



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

DANIELE RODRIGUES GOMES

**RESPOSTA DE MUDAS CLONAIS DE EUCALIPTO CULTIVADAS COM
HIDRORRETENTOR EM DIFERENTES NÍVEIS DE DISPONIBILIDADE
HÍDRICA**

JERÔNIMO MONTEIRO – ES
FEVEREIRO - 2013

DANIELE RODRIGUES GOMES

**RESPOSTA DE MUDAS CLONAIIS DE EUCALIPTO CULTIVADAS COM
HIDRORRETENTOR EM DIFERENTES NÍVEIS DE DISPONIBILIDADE
HÍDRICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais na Área de Concentração Ciências Florestais.

Orientador: Prof. Dr. Aderbal Gomes da Silva
Coorientador: Dr. Ricardo Miguel Penchel Filho
Coorientador: Prof. Dr. Edvaldo Fialho dos Reis

JERÔNIMO MONTEIRO – ES

FEVEREIRO - 2013

**RESPOSTA DE MUDAS CLONAIS DE EUCALIPTO CULTIVADAS COM
HIDRORRETENDOR EM DIFERENTES NÍVEIS DE DISPONIBILIDADE
HÍDRICA**

Daniele Rodrigues Gomes

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais na Área de Concentração Ciências Florestais.

Aprovada em 21 de Fevereiro de 2013.



Prof.^a. Dr.^a. Elzimar de Oliveira Gonçalves
UFES
Membro Externo



Prof. Dr. José Eduardo Macedo Pezzopane
UFES
Examinador Interno



Dr. Ricardo Miguel Penchel Filho
FIBRIA
Coorientador



Prof. Dr. Edvaldo Fialho dos Reis
UFES
Coorientador



Prof. Dr. Aderbal Gomes da Silva
UFES
Orientador

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Setorial de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

G633r Gomes, Daniele Rodrigues, 1987-
Resposta de mudas clonais de eucalipto cultivadas com hidrorretentor em diferentes níveis de disponibilidade hídrica / Daniele Rodrigues Gomes. – 2013.
89 f. : il.

Orientador: Aderbal Gomes da Silva.
Coorientadores: Ricardo Miguel Penchel Filho; Edvaldo Fialho dos Reis.
Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias.

1. Eucalipto - Crescimento. 2. Mudas - Qualidade. 3. Irrigação. 4. Hidrologia. I. Silva, Aderbal Gomes da. II. Penchel Filho, Ricardo Miguel. III. Reis, Edvaldo Fialho dos. IV. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias. V. Título.

CDU: 630

AGRADECIMENTOS

Agradecer é reconhecer que sozinhos não somos capazes.

A Deus, Pai todo poderoso, pelo dom de vida e estar sempre presente, por iluminar meu caminho durante todos esses anos, por seu conforto nas horas difíceis, por ter a oportunidade de viver e conhecer todas as pessoas que mencionarei abaixo.

Ao programa de Pós-graduação em Ciências Florestais, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA-UFES), pela oportunidade concedida.

A todos os professores do Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais e Produção Vegetal que contribuíram para meu crescimento profissional.

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), pela concessão da bolsa que foi de grande ajuda para a realização deste trabalho.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Aderbal pela colaboração, paciência e os conhecimentos repassados durante todo o desenvolvimento do trabalho. Ao meu coorientador Prof. Dr. Edvaldo e sua orientada de doutorado Camila, pela disponibilidade, pela fundamental contribuição no desenvolvimento da análise estatística e bem como o acompanhamento exercido durante a execução do trabalho.

Aos integrantes da banca, Prof. Dr (a) Elzimar e Prof. Dr. Pezzopane, pela disponibilidade em participar desta defesa, e suas considerações.

À empresa Fibria S. A., pela parceria e oportunidade da realização desta pesquisa. Ao Pesquisador e Coorientador Ricardo Miguel Penchel, pela parceria que tornou possível a realização desta pesquisa, por toda atenção, ensinamentos e, amizade. Aos técnicos Edmundo e Jair, pelo comprometimento e colaboração neste trabalho e, também pela amizade.

A empresa Evonik Degusa, representada pelo Wagner Lopes pela parceria e doação do hidroretentor para realização do experimento.

À minha família, por ter me fornecido condições para concluir mais uma etapa de minha vida, sem vocês não estaria aqui. Aos meus pais, João David e

Neuza, pelos princípios passados. Pai, agradeço profundamente a herança deixada, minha educação. Mãe, agradeço por suas orações e cuidado para comigo, com palavras doces sempre confortantes.

Aos meus amados amigos Huezer, Brunela, Wesley, Dyeime, Rômulo, Flavio, Carlos Eduardo (Carlinhos), Kallil e Raquel. Foi com vocês que compartilhei angústias, alegrias e felicidades. Só vocês para entender meu sumiço, a falta de tempo, o cansaço, a necessidade de me distanciar por conta de escrever minha dissertação. Como diria Machado de Assis: “Abençoados os que possuem amigos, os que têm sem pedir. Porque amigo não se pede, não se compra, nem se vende. Amigo a gente sente”.

À minha linda sobrinha de coração e afilhada de Consagração, Marília, por mostrar como a vida é tão simples de viver, mesmo sem saber falar conseguia me confortar com seu belo e encantador sorriso que fortalecia meu coração, que por muitas vezes batia apreensivo, mas ao final saía revigorado após mais uma visita.

À minha fiel escudeira de batalha Fernanda, pelo seu empenho durante todo o desenvolvimento desta pesquisa, os créditos deste trabalho também são seus. Os apertos foram grandes, mas no final demos boas rizadas de tudo.

Às minhas amigas de república Maiara, Marília e Ariany que vivenciaram toda minha trajetória no mestrado, todas as alegrias e sofrimentos. Cada qual ao seu jeito, mas todas adoráveis. Espero que nossas amizades não sejam apagadas pela distância e tenho a certeza que algo muito especial está sendo preparado para cada uma de nós.

À dona Teresa que gentilmente me concedeu a energia para que pudesse ligar os aparelhos responsáveis pela irrigação do experimento, sua casa para me refugiar do sol, além de seu carinho e cuidado para comigo.

Aos funcionários Antônio, Estela e Paulo, pela atenção, amizade por estarem sempre dispostos a me ajudar nos momentos mais angustiantes, sou grata a vocês por tudo que fizeram por mim.

“Nem tudo que se enfrenta pode ser
modificado, mas nada pode ser
modificado até que seja enfrentado.”

Albert Einstein

BIOGRAFIA

DANIELE RODRIGUES GOMES, filha de João David Rodrigues Gomes e Neuza Gomes Rodrigues, nasceu às 06 horas de 10 de Abril de 1987, em Cachoeiro de Itapemirim, Espírito Santo, Brasil.

Em 2006, ingressou na Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), no Centro de Ciências Agrárias (CCA-UFES), em Alegre-ES, graduando-se em Engenharia Florestal, em fevereiro de 2011.

Em março de 2011, iniciou o Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, na Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, submetendo-se à defesa da dissertação em fevereiro de 2013.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Vista aérea da unidade de produção de mudas da empresa Fibria Celulose S. A., em Aracruz – ES. (FONTE: BASE DE DADOS GEOBASES). 14
- Figura 2. Localização da Área Experimental II/UFES, em Jerônimo Monteiro – ES. (FONTE: BASE DE DADOS GEOBASES). 15
- Figura 3. Produção das mudas clonais de eucalipto e o transporte dos tubetes estaqueados. (A) Vista geral do estaqueamento; e (B) Casa de vegetação. 18
- Figura 4. Distribuição dos coletores para o dimensionamento da distribuição de água pelo sistema de irrigação. 19
- Figura 5. Caracterização da temperatura do ar (T), no interior da casa de vegetação em Jerônimo Monteiro-ES, no período de 03 de outubro a 04 de dezembro 2012. 22
- Figura 6. (A) Ilustração da realização da medição do teor de água no substrato por meio de leitura direta com o sensor WET-2 e (B) Aparelho WET-2. 24
- Figura 7. (A) Ilustração da realização da leitura do potencial hídrico foliar pelo técnico da Fibria S. A. e (B) Equipamento utilizado para medição do potencial hídrico, câmara de pressão. 27
- Figura 8. Sobrevivência das mudas de um clone híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* durante o período de produção; (A) Mudas sem hidrorretentor; (B) Mudas com hidrorretentor; e (C) Comparação entre as lâminas com e sem hidrorretentor aos 95 dias, respectivamente. 37
- Figura 9. Crescimento em altura da parte aérea das mudas de eucalipto, (A) Altura em função do hidrorretentor para cada lâmina, (B) Altura em função das lâminas para cada fase e (C) Altura em função das fases para cada lâmina. 39
- Figura 10. Crescimento em diâmetro do coleto das mudas de um clone híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. (A) Diâmetro em função da lâmina para cada fase e (B) Diâmetro em função das fases para cada lâmina. 41
- Figura 11. Potencial hídrico foliar às 07h30min, para mudas de eucalipto do clone híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* submetidas a diferentes manejos hídricos - A (sem hidrorretentor) e B (com hidrorretentor) em função das fases para cada lâmina; C (50 dias), D (70 dias) e E (95 dias) em função das lâminas para cada hidrorretentor (com e sem). 48

- Figura 12. Potencial hídrico foliar às 14h00min, para mudas de eucalipto do clone híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* submetidas a diferentes manejos hídricos - A (sem hidrorretentor) e B (com hidrorretentor) em função das fases para cada lâmina; C (50 dias), D (70 dias) e E (95 dias) em função das lâminas para cada hidrorretentor (com e sem)..... 51
- Figura 13. Comparação das médias das notas do padrão de qualidade das mudas de eucalipto, aos 95 dias, obtidas por meio do gabarito operacional da Fibria S.A., em função das lâminas para cada nível de hidrorretentor..... 53
- Figura 14. Hidratação do polímero hidrorretentor, (A) Adição de 330 g do hidrorretentor a 30L de água e (B) Hidrorretentor hidratado após 30 minutos..... 66

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1. Classificação dos valores do desempenho dos sistemas de irrigação em função do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) 20
- Tabela 2. Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) em porcentagem e suas classificações, para cada setor de irrigação 20
- Tabela 3. Teores de umidade utilizados como referência para avaliações de umidade realizadas pela Fibria 25
- Tabela 4. Variáveis utilizadas na avaliação da qualidade de mudas clonais de eucalipto de acordo com os pesos e classificações adotados no viveiro da Fibria Celulose S. A. 28
- Tabela 5. Classificação das mudas de eucalipto de acordo com o somatório das variáveis avaliadas 28
- Tabela 6. Lâmina de irrigação diária e total aplicadas em mudas de um clone híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* nas fases de aclimação, crescimento e rustificação, em Jerônimo Monteiro, ES..... 29
- Tabela 7. Teor de água no substrato em função das lâminas e hidrorretentor para cada fase, na produção de mudas de um clone híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* 31
- Tabela 8. Teor de água no substrato e sua classificação quanto às condições de saturação do substrato em água, com base na norma técnica da empresa Fibria S. A., em função das lâminas e hidrorretentor para cada fase..... 33
- Tabela 9. Volume de água gasto no decorrer das fases do processo de produção de mudas de um clone híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, em Jerônimo Monteiro - ES..... 35
- Tabela 10. Massa seca da parte aérea em função das lâminas e hidrorretentor para cada fase, na produção de mudas do clone híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* 43
- Tabela 11. Massa seca da raiz em função das lâminas e hidrorretentor para cada fase, na produção de mudas do clone híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*..... 45
- Tabela 12. Análise de variância das variáveis: teor de água do substrato, altura e diâmetro avaliando o efeito entre os fatores lâmina de irrigação, hidrorretentor e épocas e suas interações 69
- Tabela 13: Análise de variância das variáveis, massa seca da parte aérea e massa seca da raiz avaliando o efeito entre os fatores lâmina de irrigação, hidrorretentor e épocas e suas interações..... 70

Tabela 14: Análise de variância das variáveis potencial hídrico as 07h30min e as 14h00min avaliando o efeito entre os fatores lâmina de irrigação, hidrorretentor e épocas e suas interações	71
--	----

SUMÁRIO

RESUMO	xiv
ABSTRACT	xvi
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. OBJETIVO GERAL.....	3
1.1.1. Objetivos específicos	3
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. PRODUÇÃO DE MUDAS CLONAIS DE EUCALIPTO.....	4
2.2. FATORES QUE INFLUENCIAM A QUALIDADE DE MUDAS.....	5
2.3. HIDRORRETENTOR.....	8
2.4. LÂMINA ESTIMADA POR EVAPOTRANSPIRAÇÃO.....	10
2.5. MANEJO DE IRRIGAÇÃO.....	12
3. MATERIAL E MÉTODOS	14
3.1. DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	14
3.2. CONSIDERAÇÕES SOBRE O EXPERIMENTO.....	15
3.3. CARACTERIZAÇÃO DO MATERIAL VEGETAL.....	16
3.4. SUBSTRATO.....	17
3.5. PRODUÇÃO DAS MUDAS.....	17
3.6. ACONDICIONAMENTO DAS MUDAS E DIMENSIONAMENTO DA IRRIGAÇÃO.....	18
3.7. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	22
3.8. AVALIAÇÕES DO EXPERIMENTO.....	23
3.8.1. Teor de água no substrato (%)	23
3.8.2. Sobrevivência de plantas (%)	25
3.8.3. Crescimento em altura (cm) e diâmetro (mm) das mudas	25
3.8.4. Determinação da massa fresca e seca (g planta⁻¹)	25
3.8.5. Potencial hídrico foliar das mudas (mbar)	26
3.8.6. Classificação do padrão de qualidade de mudas	27
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
4.1. LÂMINA IRRIGADA.....	29
4.2. TEOR DE ÁGUA NO SUBSTRATO.....	30
4.3. CONSUMO DE ÁGUA.....	34
4.4. SOBREVIVÊNCIA.....	36
4.5. CRESCIMENTO EM ALTURA.....	38

4.6. CRESCIMENTO EM DIÂMETRO	40
4.7. MASSA SECA DA PARTE AÉREA (MSPA)	43
4.8. MASSA SECA DA RAIZ (MSR)	45
4.9. POTENCIAL HÍDRICO FOLIAR (Ψ_w)	46
4.9.1. Potencial hídrico às 07h30min	46
4.9.2. Potencial hídrico às 14h00min	49
4.10. PADRÃO DE QUALIDADE DAS MUDAS	52
5. CONCLUSÕES	55
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56
APÊNDICE	65
ANEXO	72

RESUMO

GOMES, Daniele Rodrigues. **Resposta de mudas clonais de eucalipto cultivadas com hidrorretentor em diferentes níveis de disponibilidade hídrica**. 2013. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre-ES. Orientador: Prof. Dr. Aderbal Gomes da Silva. Coorientadores: Dr. Ricardo Miguel Penchel Filho e Prof. Dr. Edvaldo Fialho dos Reis.

