content on pulping yield and product quality. **J Tianjin Univ Sci Technol**, 19(4): 71-80, 2004.

CORTÉS, A. B.; RAMÍREZ, I. X. B.; ESLAVA, L. F. B.; NIÑO, G. R. Evaluación de hidrogeles para aplicaciones agroforestales. **Revista Ingeniería e Investigación**, v.27, p.35-44, 2007.

COUTO, HILTON T.Z. DO. BATISTA, JOÃO.L. F. RODRIGUES, LUIZ.C.E.; **Mensuração e gerenciamento de pequenas florestas**. Documentos Florestais, Piracicaba, SP: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" – USP, n.5, p. 1-37, nov.1989.

CRESTANA. **Plantio de eucalipto**. Disponível em: <[http://infobibos.com/Artigos/2009\\_3/Eucalipto/index.htm](http://infobibos.com/Artigos/2009_3/Eucalipto/index.htm)>. Acesso em: 22 abr. 2015.

CUNHA, U.S.; **Dendrometria e Inventário Florestal**. Escola Agrotécnica Federal de Manaus. Manaus, 2004.

DE OLIVEIRA R. A.; 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, v.8, n.1, p.160- 163, 2004.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997. 212 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2<sup>o</sup> ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA/SOLOS, 2006. 306p.

EUCAGEM. **Genoma do eucalipto**. Disponível em: <[http://www.raiziifp.pt/PressRelease\\_Jul07.pdf](http://www.raiziifp.pt/PressRelease_Jul07.pdf)>. Acesso em: 19 abr. 2015.

FREITAS, T. A. **Sistema de blocos prensados para produção de mudas de eucalipto**. Tese (Mestrado em produção vegetal), Campos dos Goytacazes, RJ. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, 2003. 94 p.

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

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.

GOMES, J. M.; COUTO, L.; LEITE, H. G.; XAVIER, A.; GARCIA, S. L. R. Parâmetros morfológicos na avaliação de qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, 26 (6): 655-664, 2002.

HUTTERMANN, A.; ZOMMORODI, M.; REISE, K. Addition of hidrogels to soil for prolonging the survival of *Pinus Helepis* seedlings subjected to drought. **Soil & Tillage Research**, Cornelius, v.50, p.295-304, 1999.

IPEF- Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais. **Chave de identificação de Espécies Florestais**. Piracicaba-SP <<http://www.ipef.br/identificacao/cief/especies/grandis.asp>>. 2004. Acesso em: 05 mai. 2015.

JOSÉ, A. C.; DAVIDE, A. C.; OLIVEIRA, S. L. Produção de mudas de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi) para recuperação de áreas degradadas pela mineração de bauxita. **Cerne**, 11 (2): 187-196, 2005.

JHURRY, D. **Agricultural polymers**. Mauritius: Food and Agricultural Research Council, Réduit, AMAS, 1997.

KARTELEV, V. G. Qualitaetsmerkmale des Pflanzenmaterials. **Lesnoje Chozjajstvo**, Moscou, 4: 31-33, 1973.

KOUPAI, J.A.; 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.

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.

LELES, P. S. DOS S.; CARNEIRO, J. G. A.; BARROSO, D. G.; MORGADO, I. F. Qualidade de mudas de *Eucalyptus spp.* produzidas em blocos prensados e em tubetes. **Revista Árvore**, 24 (1): 13-20, 2000.

MATTEI, L. V. PINUSLETTER. **Referências Técnicas da Literatura Virtual Grandes** <<http://www.ipef.br/publicacoes/international/nr02/cap06.pdf>>. Acesso em: 11 jul. 2015.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR (MDIC). **Dados estatísticos sobre a produção nacional de eucalipto**. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/economia-e-emprego/2015/02/exportacao-de-madeira-certificada-cresceu-10-em-2014>>. Acesso em: 29 jun. 2015.