A água é um dos principais fatores que limitam o crescimento das plantas, sendo importante responsável por oscilações na produtividade das culturas. Assim, a irrigação e a inclusão de polímeros hidrorretentores podem auxiliar na manutenção de uma produção constante. O presente trabalho teve por objetivo avaliar a influência do polímero, sob diferentes manejos de irrigação, sobre o crescimento, produção e qualidade das mudas clonais de eucalipto. As mudas foram enraizadas no viveiro da empresa Fibria Celulose S. A., unidade Aracruz e transportadas para o município de Jerônimo Monteiro com 30 dias. Não houve intervenção da lâmina aplicada durante a permanência das mudas no viveiro da empresa. As variáveis avaliadas foram mensuradas ao final de cada fase do desenvolvimento das mudas: adaptação, aclimação, crescimento e rustificação. Utilizou-se de um Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), com quatro repetições, e a unidade experimental composta por 20 plantas. O experimento foi montado num esquema de parcela subdividida, com lâminas de irrigação em três níveis: L1=100% ET₀, L2=75% ET₀ e L3=50% ET₀; o uso do hidrorretentor em dois níveis: D0= 0,0 Kg m⁻³, D1= 0,50 Kg m⁻³; e analisados em quatro fases, Fase0= 35 dias, Fase1= 50 dias, Fase2= 70 dias e Fase3= 95 dias após o estaqueamento das miniestacas, sendo avaliadas aos 35 dias apenas as variáveis: sobrevivência, altura e diâmetro do coleto. Os dados experimentais obtidos foram submetidos à ANOVA, e quando significativos foram realizados os desdobramentos das interações e os respectivos testes de média, sendo comparadas pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%. Para acompanhar o desenvolvimento e o crescimento das mudas foram avaliadas as seguintes variáveis morfológicas: altura, diâmetro, massa seca da parte aérea e da raiz; foram determinados a lâmina irrigada diária, o teor de água no substrato e o potencial hídrico foliar, e a classificação das mudas de acordo com o padrão de qualidade estabelecido pela empresa Fibria S. A.. Notou-se uma variação nas mudas em resposta aos tratamentos as quais foram submetidas e as fases avaliadas. Pela análise da variância observou-se efeito significativo entre as interações triplas para as variáveis: massa seca da parte aérea e raiz, teor de água no substrato e potencial hídrico em ambos os horários, enquanto as variáveis morfológicas, altura e diâmetro do coleto ocorreram apenas interações duplas entre os fatores. Para as condições de estudo, as lâminas 100% e 75% da ET₀, determinadas pela equação de Hargreaves & Samani são indicadas para irrigação de mudas do clone híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. Os tratamentos os quais foram restituídos 50% da ET₀, o desenvolvimento da planta expresso em termos de altura registraram decréscimos significativos nas fases avaliadas. O horário utilizado das 14 horas, para avaliação do parâmetro potencial hídrico foliar não manifestou efeitos distintos para as plantas, por ser um horário de grande atividade

metabólica com altas taxas de transpiração, devendo-se preferir medições em horários ao amanhecer. O padrão de qualidade das mudas não é afetado pela redução em 25% da lâmina aplicada, obtendo mudas de qualidade superior.

Palavras-chave: Qualidade de mudas, variáveis morfológicas, demanda hídrica, evapotranspiração, Hargreaves & Samani.

ABSTRACT

GOMES, Daniele Rodrigues. **Response clonal seedlings of eucalyptus with hidrorretentor grown different levels of water availability**. 2013. Dissertation (Master's degree on Forest Science) - Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre-ES. Adviser: Prof. Dr. Aderbal Gomes da Silva. Co-advisers: Dr. Ricardo Miguel Penchel Filho and Prof. Dr. Edvaldo Fialho dos Reis.

Water is a major factor limiting plant growth, being responsible for significant swings in crop productivity. Thus, polymers hidrorretentores and irrigation inclusion can assist in maintaining a constant production. This study aimed to evaluate the influence of the polymer under different irrigation management about growth, yield and quality of seedlings clonal of eucalyptus. The seedlings were rooted in the nursery company Fibria Cellulose S. A, Aracruz unit and transported to the city of Jerônimo Monteiro with 30 days. There was no intervention blade applied during the stay of seedlings in the nursery operational. The evaluated variables measured at the end of each phase of development of the seedlings were: adaptation, acclimatization, growth and hardening. It was used a completely randomized design (CRD) with four replications and the experimental unit consists of 20 plants. The experiment was arranged in a split-plot scheme, with irrigation at three levels, L1 = 100% ET₀, L2 = 75% ET₀ and L3 = 50% ET₀; using hidrorretentor on two levels, D0 = 0.0 Kg m⁻³, D1 = 0.50 kg m⁻³ and analyzed in four phases, Phase 0 = 35 days Phase 1 = 50 days, Phase 2 = 70 days and Phase 3 = 95 days after the cutting of the shoots, being evaluated at 35 days only variables: survival, height and stem diameter. The experimental data were subjected to ANOVA, and when significant developments were made of interactions and their average tests being compared by Tukey test at a significance level of 5%. To monitor the development and growth of the seedlings were evaluated for morphological variables: height, diameter, dry mass of shoots and roots; were determined to blade irrigated daily, the substrate water content and leaf water potential; and the classification of plants according to the quality standards set by the company Fibria S. A.. It was noticed a variation in seedlings in response to treatments which were submitted and evaluated phases. By analysis of variance showed a significant effect for triple interactions between variables: dry mass of shoots and roots, substrate water content and water potential in both schedules, while morphological variables, height and stem diameter occurred only double interactions between factors. For the study conditions, the blades 100% and 75% of ET₀, determined by the equation of Hargreaves & Samani are suitable for irrigation of seedlings of hybrid clone of *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. The treatments which were returned 50% ET₀, plant development when expressed in terms of height recorded significant decreases at the phases evaluated. The used time of 14 hours, for evaluation parameter leaf water potential does not manifested different effects for plants, because it is a time of high metabolic activity with high rates of transpiration, should prefer in the morning hours. The standard of quality seedlings is not affected by the 25% reduction in blade applied, obtaining higher quality seedlings.

Key words: Quality of seedlings, morphological, water requirement, evapotranspiration, Hargreaves & Samani.

1. INTRODUÇÃO

A água é um dos principais fatores que limitam o crescimento e o desenvolvimento das plantas, por ser essencial ao metabolismo vegetal, participando da constituição celular e do processo de fotossíntese (TAIZ; ZEIGER, 2004). Dessa forma, a produtividade das plantas está diretamente ligada às suas necessidades hídricas, sendo esta responsável por oscilações de produção em regiões onde as chuvas não são suficientes, em épocas oportunas do plantio, sendo a irrigação uma das técnicas recomendadas para suprir essa demanda de água.

Segundo Pires et al. (2008), a agricultura é responsável por 69% do consumo mundial de água, sendo a expansão da agricultura irrigada, a principal responsável pelo consumo desse setor econômico.

No setor florestal, a água está vinculada a todas as fases do sistema produtivo, seja nos viveiros florestais, como no plantio das mudas em campo, quando esta ocorre em períodos sem chuva.

A implantação de um sistema de irrigação, ao longo do ciclo de produção de mudas, faz-se então necessária para manter a produtividade. Contudo, a irrigação não deve ser considerada um fator isolado, e sim como parte de um conjunto de técnicas que tem por objetivo garantir a produção econômica da cultura, com adequado manejo dos recursos naturais (REIS, 2011).

De modo geral, o manejo da irrigação é realizado por viveiristas com base na diagnose das plantas, ou seja, observações visuais de sintomas de déficit hídrico, como murcha das folhas. E para não comprometer o desenvolvimento das mudas, tendem a irrigar com maior frequência e por longos períodos.

Pesquisas voltadas para avaliar a eficiência do uso da água durante o processo de produção de mudas no viveiro, e propostas para aprimorar o seu uso, têm despertado grande interesse em empresas florestais, que buscam produzir e aperfeiçoar o uso recursos dos hídricos.

No entanto, poucos são os trabalhos que abordam déficit hídrico ao longo do processo de produção das mudas e seu efeito no crescimento das plantas, em função das mudas estarem mais ou menos rustificadas às

adversidades de campo, pois a falta de água faz com que muitas mudas não sobrevivam, o que implica em plantas desuniformes, com baixo padrão de qualidade e, por conseguinte em povoamentos heterogêneos.

Visando a otimização da irrigação, durante o processo de produção de mudas de eucalipto, pesquisas voltadas para a inclusão de polímeros hidrorretentores estão sendo realizadas para análise do efeito desses produtos no crescimento da cultura sob restrições hídricas sem comprometer a qualidade.

1.1. OBJETIVO GERAL

Avaliar a resposta de mudas clonais de eucalipto cultivadas com hidrorretentor em diferentes níveis de disponibilidade hídrica.

1.1.1 Objetivos específicos

1. Determinar a lâmina diária de irrigação para produção de mudas clonais de eucalipto;
2. Quantificar o teor de água no substrato ao final das fases de aclimatação, crescimento e rustificação;
3. Verificar o impacto da disponibilidade hídrica nas diferentes fases do processo produtivo de mudas clonais de eucalipto;
4. Avaliar o crescimento e o padrão de qualidade das mudas clonais de eucalipto submetidas a restrições hídricas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. PRODUÇÃO DE MUDAS CLONAIS DE EUCALIPTO

O cultivo do eucalipto ampliou-se muito nas últimas décadas. Grandes maciços florestais estão distribuídos por todas as regiões do Brasil (PINTO et al., 2011). A área de florestas plantadas no país em 2011 totalizou cerca de 6,5 milhões de hectares. Desse total, cerca de 4,9 milhões correspondem a áreas de plantios com eucalipto (ABRAF, 2011).

A utilização de matéria-prima de origem florestal aumentou significativamente a partir da década de 60, com a criação da política governamental de incentivos fiscais e investimentos por parte das indústrias de celulose, papel e siderurgia (FONSECA, 2009).

De acordo com Alfenas et al. (2004), a heterogeneidade dos plantios e a incidência de cancro na década de 70 foram decisivas para o desenvolvimento da silvicultura clonal, com a técnica de estaquia nos anos 80. Esta possibilitou formar plantios mais homogêneos, resistentes a doenças e de maior produtividade.

Segundo os mesmos autores, a propagação clonal de eucalipto sofreu grandes avanços desde sua introdução. Inicialmente, as mudas eram produzidas pelo enraizamento de macroestacas, obtidas a partir de brotações colhidas nos bancos clonais, plantios comerciais ou jardins clonais, entretanto essa técnica apresentava baixo percentual de enraizamento para alguns clones. Para minimizar esse problema, na década de 90, foram desenvolvidas técnicas de mini e microestaquias, que possibilitaram a clonagem comercial dos genótipos de difícil enraizamento.

O uso da micropropagação na produção comercial de mudas de eucalipto ainda não se justifica economicamente (DUTRA, WENDLING e BRONDANI, 2009), devido às limitações impostas pelo cultivo *in vitro*, que depende de um laboratório de cultura de tecidos para rejuvenescer o material (WENDLING; DUTRA, 2010).

Nesse sentido, a miniestaquia constitui-se no método viável economicamente, sendo o mais adotado pelas empresas florestais brasileiras para clonagem de *Eucalyptus* (ALMEIDA et al., 2007).

A miniestaquia consiste na utilização de brotações de plantas propagadas pelo método de estaquia convencional como fonte de propágulos vegetativos. As miniestacas normalmente possuem dimensões que variam de 4 a 8 cm de comprimento, contendo de um a três pares de folhas que são recortadas ao meio para evitar o excesso de transpiração, facilitar a chegada da água pela irrigação ao substrato e evitar o encurvamento das miniestacas devido ao peso da água sobre a superfície das folhas (XAVIER, WENDLING e SILVA, 2009).

Os ganhos em enraizamento das miniestacas, dependendo do clone, podem chegar a 40% em comparação com as macroestacas (ALFENAS et al., 2004). Além do aumento dos índices de enraizamento, do vigor radicular e velocidade de enraizamento (WENDLING, FERRARI e DUTRA, 2005).

Para os autores Xavier et al. (2003), as principais vantagens da miniestaquia em relação à estaquia são: a redução da área necessária para formação do jardim miniclinal, maior eficiência das atividades de manejo (irrigação, nutrição, manutenções e controle de pragas e doenças), além de proporcionar a redução de reguladores vegetais para indução do enraizamento.

2.2. FATORES QUE INFLUENCIAM A QUALIDADE DE MUDAS

As mudas são insumos básicos na cadeia produtiva do setor florestal. O êxito de um povoamento florestal depende, entre outros fatores, do desempenho das mudas no viveiro, fato que justifica o interesse sempre mostrado na qualificação de indicadores para sobrevivência e crescimento inicial, após plantio (CARNEIRO, 1995).

A taxa de sobrevivência está relacionada diretamente com a capacidade de adaptação de determinada espécie florestal. Assim, a determinação de parâmetros que influenciam a qualidade das mudas torna-se necessário, uma vez que, estes fatores estão diretamente relacionados com a sobrevivência pós-plantio das mudas (FINGER et al., 2003). Nesse sentido, a formação de mudas mais vigorosas, ou seja, com alto padrão de qualidade permite maior chance de sucesso no estabelecimento da cultura, bem como maximiza seu crescimento ao diminuir o tempo de transplante para o campo (LIMA et al., 2008).

Logo, a aquisição de mudas resistentes, mais capacitadas a sobreviver às adversidades encontradas, é uma das possíveis opções para minimizar as perdas pós-plantio (TRAZZI et al., 2012).

Essas mudas, além de terem maior capacidade de resistirem às condições adversas encontradas no campo, devem ter um crescimento rápido para competir com a vegetação espontânea e reduzir possíveis danos causados por pragas florestais, como formigas-cortadeiras e cupins (LISBOA et al., 2012).

Para produzir mudas com características ideais de desenvolvimento e que possam garantir o sucesso na produção do futuro povoamento florestal, inúmeros pesquisadores têm voltado seus estudos para determinar os principais fatores que influem na qualidade das mudas sem o aumento de seu preço final (BERNARDINO et al., 2005). Segundo o mesmo autor, as linhas de pesquisas voltadas para esse fim vão desde técnicas de produção de mudas, análise de diferentes tipos de recipientes e substratos, bem como do tipo e da dose de fertilização e dos métodos de propagação de espécies florestais.

Vários resultados sobre substratos que proporcionam maior qualidade das plantas são encontrados para diferentes espécies, como a areia para mudas de *Annona crassiflora* (CAVALCANTE et al., 2008), mistura de 40% de esterco bovino e 60% de serragem para *Ilex paraguariensis* (WENDLING et al., 2007) e mistura de 70% de vermiculita e 30% casca de arroz para *Copaifera langsolesffii* (DUTRA et al., 2012).

Outro fator que influencia a qualidade das mudas é o tipo de recipiente, como observado por Lisboa et al. (2012) em mudas de guanandi e cedro-australiano, onde verificaram que o volume do tubete alterou o crescimento das espécies.

Nascimento et al. (2011) analisaram o crescimento de mudas de jatobá sob déficit hídrico, e perceberam que a espécie estudada não paralisou o seu crescimento quando cultivada em baixa disponibilidade de água (50% da capacidade de retenção de água no solo). No entanto, seu crescimento foi severamente afetado.

A nutrição das plantas é outro fator que intervém diretamente em sua qualidade, uma vez que plantas mal nutrida tendem a se desenvolver menos e ficarem mais susceptíveis ao ataque de pragas e doenças. Reis et al. (2012),

ao estudarem as exigências nutricionais de jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra*), constataram que as mudas responderam negativamente à adubação potássica para a maioria das características.

Cruz et al. (2011), avaliando o efeito de doses de macronutrientes sobre crescimento, produção de biomassa e índices de qualidade de mudas de canafístula, averiguaram que os nutrientes que mais surtiram efeitos significativos foram o P e o Mg, não foi verificada resposta à aplicação de N e S, para nenhuma das características avaliadas, o que indica que a espécie tem baixo requerimento por esses nutrientes.

Os parâmetros morfológicos são os mais utilizados na determinação do padrão de qualidade das mudas, tendo uma compreensão mais intuitiva por parte dos viveiristas (GOMES et al., 2002).

As variáveis mais utilizadas na determinação do padrão de qualidade de mudas de espécies arbóreas são: a altura da parte aérea (H), o diâmetro do coleto (D), a matéria seca total (MST), a matéria seca da parte aérea (MSPA) e a matéria seca das raízes (MSR) (SABONARO, 2006).

Em relação aos parâmetros fisiológicos, estes são considerados complexos, de difíceis mensurações e análises, principalmente nos viveiros florestais comerciais. Muitas vezes não permitem avaliar com clareza a real capacidade de sobrevivência e crescimento inicial das mudas após plantio, contrariando as expectativas de qualquer empreendimento florestal (GOMES, 2001).

Entre as variáveis fisiológicas, destaca-se o potencial hídrico, que indica o nível de hidratação de um tecido e, por sua vez, está intimamente relacionado com a atividade fisiológica deste (EMBRAPA, 2003).

O potencial hídrico foliar indica o estado de energia da água nas plantas (SANTOS et al., 2010). Nesse sentido, esse parâmetro quantifica a pressão (mbar) da água nos vasos xilemáticos, indicando a capacidade de disponibilizar água para a translocação de nutrientes, crescimento vegetativo e produção de biomassa (TAIZ; ZEIGER, 2004).

O potencial hídrico foliar (Ψ) tem sido usado, principalmente, para o entendimento dos mecanismos envolvidos e os processos afetados no controle do déficit hídrico pela própria planta (MARTINS et al., 2010).

Silva et al. (2010) descrevem que avaliações fisiológicas em clones de café e sugerem maior produção em condições de seca, sendo estes capazes de manter potenciais hídricos foliares adequados, por meio da combinação do aprofundamento do sistema radicular e aumento no controle estomático.

2.3. HIDRORRETENTOR

Os benefícios gerados pelas florestas plantadas, principalmente pelo gênero *Eucalyptus*, acabam frequentemente sendo subjugados pela questão hídrica (LIMA, 2006), o qual aponta o eucalipto como sendo o responsável pela redução de água disponível no solo.

Sendo assim, com intuito de racionalizar o consumo de água também nas etapas de produção de mudas, estudos estão sendo realizados com o uso de polímeros sintéticos, com o objetivo de reduzir o número de regas diárias (SAAD et al., 2009), uma vez que possibilitam a retenção e a liberação da água de maneira gradativa para a planta, podendo aumentar a eficácia da irrigação e diminuir o risco da ocorrência de falhas durante a implantação do povoamento (BUZETTO et al., 2002).

O desenvolvimento e utilização dos polímeros hidrorretentores teve início na década de 1960 (SAAD et al., 2009), sendo muitos deles recomendados para uso agrícola como condicionadores de solo por melhorarem as propriedades físico-químicas dos mesmos.

Polímeros hidrorretentores são substâncias orgânicas capazes de adsorver e armazenar centenas de vezes seu próprio peso em água (GERVÁSIO; FRIZZONE, 2004). São também conhecidos como hidrogéis, géis ou polímeros adsorventes. Os polímeros, quando secos, apresentam-se na forma de pequenos grânulos que ao entrarem em contato com a água rompem as ligações entre suas moléculas e se expandem, transformando-se em um aglomerado gelatinoso transparente e altamente hidratado (FOELKEL, 2008).

Em trabalhos realizados em campo por Buzetto et al. (2002), testaram o uso de um polímero hidrorretentor aplicado ao solo seco e hidratado no transplante de mudas do clone híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, e verificaram maior sobrevivência das mudas apenas em uma das

doses de polímero pré-hidratado, e que não houve efeito no desenvolvimento inicial das mudas.

Em contrapartida, Lopes et al. (2010), avaliando o uso do hidrogel na sobrevivência de mudas do clone híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* em solo argiloso, observaram que, com o uso do hidrogel, as mudas permaneceram vivas por um período maior retardando os sintomas de falta de água, garantindo 37 dias sem irrigação adicional.

O uso de polímeros hidrorretentores no setor agrícola foi estudado em culturas como: café (VALE et al., 2006; CARVALHO et al., 2009 e ZONTA et al., 2009), coentro (ALBUQUERQUE FILHO et al., 2009) e pimentão (MARQUES et al., 2010). Todas as pesquisas mostraram-se favoráveis ao emprego dos polímeros, apresentando como principal fator de convergência a melhor condição para o desenvolvimento da cultura.

Contudo, faz-se necessário estudar a contribuição desses materiais na redução do consumo de água de irrigação durante o processo de produção de mudas.

Albuquerque Filho et al. (2009) verificaram em coentro resultados satisfatórios, mesmo sendo submetidos a um manejo de irrigação que promoveu déficit hídrico, utilizando doses do polímero hidrorretentor hidratassolo.

Trabalho semelhante realizado por Demartelaere et al. (2009), ao testarem o uso de polímero hidrorretentor em meloeiro associado à lâminas de irrigação, observaram maior produtividade e número de frutos por metro linear em função da aplicação do condicionador de solo. Puderam perceber, também, que o uso do polímero reduziu em 25% a quantidade de água utilizada na irrigação do meloeiro.

O uso do hidrorretentor na produção de mudas por propagação clonal via estaquia também apresentou resultados satisfatórios, Hafler et al. (2008), em sua pesquisa, perceberam efeitos positivos da adição do hidrorretentor em estacas de maracujazeiro, uma vez que, as mesmas apresentaram um aumento da sobrevivência e enraizamento, ocasionados pela maior retenção de água e disponibilidade dos nutrientes.

Na área florestal, os hidrorretentores já são largamente usados no plantio, mas há poucos estudos na produção de mudas, mas cita-se o de

Vervloet Filho (2011), ao verificar a influência do hidrorretentor na produção de mudas clonais de eucalipto, em que não foi possível identificar diferenças significativas entre as doses do polímero, bem como verificar se o estresse moderado afetaria a sobrevivência das mudas, devido às condições semi-saturadas encontradas no substrato, ocasionadas pela irrigação irregular.

Portanto novas pesquisas são necessárias para quantificar a verdadeira economia de água com o uso do polímero em condições de estresse hídrico moderado no processo de produção de mudas clonais de eucalipto.

2.4. LÂMINA ESTIMADA POR EVAPOTRANSPIRAÇÃO

Na silvicultura, assim como na maioria das atividades agrárias, é necessário o uso da água em todas as fases do processo produtivo, necessitando de tecnologias que aperfeiçoem o seu uso, considerando a preocupação ambiental e legal (MORAIS et al., 2012).

A disponibilidade hídrica nos primeiros estádios de crescimento da cultura é decisiva no estabelecimento e no aumento da produtividade (MOREIRA, 2009). A prática da irrigação é, em muitas situações, a única maneira de garantir a produção de uma cultura com segurança.

Para se alcançar a economia hídrica na agricultura é oportuno se obter uma irrigação mais próxima do ideal e, para tanto, necessita-se de estudos que levem em consideração principalmente os aspectos meteorológicos da região, mas, também, de se fazer estimativas confiáveis para o manejo dessa técnica, em cujo contexto insere-se a avaliação pela evapotranspiração potencial de referência (ET₀) (MENDONÇA; DANTAS, 2010).

A ET₀ é uma ferramenta fundamental para o dimensionamento de sistemas e para o manejo da água de irrigação, sendo necessária a realização de estudos, avaliações e ajustes para sua correta utilização (MENDONÇA; DANTAS, 2010).

O conhecimento do consumo hídrico pelas culturas, obtido com base na estimativa da evapotranspiração, constitui-se numa informação importante para o melhor planejamento da irrigação (CAMPOS et al., 2008), realização de balanços hídricos e de análises hidrológicas (CUNHA et al., 2011),

consequentemente a racionalização do uso dos recursos hídricos, pela agricultura irrigada.

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).

A determinação da ET₀ pode ser feita por meio de métodos de estimativa (indiretos), sendo sua aplicação baseada em elementos meteorológicos medidos em estações apropriadas, tornando-os menos onerosos que os diretos (PEREIRA et al., 2002).

De acordo com Fernandes, Fraga Júnior e Takay (2011), os métodos de estimativa da ET₀, em geral, são baseados em variáveis climáticas, as quais utilizam a temperatura, a radiação ou os métodos combinados (radiação e temperatura) para o cálculo de suas equações.

A literatura é vasta e rica em metodologias utilizadas para estimar a ET₀, podendo ser elencados os principais métodos: tanque evaporímetro classe A, método de Blaney-Criddle, método de Hargreaves & Samani, método de Thornthwaite, Penman, Penman-Monteith FAO 56, entre outros (TORRES, 2012).

A grande quantidade de métodos existentes para estimar a ET₀ ocorre em função da adequação dos métodos às condições climáticas da região, simplicidade de uso e disponibilidade de dados meteorológicos necessários a esses métodos (CARVALHO et al., 2011). Em trabalhos realizados dentro de uma estufa, a cobertura plástica é a maior responsável pelas alterações meteorológicas (PIVETTA et al., 2010). A radiação solar, a velocidade do vento, a temperatura e a umidade relativa do ar são os elementos mais afetados e estes são determinantes para o cálculo da demanda hídrica (PIVETTA et al., 2011).

Em geral, a ET₀ dos cultivos no interior de um ambiente protegido (estufa plástica) é menor do que externamente, devido à redução na velocidade do vento proporcionada pela cobertura e à atenuação da radiação solar pela cobertura plástica com consequências diretas no balanço de radiação e no balanço de energia (DUARTE et al., 2010).

Nesse contexto, a irrigação é o manejo mais afetado, ou seja, a maneira e a quantidade de água fornecida às plantas devem ser ajustadas para que não haja condições de estresse por excesso ou deficiência hídrica, o que levaria ao comprometimento do crescimento e desenvolvimento das plantas (PIVETTA et al., 2011). Assim, 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).

2.5. MANEJO DE IRRIGAÇÃO

Vários enfoques foram dados durante a evolução da agricultura irrigada no Brasil. Inicialmente, a maior preocupação era o aumento da produtividade, com o passar do tempo novos conceitos e parâmetros foram estabelecidos, com intuito de integrar todos os fatores que interferem na produção da cultura (MANTOVANI, BERNARDO e PALARETTI, 2009).

Conceituar “manejo de irrigação” é complexo e permite várias interpretações. Em um contexto mais completo, analisa-se tanto o aspecto do manejo da água como também o manejo do equipamento, com o objetivo de adequar a quantidade de água a ser aplicada e o momento certo de aplicação (BERNARD, SOARES e MANTOVANI, 2006). Na visão integrada, o conceito de manejo da irrigação amplia-se para manejo da agricultura irrigada, abordando os temas: avaliação e ajuste do sistema de irrigação, verificação da eficiência, cultura, previsão de doenças e ajuste dos horários (MANTOVANI, BERNARDO e PALARETTI, 2009).

Para que a implantação de um projeto de irrigação atinja seus objetivos, é necessário que, além de um projeto adequadamente dimensionado, exista também um manejo eficiente da irrigação e dos diversos fatores a ela relacionados, tais como: nutricionais, fitopatológicos, edáficos, climáticos e fitotécnicos (COSTA, 2006).

É imprescindível que se tome cuidado com generalizações e transposições de critérios e recomendações. É importante considerar que, qualquer que seja a proposta de manejo, ela deverá levar em conta os aspectos técnicos e operacionais (RODRIGUES et al., 2011).

Práticas adequadas de manejo da irrigação contribuem para aumentar a produtividade, melhorar a qualidade dos produtos agrícolas, minimizar o uso de água e preservar os recursos hídricos (OLIVEIRA et al., 2008).

Entre os manejos realizados num viveiro de mudas de eucalipto, a irrigação é considerada um dos pontos críticos para o sucesso do empreendimento. O manejo inadequado da água prejudica a formação de mudas de boa qualidade, uma vez que, possui influência direta na qualidade das mudas (TORRES, 2012).

Ao contrário dos cultivos em solo, o manejo hídrico em recipientes preenchidos com substrato, apresenta algumas particularidades como maior frequência de irrigação, em virtude ao pequeno volume dos tubetes (GERVÁSIO, 2003). Contudo, a alta frequência de irrigação com pequenas lâminas, pode favorecer o processo de evaporação e, ainda promover o secamento do substrato, uma vez que, costumam molhar somente alguns centímetros da camada superficial do substrato (BOMFIM et al., 2011).

O manejo racional da irrigação consiste na aplicação da quantidade necessária de água às plantas quando requerido. Segundo Marouelli e Silva (2009), a disponibilidade de água para a planta, na quantidade correta e no momento adequado, é decisiva para o sucesso da cultura.

O excesso hídrico pode favorecer a lixiviação dos nutrientes e também proporcionar um microclima favorável ao desenvolvimento de doenças, além das questões socioambientais relativas à economia de água e ao acúmulo de lixiviados no solo (LOPES et al., 2007).

Entretanto, o déficit hídrico reduz a capacidade metabólica do vegetal, podendo levar a planta a atingir o ponto de murcha permanente, acarretando a sua morte (RODRIGUES et al., 2011).

A determinação da quantidade de água necessária para atender à demanda das culturas irrigadas, aliada a um correto dimensionamento do sistema de irrigação é a principal variável para o uso sustentável dos recursos hídricos na agricultura irrigada (ESTEVES et al., 2010).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O trabalho foi realizado no viveiro operacional de produção de mudas da empresa Fibria Celulose S. A., em Aracruz-ES, e na Casa de Vegetação do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira (DCFM) pertencente ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES).