MORGADO, I. F.; CARNEIRO, J. G. DE A.; LELES, P. S. DOS S.; BARROSO, D. G. Nova metodologia de produção de mudas de *Eucalyptus grandis*

W. Hill ex Maiden utilizando resíduos prensados como substratos. **Revista Árvore**, 24 (1): 27-33, 2000.

NISSEN, J.M.; MARTÍN, K.S.R. uso de poliácridamidas y el riego en el manejo hídrico de lechugas (*lactuca sativa* L.). **Agro Sur**, v.32, n.2, p1-12, 2004.

OLIVEIRA, R.A.; 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, v.8, n.1, p.160-163, 2004.

RESENDE, J. L. P., LIMA JR, V. B., SILVA, M. L. O setor florestal brasileiro. **Informe Agropecuário**, 18 (185): 7-14, 1996.

PEREIRA, J. C. D.; STURION, J. A.; HIGA, A. R.; HIGA, R. C. V. & SHIMIZU, J. Y. **Características da madeira de algumas espécies de eucalipto plantadas no Brasil**. In: Embrapa Florestas Documentos 38: 113p, 2000.

Pimentel-Gomes, F. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais**: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos. / Frederico Pimentel-Gomes e Carlos Henrique Garcia. Piracicaba: FEALQ, 2002. 309p.

POKE, F. S.; VAILLANCOURT, R. E.; POTTS, B. M. & REID, J. B. Genomic research in *Eucalyptus*. **Genetica**, 125: 79–101, 2005.

SAAD, J.C.C.; J.L.W.; 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, p.404-411, 2009.

SANTOS, C. B.; LONGHI, S. J.; HOOPE, J. M.; MOSCOVICH, F. A Efeito do volume de tubetes e tipos de substratos na qualidade de mudas de *Cryptomeria japonica* (L. F.) D. **Ciência Florestal**, 10 (2): 1-15, 2000.

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

SARVAS, M. Effect of desiccation on the root system of Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) seedlings and a possibility of using hydrogel STOCKOSORB® for its protection. **Journal of Forest Science**, Bethesda, v.11, n.49, p.531-536, 2003.

SILVA, J.A.A.; PAULA NETO, F. **Princípios básicos de dendrometria**. Recife: Imprensa universitária da UFRPE, 1979, 191p.

SIVAPALAN, S. Effect of polymer on soil water holding capacity and plant water use efficiency. In: AUSTRALIAN AGRONOMY CONFERENCE, 10, 2001, Hobart, Tasmania, Australia. Proceedings... Hobart, Tasmania: Australian Society of Agronomy, 2001.

TEDESCO, M. J. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: Departamento de Solos: UFRGS, 1995. 174 p.

THOMAS, D.S. Hydrogel applied to the root plug of subtropical eucalypt seedlings halves transplant death following planting. **Forest Ecology and Management**, n.255, p.1305-1314, 2008.

VALE, G.R.F.; CARVALHO, S.P.; PAIVA, L.C. Avaliação da eficiência de polímeros hidrorretentores no desenvolvimento do cafeeiro em pós-plantio. **Coffee Science**, Lavras, v.1, n.1, p.07-13, 2006.

VALLONE, H.S.; GUIMARÃES, R.J.; SOUZA, C.A.S.; CARVALHO, J.A.; FERREIRA, R.S.; OLIVEIRA, S. Substituição do substrato comercial por casca de arroz carbonizada para produção de mudas de cafeeiro em tubetes na presença de hidrorretentor. Lavras: **Ciência e Agrotecnologia**, v.28, n.3, p.593-599, 2004.

VOGT, K. A., PERSSON, H. Measuring growth and development of roots. In Lassoie., J. P., Hinckley, T. M. (Eds.). **Techniques and Approaches in Forest Tree Ecophysiology**. CRC Press, Boca Raton, p. 447-501, 1991.

ZWIENIECKI, M.A.; MELCHER, P.J.; HOLBROOK, N.M. Hydrogel control of xylem hydraulic resistance in plants. **Science**, v.291, n.9, p.1059-1062, 2001.