O viveiro operacional da empresa Fibria Celulose S. A. encontra-se na região litorânea do Estado do Espírito Santo, localizada a 19° 48' S de latitude e 40° 17" W de longitude (Figura 1), e 60 m de altitude média. De acordo com a classificação climática proposta por Köppen, a região apresenta clima tipo Am, que caracteriza o clima tropical chuvoso (Tropical Litorâneo), com chuvas de verão, inverno seco, pouco acentuado e temperaturas elevadas durante todo o ano com precipitação média anual de 1200 mm e temperatura média anual 28 °C.

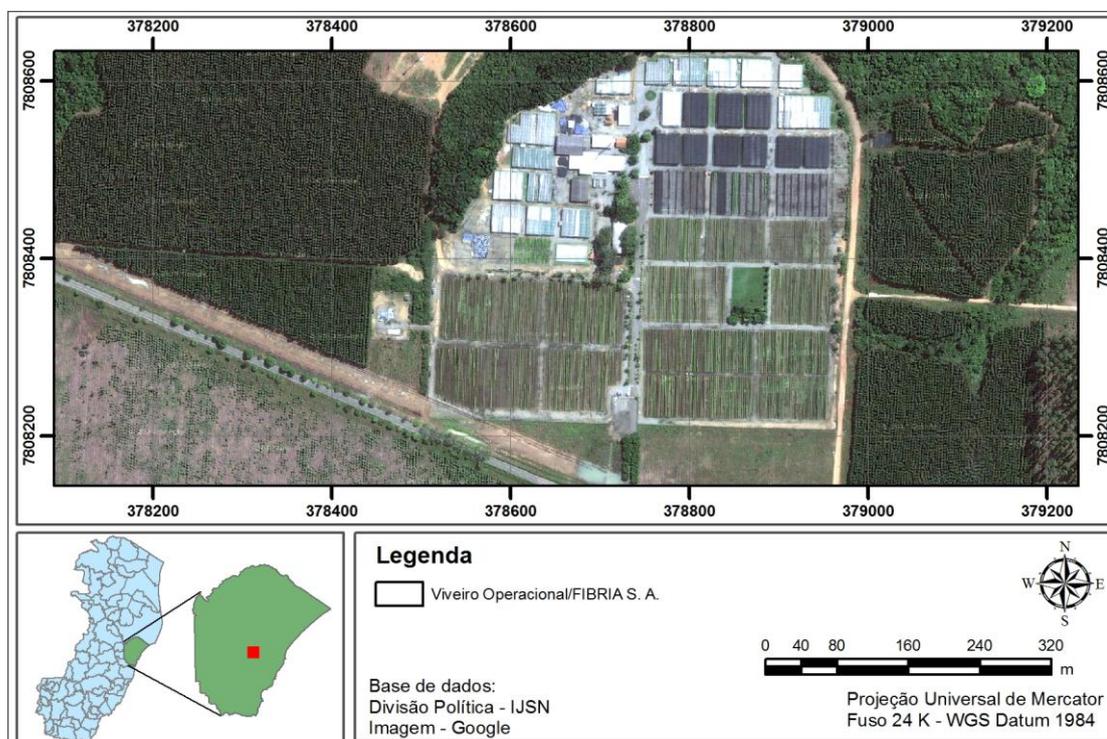


Figura 1. Vista aérea da unidade de produção de mudas da empresa Fibria Celulose S. A., em Aracruz – ES. (FONTE: BASE DE DADOS GEOBASES).

A Casa de Vegetação do DCFM localiza-se na Rodovia Cachoeiro-Alegre (Rodovia BR 482), km 53 (Área Experimental II) no município de Jerônimo Monteiro - ES, o qual está situado a 20° 47' 45" S de latitude e 41° 24' 20,45" W de longitude, na região Sul do Estado do Espírito Santo, Figura 2. De acordo com a classificação Köppen o clima predominante na região é o Cwa, caracterizado por apresentar chuvas no verão e seca no inverno, com precipitação média anual de 1321 mm e temperatura média anual de 25 °C (RIGO et al., 2011).

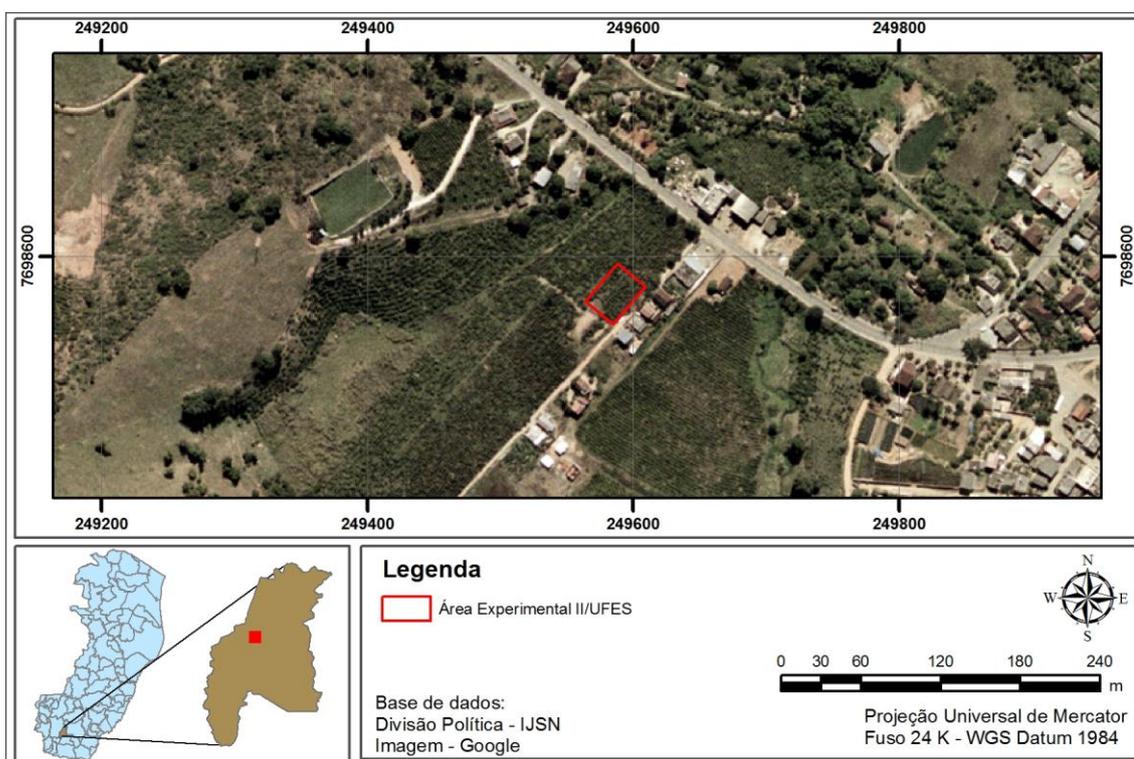


Figura 2. Localização da Área Experimental II/UFES, em Jerônimo Monteiro – ES. (FONTE: BASE DE DADOS GEOBASES).

3.2. CONSIDERAÇÕES SOBRE O EXPERIMENTO

O experimento foi realizado em bancadas suspensas a 1 m de altura, nas quais foram inseridas bandejas plásticas, com dimensões de 69 cm de comprimento e 42 cm de largura, que continham 228 células, que por sua vez foram preenchidas com tubetes de polipropileno, com dimensões médias de 12,5 cm de altura e 2,7 cm de diâmetro na parte interna superior, sendo estes de formato cônico, com presença de frisos internos (estrias) que direcionam as raízes para a abertura inferior dos mesmos, onde são podadas pelo contato

com o ar (WENDLING; DUTRA, 2010) e capacidade para 53 cm³ de substrato aproximadamente.

Ao longo do processo de produção das mudas clonais de eucalipto, a designação das fases permaneceu a mesma adotada pela empresa Fibria S. A., sendo estas: aclimatação, crescimento e rustificação, com ajustes quanto ao período de duração de cada, os quais foram definidos em 15, 20 e 25 dias para aclimatação, crescimento e rustificação, respectivamente, sendo a fase de adaptação inclusa no processo de produção de mudas, antecedente à fase de aclimatação, com um período de 5 dias devido ao transporte e deslocamento das mudas do município de Aracruz para o município de Jerônimo Monteiro.

O espaçamento entre mudas e também as adubações de cobertura foram realizadas segundo recomendações de técnicos da empresa Fibria Celulose S. A. O espaçamento no período de adaptação e aclimatação das mudas foi estabelecido em 9 cm²/planta. Para as fases de crescimento e rustificação, não houve espaçamentos pré-definidos pela empresa. Dessa forma, foram utilizados 18 cm²/planta e 36 cm²/planta da lotação da bandeja, respectivamente.

Quanto à nutrição mineral das mudas, foram realizadas adubações por cobertura quinzenais. Para cada adubação, foram diluídos em 20 L de água, uma mistura de macronutrientes (10 g de nitrato de cálcio; 1,25 g de monofosfato de amônio (MAP); 4,5 g de cloreto de potássio branco; 4,5 g de cloreto de cálcio; 4,0 g de sulfato de magnésio) e micronutrientes (0,75 g de ácido bórico; 0,04 g de sulfato de zinco; 0,7 g de sulfato de manganês; 0,05 g de sulfato de cobre; 0,01 g de molibdato de sódio; 2,3 g de Fe-EDDHMA). A aplicação da solução com nutrientes foi realizada com auxílio de um regador de capacidade para 10 litros.

3.3. CARACTERIZAÇÃO DO MATERIAL VEGETAL

O material vegetal utilizado no experimento foi o clone híbrido do cruzamento entre *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, cultivado em minijardins clonais, os quais possuem estruturas suspensas denominadas canaletões e cobertura de filme de polietileno transparente.

As miniestacas apicais foram selecionadas, conforme padrão estabelecido por Penchel (2006) com 4 a 8 cm de comprimento, contendo de 1 a 3 pares de folhas, recortadas transversalmente ao meio, com intuito de evitar o excesso de transpiração, o efeito guarda-chuva e o encurvamento das miniestacas devido ao peso da água na superfície das folhas.

Após 35 dias do estaqueamento, as mudas apresentavam alturas médias distintas, tendo os tratamentos com hidrorretentor o comprimento de 11,53 cm, 13,97 cm e 13,60 cm para as lâminas de 100%, 75% e 50% da ET0, respectivamente; e os tratamentos sem adição do polímero o comprimento em média de 13,28 cm, 12,31 cm e 14,64 cm para as lâminas de 100%, 75% e 50% da ET0, respectivamente.

3.4. SUBSTRATO

O preparo do substrato consistiu em misturar os três materiais que compõem o substrato na sua respectiva proporção, com o auxílio de um misturador com velocidade angular de 30 rpm, para obtenção de uma mistura homogênea. Os tratamentos que continham hidrorretentor seguiram os mesmos procedimentos de preparo para o substrato, e seguiram as recomendações do fornecedor (Apêndice 1). As características do hidrorretentor utilizado nesta pesquisa, são descritas no Apêndice 2.

A composição básica do substrato foi formada pela mistura de 30% (v/v) de fibra de coco, 35% (v/v) de vermiculita e 35% (v/v) de casca de arroz carbonizada.

Foram utilizados 2,0 Kg do fertilizante Osmocote (10-06-09) e 2,0 Kg do Superfostato Simples (18% de P_2O_5) para um volume operacional de 666 L, que consistiram a adubação de base.

3.5. PRODUÇÃO DAS MUDAS

As mudas foram produzidas no viveiro da Fibria S.A., localizado em Aracruz – ES. As miniestacas foram coletadas da porção apical das minicepas nos minijardins clonais, e inseridas em tubetes contendo substrato (Figura 3A)

e transferidas para a casa de vegetação (Figura 3B) onde permaneceram por 30 dias.



Figura 3. Produção das mudas clonais de eucalipto e o transporte dos tubetes estaqueados. (A) Vista geral do estaqueamento; e (B) Casa de vegetação.

Não houve intervenção quanto à lâmina d'água diária aplicada durante a fase de enraizamento, sendo seguidas as recomendações práticas operacionais da Fibria S. A. A irrigação nesse período foi realizada por microaspersores do tipo nebulizador, conforme as condições climáticas da casa de vegetação.

3.6. ACONDICIONAMENTO DAS MUDAS E DIMENSIONAMENTO DA IRRIGAÇÃO

Após o término da fase de enraizamento, as mudas foram transferidas para a casa de vegetação localizada na Área Experimental II do CCA no município de Jerônimo Monteiro-ES, distribuídas em seus respectivos tratamentos nas lâminas de 100%, 75% e 50% da ET₀, respectivamente, e irrigadas.

As mudas permaneceram 5 dias em período de adaptação, com intuito de minimizar possíveis influências ocorridas durante o transporte das mesmas para a casa de vegetação da Área Experimental II da UFES em Jerônimo Monteiro.

O tempo e o número de irrigações foram ajustados com base nos dados fornecidos pela Fibria S. A., sendo necessária uma adaptação da vazão

dos microaspersores para alcançar a lâmina de água recomendada na fase de aclimatação (5-6 mm/dia).

As avaliações da uniformidade de aplicação de água pelo sistema de irrigação por microaspersão foram realizadas 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, Figura 4.



Figura 4. Distribuição dos coletores para o dimensionamento da distribuição de água pelo sistema de irrigação.

O coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) é a variável que descreve a uniformidade de irrigação, e foi usado para medir a variabilidade espacial da lâmina de água aplicada pelo sistema de irrigação.

O cálculo desse coeficiente foi realizado pela seguinte equação:

$$CUC = \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}|}{n * \bar{x}} \right] * 100 \quad (1)$$

em que:

CUC= Coeficiente de uniformidade de Christiansen (%);

x_i = Precipitação obtida no coletor de ordem i (mL);

\bar{x} = Precipitação média dos coletores (mL); e

n = Número de amostras coletadas.

Para a realização do teste, a área em torno dos microaspersores foi dividida em subáreas quadradas, de dimensões iguais e os coletores de precipitação foram colocados no centro de cada subárea. Os coletores foram instalados a 20 cm a partir do aspersor, sendo apoiados em suportes metálicos distribuídos sobre as mudas, para coletar as precipitações em torno dos microaspersores a serem testados. Assim, a lâmina coletada em cada coletor (pluviômetro) representou a precipitação em cada subárea.

Foram realizadas duas avaliações com duração de 1 hora cada, e posterior obtenção das médias de cada setor. A classificação do desempenho do sistema de irrigação foi estabelecida em função do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) apresentada na Tabela 1.

Tabela 1. Classificação dos valores do desempenho dos sistemas de irrigação em função do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC)

Classificação	CUC (%)
Excelente	> 90
Bom	80 – 90
Razoável	70 – 80
Ruim	60 – 70
Inaceitável	< 60

Fonte: Mantovani (2001).

Os valores encontrados para o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) e sua respectiva classificação são mostrados na Tabela 2, conforme os setores de irrigação, equivalentes às lâminas de água aplicadas.

Tabela 2. Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) em percentagem e suas classificações, para cada setor de irrigação

Setores	CUC	
	(%)	Classificação
100% ET0	74	Razoável
75% ET0	79	Razoável
50% ET0	65	Ruim

A lâmina de água diária utilizada em cada setor foi determinada pelo cálculo da evapotranspiração de referência (ET0), 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.

A ET₀ diária foi estimada pela equação proposta por Hargreaves & Samani (1985) descrita por Mantovani, Bernardo e Palaretti (2009) com adequação da irradiação solar extraterrestre para radiação solar global, apresentada na equação seguinte:

$$ET_0 = 0,0023 * Ra(T_{m\acute{a}x} - T_{m\acute{i}n})^{0,5}(T_{m\acute{e}d} + 17,8) \quad (2)$$

em que:

ET₀ = Evapotranspiração de referência, mm d⁻¹;

Ra = Radiação global, em MJ m⁻² d⁻¹;

T_{máx}, T_{mín} = Temperatura máxima e mínima respectivamente, em °C; e

T_{méd} = Temperatura média diária = 0,5*(T_{máx} + T_{mín}), em °C.

Os dados diários de temperatura do ar foram coletados a partir de uma miniestação meteorológica, marca Kestrel, modelo 4000, com coletor de dados programado para armazenar os valores médios a cada 60 minutos. A Figura 5 apresenta a variação da temperatura do ar, durante o período de condução do experimento. Conforme pode ser observado, as médias das temperaturas máximas e mínimas foram respectivamente 35,3 °C e 20,1 °C, tendo alcançado valor máximo absoluto de 43,9 °C e mínimo absoluto de 14,5 °C.

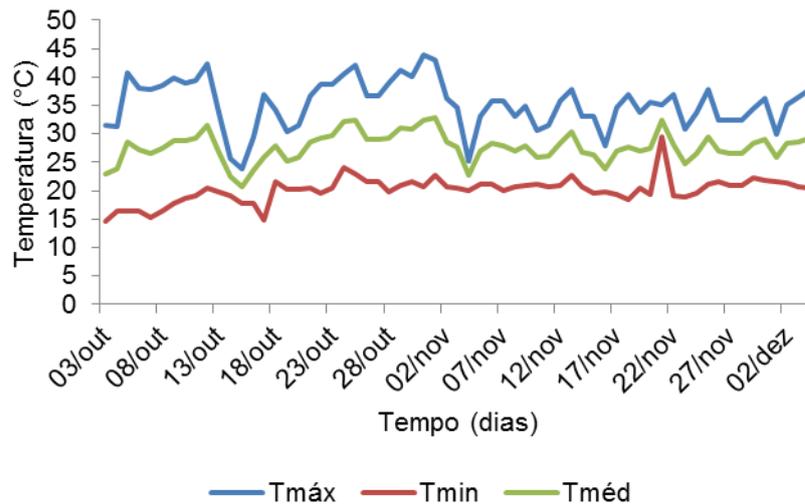


Figura 5. Caracterização da temperatura do ar (T), no interior da casa de vegetação em Jerônimo Monteiro-ES, no período de 03 de outubro a 04 de dezembro 2012.

Os dados de radiação global necessários para o cálculo da evapotranspiração foram obtidos da estação agrometeorológica do INMET, instalada na Área Experimental I, localizada próxima a Rodovia Cachoeiro-Alegre, km 06 no município de Alegre, ES e os valores corrigidos utilizando 80% da radiação, segundo proposto por Buriol et al. (1995).

A partir dos valores encontrados para cada lâmina de irrigação aplicada durante as fases de aclimação, crescimento e rustificação das mudas clonais de eucalipto, a densidade por planta por metro quadrado e a área útil de cada setor, foi possível calcular o volume de água utilizado por unidade de área, sendo mensurados a lâmina por período (mm), o consumo diário (mL/planta) e o consumo total/ planta/ período para cada fase.

A bancada suspensa utilizada foi dividida em três setores correspondentes às áreas onde foram aplicadas as lâminas de 100, 75 e 50% da ET₀, respectivamente, contendo 570 mudas para as fases de aclimação e crescimento e 342 mudas para a fase de rustificação.

3.7. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O experimento foi montado num esquema de parcela subdividida (3 x 2 x 3), sendo as lâminas em três níveis (L1 = 100% ET₀, L2 = 75% ET₀ e L3 = 50% ET₀); o hidrorretentor em dois níveis (D0 = 0,0 Kg m⁻³, D1 = 0,50 Kg m⁻³).

³) e a fase em três níveis (F1 = 50 dias, F2 = 70 dias e F3 = 95 dias) após o estaqueamento das miniestacas.

Num delineamento inteiramente casualizado (DIC), com quatro repetições, sendo a unidade experimental composta por 20 plantas.

As variáveis, sobrevivência, altura e diâmetro também foram avaliados aos 35 dias (F0).

O aplicativo SAEG[®] foi utilizado para a análise dos dados e, para os casos significativos foram realizados os respectivos desdobramentos e aplicados o teste de Tukey a 5% de significância, de acordo com a Análise de Variância.

3.8. AVALIAÇÕES DO EXPERIMENTO

3.8.1. Teor de água no substrato (%)

O teor de água no substrato indica as condições hídricas do material em estudo (substrato). Essa variável foi utilizada para analisar a quantidade de água efetiva aplicada pelo sistema de irrigação em cada lâmina. A medição foi instantânea e *in loco* do teor de água do substrato (% v/v).

A umidade dada em percentagem foi determinada com o auxílio do equipamento sensor WET-2, da Delta-T, conforme Figura 6 (A e B). As avaliações com o aparelho foram realizadas ao final das fases de aclimação, crescimento e rustificação, sendo estas aos 50, 70 e 95 dias, respectivamente, conforme a disponibilidade do aparelho e do técnico da Fibria Celulose S. A., responsável pela leitura.



Figura 6. (A) Ilustração da realização da medição do teor de água no substrato por meio de leitura direta com o sensor WET-2 e (B) Aparelho WET-2.

O aparelho foi calibrado de acordo com amostras retiradas do substrato (com e sem hidrorretentor) durante seu preparo. A calibração consistiu em secar uma amostra de 250 mL do substrato em estufa a $65 \pm 5^\circ\text{C}$, durante 24 horas, a amostra foi pesada após esse período e realizada a leitura da umidade com o sensor WET-2, em seguida foram adicionados 25 mL de água ao substrato e novamente a amostra foi pesada, e feita à determinação da umidade com o aparelho. Esse procedimento foi realizado até completar 250 mL de água adicionados, sendo este valor equivalente a um substrato 100% saturado.

De acordo com as recomendações técnicas para calibração do aparelho, Apêndice 2, utilizaram-se os valores encontrados com a adição de 125 mL de água, ou seja, 50% da adição de água, obtendo assim, os coeficientes de $\beta_0 = 1,3$ e $\beta_1 = 8,0$. Os valores dos coeficientes não alteraram quando a amostra do substrato analisado continha o hidrorretentor.

Para verificar a calibração do aparelho, comparou-se a percentagem registrada nas amostras utilizando o sensor WET com os valores de umidade obtidos pelo método gravimétrico ou método da estufa (EMBRAPA, 1997), aceitando-se uma variação de $\pm 5\%$.

Na Tabela 3 encontram-se os valores de umidade recomendados para os substratos utilizados na produção de mudas clonais de eucalipto, de acordo com norma técnica da empresa Fibria S. A (PENCHEL, 2006).

Tabela 3. Teores de umidade utilizados como referência para avaliações de umidade realizadas pela Fibria

Umidade do substrato	Umidade medida pelo sensor WET (% v/v)	Condição de umidade do substrato para as plantas
Saturado	>40	Excesso elevado de água
Semi-saturado	21 a 40	Excesso moderado de água
Adequado	16 a 20	Condição ideal de umidade
Semi-seco	10 a 15	Deficiência moderada de água
Seco	<10	Deficiência alta de água

Fonte: Penchel (2006).

3.8.2. Sobrevivência de plantas (%)

A variável sobrevivência foi estimada na forma de proporção, dividindo-se o número de plantas sobreviventes pelo total de plantas na parcela (CUSTÓDIO; BARBIN, 2009). Assim, as mudas foram avaliadas em quatro períodos 35, 50, 70 e 95 dias após o estaqueamento, sendo selecionadas as 10 mudas centrais de cada repetição, com um total de 60 plantas em cada lâmina de água e quanto ao uso do hidrorretentor.

3.8.3. Crescimento em altura (cm) e diâmetro (mm) das mudas

As medições do comprimento total da muda foram feitas a partir do nível do substrato até a inserção da última folha, com auxílio de uma régua graduada em milímetros.

O diâmetro do coleto foi medido na altura do colo da planta, com auxílio de um paquímetro digital, com precisão de 0,01 milímetros.

As células das bandejas, onde ficavam as plantas analisadas foram identificadas com tinta branca, do tipo *spray*, para facilitar sua identificação nas medições posteriores.

A avaliação de crescimento das mudas seguiu as mesmas condições determinadas para a avaliação das mudas do tópico 3.8.2 (Sobrevivência de plantas).

3.8.4. Determinação da massa fresca e seca (g planta⁻¹)

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 foi pesada e disposta em embalagem de papel e levada a estufa para secar. Os tubetes com o torrão foram submersos em água e mantidos por 24 horas para facilitar a remoção do substrato e reduzir a perda de raízes. Após esse período, os tubetes foram lavados em água corrente e as raízes pesadas e colocadas em embalagens de papel, posteriormente levadas à estufa de circulação forçada de ar para secar, a temperatura de 65 ± 5 °C por 72 horas para obtenção do peso constante.

As amostras foram pesadas em balança semi-analítica de precisão 0,01 g.

3.8.5. Potencial hídrico foliar das mudas (mbar)

A avaliação foi realizada em mudas selecionadas com folhas jovens, expandidas e sadias, sendo 8 plantas por lâmina de água, totalizando 16 pares de folhas por tratamento.

As avaliações aconteceram antes da primeira irrigação do dia (7 – 8h) e da irrigação do início da tarde (13 – 14h), período de maior incidência solar. O equipamento utilizado foi a câmara de pressão PMS 615, da *PMS Instruments* (SCHOLANDER et al., 1965), conforme Figura 7 (A e B).



Figura 7. (A) Ilustração da realização da leitura do potencial hídrico foliar pelo técnico da Fibria S. A. e (B) Equipamento utilizado para medição do potencial hídrico, câmara de pressão.

As medições foram realizadas em dias ensolarados, uma vez que, dias nublados podem interferir na velocidade fotossintética (abertura e fechamento de estômatos). As avaliações com o aparelho foram realizadas ao final das fases de aclimação, crescimento e rustificação, sendo estas aos 50, 70 e 95 dias, respectivamente, conforme a disponibilidade do aparelho e do técnico da Fibria S. A., responsável pela leitura.

3.8.6. Classificação do padrão de qualidade de mudas

As mudas foram classificadas segundo a recomendação técnica de avaliação do padrão de qualidade de mudas, conforme gabarito operacional fornecido pela empresa Fibria Celulose S. A. (Anexo 1).

As variáveis analisadas foram altura do broto, comprimento do torrão, deformação de raízes, idade e pares de folha.

Notas foram atribuídas para essas variáveis (valores binários), conforme proposto por Penchel et al. (2007), demonstrado na Tabela 4, para entrada em coletores de dados para avaliações de lotes operacionais da empresa Fibria S. A.

Tabela 4. Variáveis utilizadas na avaliação da qualidade de mudas clonais de eucalipto de acordo com os pesos e classificações adotados no viveiro da Fibria Celulose S. A.

Variável	Unidade	Peso (%)	Satisfatório (1)	Insatisfatório (0)
1. Deformação de raiz	número	30	ausente	Presente
2. Par de folhas	número	25	≥ 3	< 3
3. Comprimento do torrão	cm	20	≥ 10	< 10
4. Altura da muda	cm	15	25 a 40	< 25 ou > 40
5. Idade muda	dias	10	50 a 90	< 50 ou > 90

Fonte: Penchel et al. (2007)

A avaliação foi realizada em uma amostra, de 45 plantas/lâmina de água, após um período de 95 dias do estaqueamento. As notas obtidas para as variáveis foram somadas para compor a nota representativa da qualidade, segundo percentuais expostos na Tabela 5.

Tabela 5. Classificação das mudas de eucalipto de acordo com o somatório das variáveis avaliadas

Classe de qualidade	Descrição	Faixa de pontuação (%)
A	Excelente	90 a 100
B	Superior	80 a 89
C	Regular	70 a 79
D	Ruim	60 a 69
E	Péssimo	< 59

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pela análise da variância, observou-se efeito significativo entre as interações triplas para as variáveis: massa seca da parte aérea e raiz, teor de água no substrato e potencial hídrico em ambos os horários, enquanto as variáveis morfológicas, altura e diâmetro do coleto ocorreram apenas interações duplas entre os fatores (Apêndice 4).

Os desdobramentos das interações e os respectivos testes de média são apresentados a seguir para as variáveis avaliadas.

4.1. LÂMINA IRRIGADA

A lâmina de água aplicada diariamente foi estimada pela evapotranspiração de referência (ET₀), utilizando a equação proposta por Hargreaves & Samani, cujos resultados encontram-se na Tabela 6.

Tabela 6. Lâmina de irrigação diária e total aplicadas em mudas de um clone híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* nas fases de aclimação, crescimento e rustificação, em Jerônimo Monteiro, ES

Fase	Lâmina	Lâmina média diária (mm)	Lâmina total (mm)
Aclimação	100% ET ₀	8,18	122,72
	75% ET ₀	6,14	92,04
	50% ET ₀	4,09	61,36
Crescimento	100% ET ₀	7,77	155,38
	75% ET ₀	5,83	116,53
	50% ET ₀	3,88	77,69
Rustificação	100% ET ₀	6,19	154,78
	75% ET ₀	4,64	116,09
	50% ET ₀	3,10	77,39

Nota: As fases de produção de mudas clonais de eucalipto possuem intervalos diferentes, sendo 15 dias a aclimação, 20 dias o crescimento e 25 dias a rustificação.

Percebe-se que os valores encontrados da lâmina média diária, nas fases de aclimação e crescimento são próximos e, que na fase de rustificação houve uma menor demanda hídrica atmosférica. Essa variação está vinculada com a menor intensidade da radiação e temperatura, fatores

estes responsáveis diretamente pela lâmina quando se utiliza o método de Hargreaves & Samani.

Os valores encontrados nesta pesquisa são próximos dos obtidos por Lopes et al. (2005), embora estes autores concluem que as lâminas diárias de 6 e 8 mm dia⁻¹ não são indicadas para irrigação de mudas de eucalipto quando a temperatura supera os 30 °C, por apresentarem os piores resultados de sobrevivência. Oposto do observado nesta pesquisa em mesmas condições, em que as lâminas entre 5 a 8 mm dia⁻¹ proporcionaram as melhores condições de umidade para o crescimento das plantas.

Morais et al. (2012), estudando a influência da irrigação no crescimento de mudas de *Schinus terebinthifolius*, utilizaram as mesmas lâminas estimadas por Lopes et al. (2005). Para a espécie em questão, os autores recomendaram que a lâmina a ser utilizada fosse de 10 mm diários, já que, conseguiram um desenvolvimento satisfatório. Deste modo, pode-se inferir que a melhor lâmina a ser aplicada deve ser determinada em função da espécie, do ambiente e do método estipulado para determinar a lâmina de irrigação.

4.2. TEOR DE ÁGUA NO SUBSTRATO

Foi avaliado o teor de água no substrato aos 50, 70 e 95 dias, cujos resultados são apresentados na Tabela 7.

Verifica-se na análise de variância para a variável teor de água no substrato (Apêndice 4, Tabela 12), que a interação entre os fatores lâmina x hidrorretentor x fase foi significativa ao nível de 5 % de probabilidade.

Tabela 7. Teor de água no substrato em função das lâminas e hidrorretentor para cada fase, na produção de mudas de um clone híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*

Lâminas	Sem hidrorretentor		Com hidrorretentor	
	Médias (v/v; %)		Médias (v/v; %)	
Fase 1 (50 dias)				
100% ET0	18,9	Ab	20,5	Aa
75% ET0	13,3	Bb	16,3	Ba
50% ET0	9,1	Cb	10,7	Ca
Fase 2 (70 dias)				
100% ET0	24,9	Aa	26,0	Aa
75% ET0	19,1	Bb	24,9	Aa
50% ET0	9,1	Cb	10,7	Ba
Fase 3 (95 dias)				
100% ET0	23,3	Ab	28,0	Aa
75% ET0	23,8	Aa	23,9	Ba
50% ET0	12,1	Ba	11,8	Ca

Nota: Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O teor de água no substrato sofreu efeito significativo com a aplicação das lâminas, sendo a lâmina de 100% da ET0 superior em ambos os tratamentos aos 50 dias.

Aos 70 dias, fase 2, o teor de água no substrato, nos tratamentos sem adição do polímero hidrorretentor, apresentou comportamento semelhante ao período de 50 dias, fase 1, na qual a média da lâmina de 100% da ET0 diferiu estatisticamente das demais lâminas, sendo seguida pelas médias das lâminas de 75% e 50% da ET0. Enquanto, nos tratamentos com o hidrorretentor, as lâminas de 100 e 75% da ET0 não diferiram entre si, contudo são superiores à média da lâmina de 50% da ET0.

Já na fase 3, aos 95 dias, término da fase de rustificação, período de expedição da planta para o campo, observou-se que as lâminas 100% e 75% da ET0 não diferiram estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância, para os tratamentos sem hidrorretentor. E nos tratamentos com polímero houve diferença significativa entre as lâminas, sendo a média da lâmina de 100% superior às demais médias das lâminas de 75 e 50% da ET0.

Ao comparar o hidrorretentor para cada lâmina, percebe-se que aos 50 dias, fase 1, que os tratamentos com a adição do produto foram estatisticamente superiores para todos os níveis das lâminas quando

comparados aos tratamentos sem hidrorretentor. Na fase 2, aos 70 dias, o uso do polímero promoveu maior retenção de água no substrato, exceto quando aplicado a lâmina de 100% da ET₀. Aos 95 dias, fase 3, o uso do hidrorretentor foi superior estatisticamente apenas na lâmina de 100% da ET₀, as lâminas de 75 e 50% da ET₀ apresentaram teor de água no substrato iguais estatisticamente.

Resultado possivelmente obtido devido ao aumento e desenvolvimento da planta, que ocasionou maior retenção de água. Embora, aos 95 dias, as lâminas de 100% sem hidrorretentor e 75% com hidrorretentor, tenham apresentado uma pequena redução do teor de água no substrato, fato este associado à demanda hídrica atmosférica, uma vez que temperaturas elevadas tendem a aumentar a evapotranspiração das plantas, fazendo com que as raízes retirem uma maior quantidade de água do substrato para reidratação das células.

Medina et al. (1998), ao avaliarem a fotossíntese de laranjeira “Valência” enxertada sobre quatro porta-enxertos em condições de déficit hídrico, consideraram como condição ideal de umidade no substrato um valor em torno de 24%, valor próximo ao encontrado neste estudo com a lâmina de 100% (sem hidrorretentor) e 75% (com hidrorretentor) na fase 2 aos 70 dias após o estaqueamento. E aos 95 dias, com as lâminas de 100% (sem hidrorretentor) e 75% da ET₀ (com e sem hidrorretentor).

A umidade mínima estabelecida por Medina et al. (1998) ficou em torno de 12%, umidade em que a planta começou a apresentar sintomas de deficiência hídrica. Ao utilizar esse mesmo trabalho como referência para determinar a umidade mínima de um substrato, todos os tratamentos da lâmina de 50% da ET₀ nas diferentes fases e tempos analisados estão em condições mínimas de umidade.

Dados similares aos desta pesquisa também foram encontrados por Tatagiba et al. (2007), ao avaliarem o crescimento e a produção de clones de eucalipto submetidos a diferentes manejos de irrigação, nos quais encontraram uma umidade do substrato no manejo sem déficit bem próxima a considerada como capacidade de campo, com média de 27,9% enquanto que, sob déficit hídrico a umidade atingiu valor médio de 9,1%. E por Silva et al. (2004), ao realizarem a curva característica de umidade do solo estudado para avaliar o

índice de consumo e eficiência do uso da água em eucalipto, submetido a diferentes teores de água em convivência com braquiária, verificaram que a umidade de 26% está próxima à umidade considerada como adequada para a capacidade de campo.

Outra característica que possivelmente influenciou a retenção de água foi a composição do substrato constituída por fibra de coco. Wendling e Gatto (2002) descrevem a fibra de coco como material que apresenta boa capacidade de retenção de água, de alta estabilidade física e alta molhabilidade, o que traz vantagens para a retenção de água.

A classificação proposta por Penchel (2006), Tabela 3, serviu como padrão para qualificar os dados encontrados nesta pesquisa para a variável umidade, Tabela 8.

Tabela 8. Teor de água no substrato e sua classificação quanto às condições de saturação do substrato em água, com base na norma técnica da empresa Fibria S. A., em função das lâminas e hidrorretentor para cada fase

Lâminas	Sem hidrorretentor		Com hidrorretentor	
	Médias (v/v; %)		Médias (v/v; %)	
Fase 1 (50 dias)				
100% ET0	18,9	Adequado	20,5	Adequado
75% ET0	13,3	Semi-seco	16,3	Adequado
50% ET0	9,1	Seco	10,7	Semi-seco
Fase 2 (70 dias)				
100% ET0	24,9	Semi-saturado	26,0	Semi-saturado
75% ET0	19,1	Adequado	24,9	Semi-saturado
50% ET0	9,1	Seco	10,7	Semi-seco
Fase 3 (95 dias)				
100% ET0	23,3	Semi-saturado	28,0	Semi-saturado
75% ET0	23,8	Semi-saturado	23,9	Semi-saturado
50% ET0	12,1	Semi-seco	11,8	Semi-seco

Pela classificação proposta por Penchel (2006), verificou-se que poucos tratamentos foram considerados em condições ideais de umidade para o crescimento da planta, ou seja, adequado. Percebe-se que o intervalo (16-20%) considerado adequado pela empresa Fibria S. A., para umidade do substrato, é relativamente pequeno quando comparado à condição de semi-saturação do substrato (21-40%), e isto influenciou diretamente na

classificação da umidade, uma vez que, nesta pesquisa foram encontrados valores próximos com uma dispersão máxima de 10% na umidade quando considerado o valor mínimo do intervalo adotado como ideal para saturação do substrato (16-20%).

Nota-se que os valores médios do teor de água no substrato, conforme a aplicação das lâminas sofreram variações com o passar do tempo, mudando conseqüentemente a umidade retida no substrato; assim lâminas que continham umidades consideradas adequadas, aos 50 dias - lâminas 100% (sem e com hidrorretentor) e lâmina 75% da ET0 (com hidrorretentor), passaram a condições de semi-saturado na fase 2, aos 70 dias. Comportamento igual apresentado pela lâmina de 75% da ET0 (sem hidrorretentor), que no decorrer do experimento modificou o grau de saturação do substrato, passando de semi-seco aos 30 dias para semi-saturado aos 95 dias.

O teor de água no substrato manteve-se na condição de semi-seco na lâmina de 50% da ET0 ao se utilizar o hidrorretentor, já o tratamento sem o uso do produto, quando aplicado a mesma lâmina, passou da condição seco, aos 30 e 50 dias, para semi-seco aos 95 dias, fase 3. Assim, pode-se inferir que a lâmina de 50% da ET0 proporciona pequena variação na retenção do teor de água no substrato, fato possivelmente ocorrido devido à concentração da lâmina na parte superior do tubete pelo umedecimento superficial do substrato.

Com base nestas informações, verifica-se a necessidade de lâminas de irrigações distintas durante as fases do sistema de produção de mudas de eucalipto, tendo em vista que, existem variações na demanda hídrica conforme a época do ano, a espécie estudada e o método utilizado para determinar a lâmina diária aplicada.

4.3. CONSUMO DE ÁGUA

O consumo de água em cada fase do sistema de produção de mudas clonais de eucalipto encontra-se na Tabela 9.

Tabela 9. Volume de água gasto no decorrer das fases do processo de produção de mudas de um clone híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, em Jerônimo Monteiro - ES

Fase	Lâmina	Lâmina por período (mm)	Consumo diário (mL/planta)	Consumo total (L/planta)
Aclimação	100% ET0	122,72	78,67	1,18
	75% ET0	92,04	59,00	0,88
	50% ET0	61,36	39,33	0,59
Crescimento	100% ET0	155,38	74,70	1,49
	75% ET0	116,53	56,02	1,12
	50% ET0	77,69	37,35	0,75
Rustificação	100% ET0	154,78	59,53	1,49
	75% ET0	116,09	44,65	1,12
	50% ET0	77,39	29,77	0,74

Nota: As fases de produção de mudas clonais de eucalipto possuem intervalos diferentes, sendo 15 dias a aclimação, 20 dias o crescimento e 25 dias rustificação.

O consumo de água variou conforme cada fase do sistema de produção de mudas, demonstrando que a necessidade hídrica com o passar do tempo foi diferenciada, sendo influenciada por fatores ambientais.

Durante a fase de crescimento, percebe-se um aumento da demanda hídrica atmosférica, que, por conseguinte proporcionou num maior volume gasto de água. Percebe-se ainda que para produzir uma única planta foram necessários em torno de 4,16 L, 3,12 L e 2,08 L para as lâminas de 100, 75 e 50% da ET0, respectivamente.

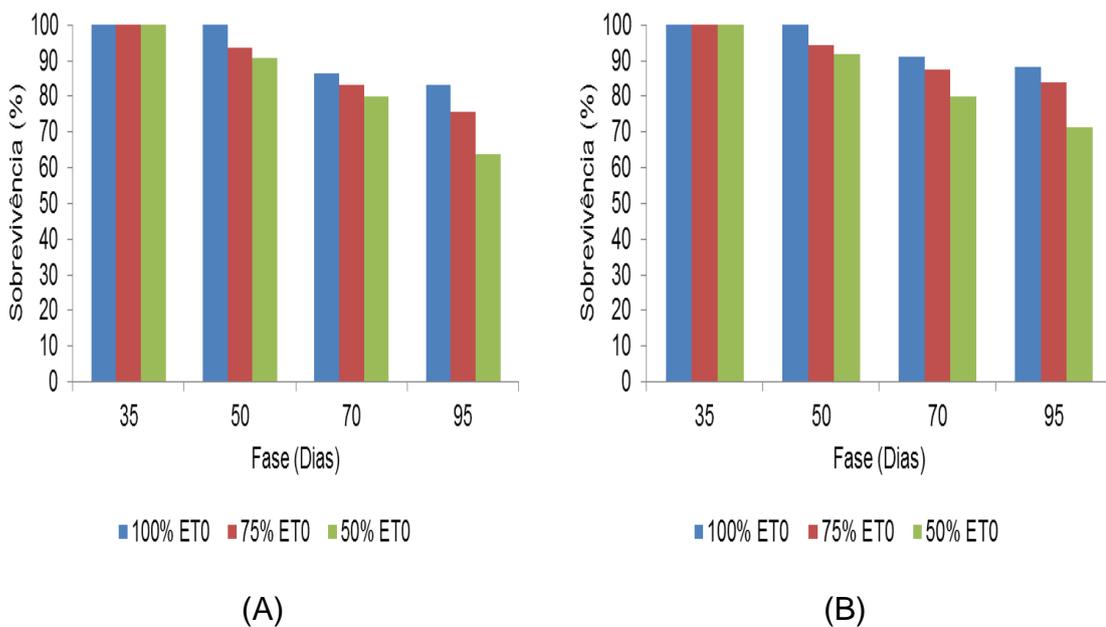
Silva et al. (2004), ao avaliar o índice de consumo e eficiência do uso da água em eucalipto submetido a diferentes volumes de água, verificaram aos 70 dias que em condições próximas das consideradas como capacidade de campo (26% de umidade), o consumo de água foi de 48,015 L para a espécie *Corymbia citriodora* e 59,849 L para *E. grandis*, o que implicou em maior crescimento e produção de biomassa seca, nesse teor de água. Valores bem superiores ao encontrados nesta pesquisa, para umidades em torno de 24 e 25% de umidade (Tabela 7), com um consumo de 17,333 L na lâmina de 100% e 15,144 L na lâmina de 75% da ET0 para o clone híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*.

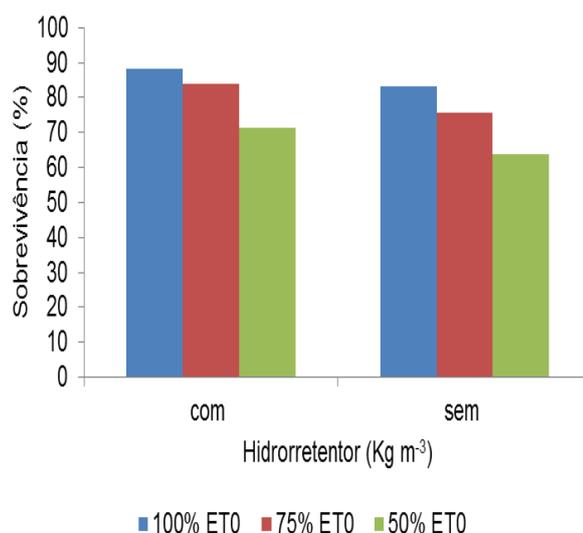
O volume de água total utilizado por lâmina durante o experimento apresentou variações devido ao tempo de duração de cada fase e pelo número de plantas que foram irrigadas.

A redução de 25% da lâmina, tendo como referência a evapotranspiração, não comprometeu o desenvolvimento das plantas. Isto foi confirmado pelos resultados encontrados para as variáveis avaliadas e pela classificação do padrão de qualidade das mudas, que foram classificadas em superiores (Figura 13), o que garante à empresa produtividade sem desperdícios do recurso hídrico.

4.4. SOBREVIVÊNCIA

As avaliações da variável sobrevivência foram realizadas aos 35, 50, 70 e 95 dias, cujos resultados encontrados são apresentados na Figura 8. Os dados foram analisados de forma descritiva.





(C)

Figura 8. Sobrevivência das mudas de um clone híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* durante o período de produção; (A) Mudanças sem hidrorretentor; (B) Mudanças com hidrorretentor; e (C) Comparação entre as lâminas com e sem hidrorretentor aos 95 dias, respectivamente.

Na fase inicial, correspondente à primeira avaliação após período de adaptação das mudas (aos 35 dias), verifica-se uma sobrevivência de 100% das mudas, independente do tratamento. Essa avaliação foi realizada com intuito de verificar uma possível perda devido ao transporte e adaptação das mudas ao município de Jerônimo Monteiro, evitando que os resultados não fossem comprometidos. Durante o experimento esse resultado se alterou ao longo das demais fases de acordo com a lâmina aplicada.

A lâmina de 100% da ETO com hidrorretentor, Figura 8B, apresentou a maior sobrevivência em todas as fases analisadas, obtendo-se ao final do experimento uma sobrevivência de 88% das mudas. Valor próximo do encontrado na lâmina de 75% da ETO com hidrorretentor e também na lâmina quando aplicado 100% da ETO sem hidrorretentor, cujos valores percentuais de sobrevivência foram 84% e 83%, respectivamente.

Os menores valores observados foram da lâmina de 50% da ETO, para ambos os tratamentos, os quais apresentaram uma sobrevivência de 71% no tratamento em que foi adicionado o polímero no substrato e 64% de sobrevivência para as mudas sem o uso do hidrorretentor.

A água restabelecida em apenas 50% da evapotranspiração, na lâmina 3, pode ter proporcionado apenas o umedecimento superficial do substrato e

consequentemente, um menor índice de sobrevivência, em que a maioria apresentou baixo padrão de qualidade.

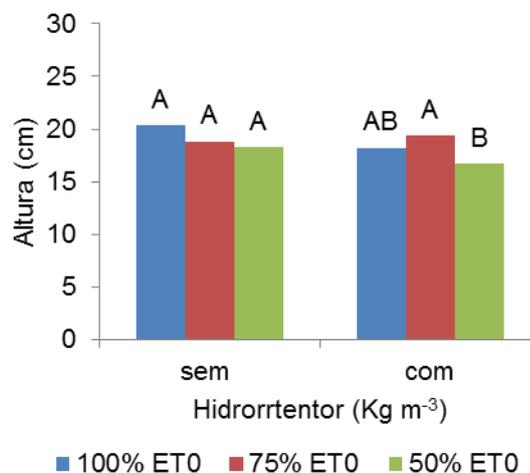
Dessa maneira, a lâmina correspondente a 50% da ET₀ comprometeria a produção no viveiro, sendo essa lâmina não indicada em épocas de elevadas temperaturas, como ocorrido durante os meses de outubro a dezembro, período de execução deste trabalho. Validando a afirmação descrita por Lopes (2004), de que as perdas nas fases de crescimento e rustificação, devem ser de no máximo 5%.

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 influenciou tais características.

4.5. CRESCIMENTO EM ALTURA

A variável altura foi avaliada com o objetivo de acompanhar o desenvolvimento das plantas, tendo-se obtido os resultados apresentados na Figura 8.

Verifica-se na análise de variância para a variável altura (Apêndice 4, Tabela 12), que as interações entre os fatores lâmina x hidrorretentor x fase e hidrorretentor x fase não foram significativas, sendo significativas as interações lâmina x fase e lâmina x hidrorretentor, ao nível de 5% de probabilidade.



(A)

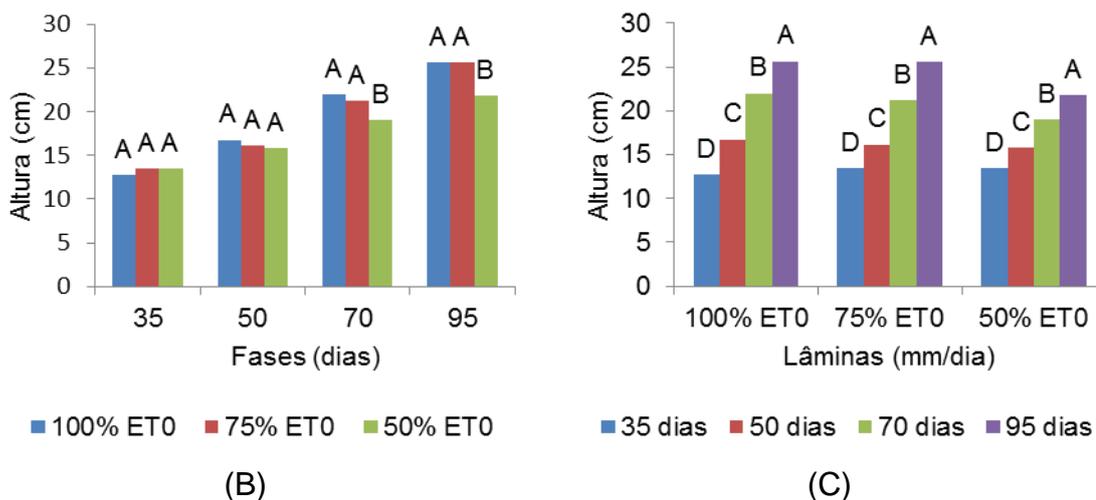


Figura 9. Crescimento em altura da parte aérea das mudas de eucalipto, (A) Altura em função do hidrorretentor para cada lâmina, (B) Altura em função das lâminas para cada fase e (C) Altura em função das fases para cada lâmina.

O crescimento da planta está diretamente associado à umidade do substrato. Tatagiba et al. (2009) observaram que os maiores valores de altura e diâmetro do caule de *Eucalyptus citriodora* e *E. grandis* foram encontrados quando o conteúdo de água no solo foi de 23 e 20%, valores próximos do encontrado neste estudo, utilizando as lâminas de 100% e 75% da ET₀, obtendo-se aproximadamente 23 e 27%, respectivamente, Tabela 7.

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

Ao analisar os resultados apresentados na Figura 9A, nota-se que a altura das plantas sofreu uma pequena variação com a lâmina aplicada e o uso do hidrorretentor, contudo as médias das lâminas foram estatisticamente iguais.

Na literatura, há registros controversos quanto aos efeitos da restrição hídrica e o uso do polímero hidrorretentor sobre o crescimento em altura de diferentes espécies. Bernardi et al. (2012) observaram em mudas de *Corymbia citriodora*, que o crescimento das mudas em função do uso de hidrorretentor foi eficiente.

Uma hipótese para tal discrepância nos dados pode estar vinculada ao número de folhas e/ou a área da copa, pois de acordo com Marques e Bastos

(2010), a parte aérea responde com desenvolvimento de folhas e não com crescimento em altura quando ocorre aumento da dose do polímero.

Ao comparar o efeito da fase em relação à lâmina sobre a altura, Figura 9B, percebe-se que todas as lâminas até aos 50 dias apresentaram variações semelhantes quanto ao incremento em altura, não diferindo estatisticamente entre si. Na fase 2, aos 70 dias, percebe-se uma maior alteração conforme a aplicação da lâmina, onde as lâminas de 100% e 75% da ET0 proporcionaram um melhor desenvolvimento para as plantas, confirmado ao final do experimento, aos 95 dias.

O incremento em altura em função das fases para cada lâmina ilustrada na Figura 9C apresentou comportamento característico do crescimento da planta.

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. Já para a empresa Fibria S. A., esse intervalo é estabelecido entre 25 a 40 cm. Assim tendo como referência essas informações, constatou nesta pesquisa que todos os tratamentos onde foram aplicadas as lâminas de 100% e 75% da ET0, as mudas enquadraram-se no padrão de exigência, com exceção da lâmina de 50% da ET0 que não alcançou altura mínima aos 95 dias, período de expedição das mudas para campo, quando analisado o intervalo padrão adotado pela empresa.

4.6. CRESCIMENTO EM DIÂMETRO

Verifica-se na análise de variância para a variável diâmetro do coleto (Apêndice 4, Tabela 12), que as interações entre os fatores lâmina x hidrorretentor x fase e hidrorretentor x fase não foram significativas, sendo significativas as interações lâmina x fase e fase x lâmina.

O déficit hídrico no decorrer do experimento promoveu a redução do incremento do diâmetro do coleto das mudas do clone estudado.

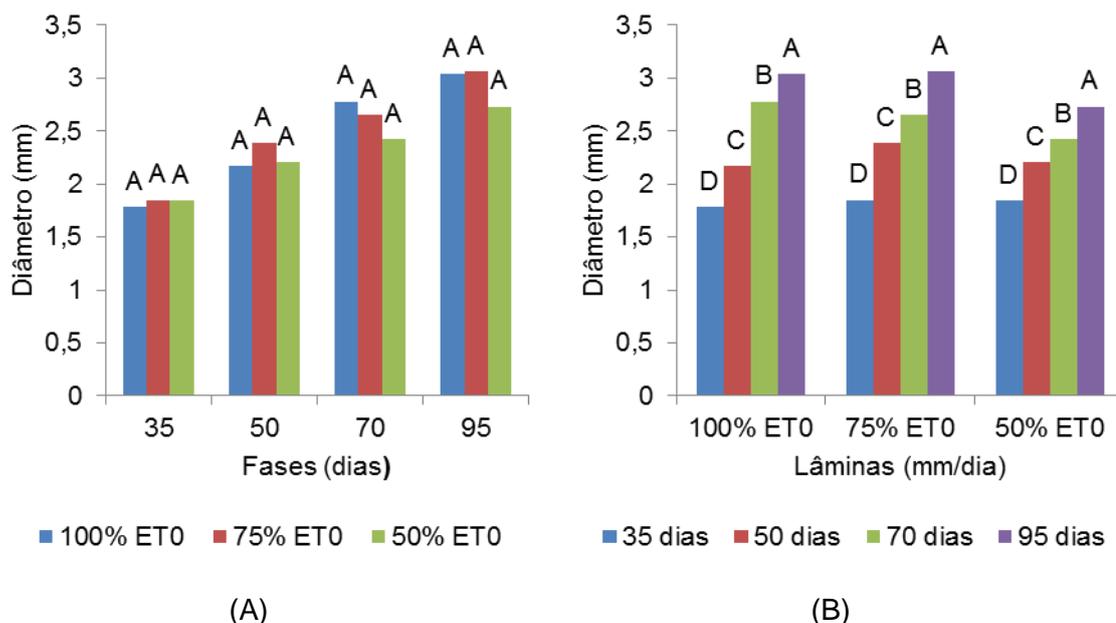


Figura 10. Crescimento em diâmetro do coleto das mudas de um clone híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. (A) Diâmetro em função da lâmina para cada fase e (B) Diâmetro em função das fases para cada lâmina.

Na Figura 10A, pode ser observado que as mudas tiveram comportamento similar em relação ao crescimento em diâmetro do coleto, sendo suas médias estatisticamente iguais quando analisadas em função da lâmina para cada fase, demonstrando o incremento com o passar do tempo.

Ao avaliar tal característica em função do fator fase dentro do nível do fator lâmina (Figura 10B), percebe-se uma variação quanto ao incremento, no qual as plantas mantidas sob a terceira fase apresentaram um menor engrossamento do caule nas fases de crescimento e rustificação, aos 50 e 70 dias, respectivamente. Isso demonstra que as mudas do clone híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* apresentam maior crescimento do diâmetro em condições ótimas de umidade. 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 coleto.

Lopes (2004) estabeleceu um valor mínimo de 2,5 mm para variável diâmetro do coleto para mudas de *E. grandis*. Neste trabalho no período de expedição das mudas, o clone híbrido de *E. grandis* x *E. urophylla* obteve 3,04 e 3,06 mm sob manejo hídrico das lâminas de 100% e 75% da ET0, respectivamente, sendo estes estatisticamente iguais, e 2,73 mm da lâmina de

50% da ET₀. Desse modo, ao considerar a variável diâmetro do coleto isoladamente como padrão de qualidade de mudas, mesmo sob condições de estresse, nota-se que as mudas encontravam-se dentro do padrão de qualidade exigido e que o ciclo produtivo poderia ter sido menor (em torno de 70 dias) do que o avaliado aos 95 dias após o estaqueamento.

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⁻¹, o diâmetro do coleto obtido foi de 2,19 mm e que lâminas a partir de 8 mm dia⁻¹ apresentavam diâmetros maiores de 2,5 mm. Resultados inferiores aos encontrados nesta pesquisa, cujo mínimo alcançado foi de 2,73 mm com uma lâmina média de 7 mm dia⁻¹, correspondente a lâmina de 50% da ET₀.

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 maior sob maior disponibilidade hídrica e que o diâmetro foi a variável que se mostrou mais dependente da disponibilidade de água.

Corroborando com os resultados encontrados por Nascimento et al. (2011) analisando o crescimento de mudas de jatobá em diferentes níveis de água do solo, concluiu-se que níveis abaixo de 50% da capacidade de retenção de água no solo restringem significativamente o crescimento de mudas de jatobá (*Hymenaea couribarii*).

Roza (2010) verificou que tanto a altura como diâmetro do coleto em mudas de pinhão manso (*Jatropha curcas*) teve seu incremento comprometido nos tratamentos com interrupção hídrica prolongada, enquanto nos tratamentos com boa disponibilidade hídrica estas variáveis duplicaram seu crescimento.

A deficiência hídrica pode afetar diretamente o crescimento em altura e diâmetro, reduzindo a expansão celular e a formação da parede celular e, indiretamente, reduz a disponibilidade de carboidratos ou influencia na produção de reguladores de crescimento (GONÇALVES; PASSOS, 2000).

4.7. MASSA SECA DA PARTE AÉREA (MSPA)

Verifica-se no Apêndice 4, Tabela 13, que na análise de variância para a variável massa seca da parte aérea, a interação entre os fatores lâmina x hidrorretentor x fase foi significativa ao nível de 5% de probabilidade.

A Tabela 10 apresenta a MSPA em função de lâminas e hidrorretentor para cada fase na produção de mudas do clone híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*.

Tabela 10. Massa seca da parte aérea em função das lâminas e hidrorretentor para cada fase, na produção de mudas do clone híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*

Sem hidrorretentor			Com hidrorretentor	
Lâminas	Médias (g)		Médias (g)	
Fase 1 (50 dias)				
100% ET0	0,4365	Bb	0,6216	Aa
75% ET0	0,5239	Aa	0,4974	Bb
50% ET0	0,2586	Cb	0,3275	Ca
Fase 2 (70 dias)				
100% ET0	1,1217	Ab	1,1650	Aa
75% ET0	0,8575	Ba	0,8617	Ba
50% ET0	0,6936	Cb	0,7375	Ca
Fase 3 (95 dias)				
100% ET0	1,6455	Bb	1,8132	Aa
75% ET0	1,8596	Aa	1,7034	Bb
50% ET0	0,8125	Cb	0,8947	Ca

Nota: Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula nas colunas e, minúsculas nas linhas, não diferem entre si, ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

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 um fator importante a ser considerado para avaliação da qualidade de mudas.

Houve diferença estatística para lâmina em cada fase, sendo os tratamentos com ou sem adição de hidrorretentor.

Observa-se um aumento em média de três vezes o peso seco inicial da parte aérea em todos os tratamentos aplicados, com o encerramento do experimento.

Analisando os tratamentos sem adição do polímero hidrorretentor, a lâmina de 75% da ET0 ao final do experimento aos 95 dias, fase 3, obteve um maior incremento em massa seca da parte aérea, sendo estatisticamente diferente das médias dos tratamentos de 100% e 50% da ET0. Corroborando com o resultado encontrado por Roda Junior (2002), em mudas de tomate ao constatar diferenças estatísticas para os níveis de doses do hidrorretentor, sendo o melhor resultado encontrado sem a adição do hidrorretentor, ou seja, 0% do condicionador de solo.

Já ao utilizar o polímero hidrorretentor, as lâminas apresentaram a mesma conduta ao longo do tempo, sendo que a lâmina aplicada equivalente a 100% da ET0 diferiu estatisticamente das médias das demais, obtendo a maior produção de MSPA.

Ao comparar os resultados encontrados entre as lâminas, observou-se que as médias das lâminas de 100% e 50% da ET0 com hidrorretentor foram estatisticamente diferentes em todas as fases em relação às médias das mesmas lâminas sem hidrorretentor, ou seja, na presença do hidrorretentor houve uma maior produção de biomassa.

Marques e Bastos (2010), ao estudarem a eficiência do hidrorretentor no fornecimento de água para mudas de pimentão constataram que o efeito do polímero sobre a característica estudada (massa seca da parte aérea) foi significativo, podendo-se inferir que o hidrorretentor promove melhor desenvolvimento da planta.

Contudo, ao observar o resultado obtido na lâmina de 75% da ET0, na avaliação da fase 2, aos 70 dias, nota-se que as médias não diferiram estatisticamente pelo teste de Tukey, para ambos os tratamentos. Isso pode estar associado ao teor de água no substrato, Tabela 7, que em condições consideradas ideais promovem uma produção de biomassa semelhante ao tratamento com hidrorretentor.

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).

4.8. MASSA SECA DA RAIZ (MSR)

Verifica-se no Apêndice 4, Tabela 13, que a análise de variância para a variável massa seca da raiz, que houve interação entre os fatores lâmina x hidrorretentor x fase, foi significativa ao nível de 5% de probabilidade.

A Tabela 11 apresenta a MSR em função das lâminas e hidrorretentor para cada fase na produção de mudas do clone híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*.

Tabela 11. Massa seca da raiz em função das lâminas e hidrorretentor para cada fase, na produção de mudas do clone híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*

Sem hidrorretentor			Com hidrorretentor	
Lâminas	Médias (g)		Médias (g)	
Fase 1 (50 dias)				
100% ET0	0,1508	Ab	0,1700	Aa
75% ET0	0,1540	Aa	0,1598	Aa
50% ET0	0,1100	Ba	0,1142	Ba
Fase 2 (70 dias)				
100% ET0	0,2920	Ab	0,3834	Aa
75% ET0	0,2856	Aa	0,2841	Ba
50% ET0	0,2195	Ba	0,2176	Ca
Fase 3 (95 dias)				
100% ET0	0,5775	Ab	0,8280	Aa
75% ET0	0,5298	Ba	0,5375	Ba
50% ET0	0,3283	Ca	0,2735	Cb

Nota: Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula na coluna, e, minúscula nas linhas, não diferem entre si, ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

Para variável massa seca da raiz, observa-se que as médias dos tratamentos com lâmina de 100% da ET0 se destacaram nas avaliações ao final de cada fase, seguida pelas médias dos tratamentos irrigados na lâmina de 75% para as fases 1 e 2, aos 50 e 70 dias respectivamente, sendo a última somente para o tratamento sem hidrorretentor, os quais não diferiram entre si pelo teste de Tukey.

O tratamento com 50% da lâmina evapotranspirada apresentou menor crescimento radicular, possivelmente devido a menor quantidade de água recebida e, conseqüentemente, menor percentual da umidade do 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.

Ao analisar o efeito do hidrorretentor para cada lâmina no decorrer das fases, nota-se que apenas a lâmina de 100% da ET₀ apresentou o melhor resultado na presença do hidrorretentor ao longo do tempo, sendo esta estatisticamente superior, resultado oposto ao observado aos 95 dias, fase 3, sem a adição do produto, no qual a lâmina restituída foi de 50% da água evapotranspirada.

Resultado que contrapõe com o encontrado por Ramos e Sodré (2012), em mudas de cacaueteiro, ao verificarem resultados significativos nos tratamentos com o hidrorretentor para a variável MSR.

4.9. POTENCIAL HÍDRICO FOLIAR (Ψ_w)

As diferenças nos valores encontrados entre o horário da manhã e do início da tarde no potencial hídrico foliar foram bastante expressivas, com valores mais negativos durante as medições do início da tarde.

Costa e Marengo (2007) observaram em árvores jovens de andiroba (*Carapa guianensis*) que o potencial hídrico foliar é mais alto, ou seja, valores menos negativos no início da manhã e que há uma queda acentuada dos valores ao longo do dia, influenciada pela variação da temperatura, corroborando também com os resultados encontrados por Machado et al. (2002) em plantas de laranjeira 'Valência'.

4.9.1. Potencial hídrico às 07h30min

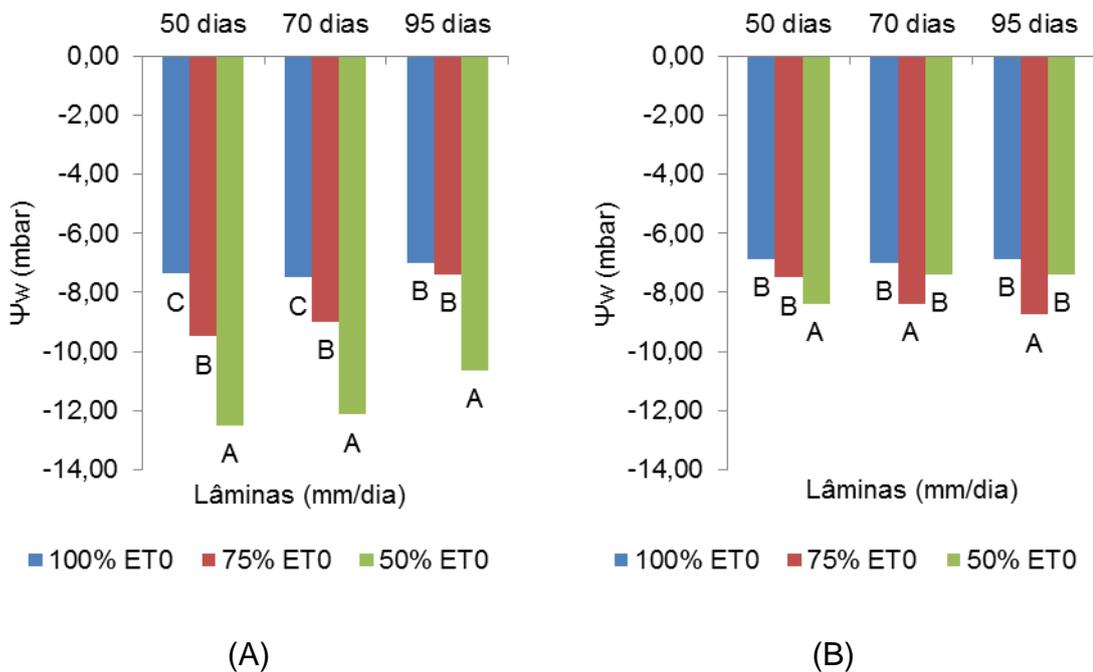
A diferença aplicada entre as lâminas utilizadas no experimento proporcionou efeitos distintos às plantas quando analisado o potencial hídrico foliar das mesmas.

Verifica-se no Apêndice 4, Tabela 14, que a análise de variância para a variável potencial hídrico apresentou interação entre os fatores lâmina x hidrorretentor x fase, sendo significativa ao nível de 5% de probabilidade.

A Figura 11 ilustra o potencial hídrico em função da lâmina e hidrorretentor para cada fase na produção de mudas do clone híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*.

Ao considerar os tratamentos sem a presença de hidrorretentor, Figura 11A, constatou-se que a lâmina de 50% da ET0 apresentou o maior valor para a variável analisada, seguido das médias das lâminas de 75% e 100% da ET0, ambos diferiram estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância, podendo inferir que quanto menor a quantidade de água disponível no substrato mais negativos serão os valores do potencial hídrico foliar, ou seja, as plantas encontram-se com uma quantidade menor de água nas células.

Esse resultado foi similar ao encontrado por Oliveira et al. (2002) em mudas de pupunheira submetidas à deficiência hídrica, em que o potencial da água na folha decresceu a medida que a umidade do solo também reduziu.



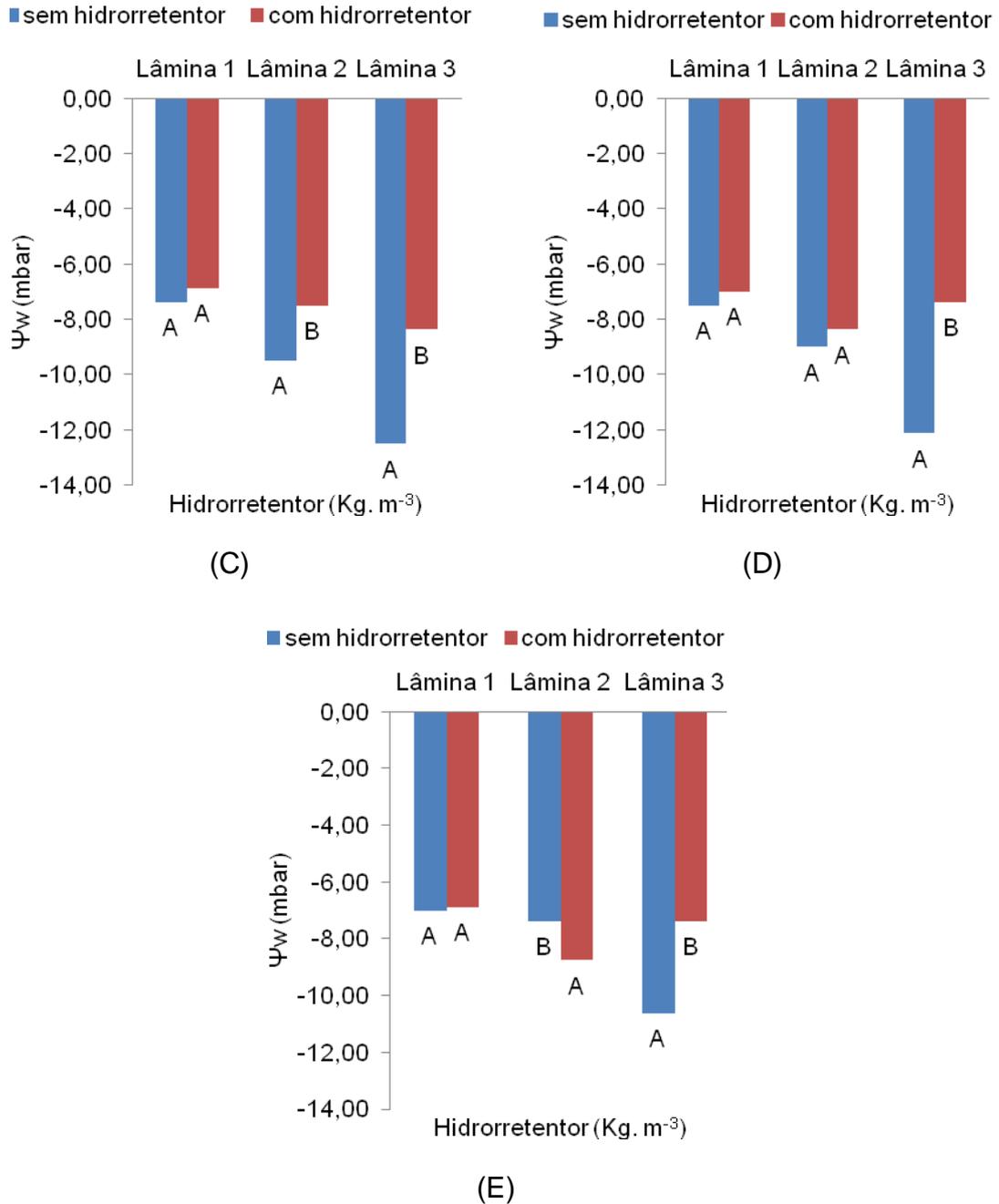


Figura 11. Potencial hídrico foliar às 07h30min, para mudas de eucalipto do clone híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* submetidas a diferentes manejos hídricos - A (sem hidrorretentor) e B (com hidrorretentor) em função das fases para cada lâmina; C (50 dias), D (70 dias) e E (95 dias) em função das lâminas para cada hidrorretentor (com e sem).

Já os tratamentos em que se utilizou o hidrorretentor, Figura 11B, as médias das lâminas, de maneira geral, foram menores que as médias das lâminas sem hidrorretentor, o que demonstra que o hidrorretentor é capaz de reter uma quantidade maior de água por um período também maior, disponibilizando-a para planta de forma gradativa.

Não houve diferença estatística entre as médias dos tratamentos com e sem hidrorretentor para a lâmina de água de 100% da ET₀, Figura 11C. Uma vez que, a água evapotranspirada foi restabelecida por meio da irrigação, em condições que manteve o substrato úmido o suficiente para não afetar o crescimento das plantas.

Resultado diferente do encontrado durante o experimento para as médias com e sem hidrorretentor na lâmina de 75% da ET₀, Figura 11D, no qual houve diferença estatística nas fases 1 e 3 aos 50 e 95 dias, respectivamente após o estaqueamento.

Ao analisar a lâmina 3, Figura 11E, observou-se que o uso do hidrorretentor proporcionou uma maior retenção da umidade no substrato, que por conseguinte resultou num menor valor negativo do potencial hídrico foliar pelas plantas, quando comparado a lâmina 3 sem a adição do produto, mesmo sendo aplicados a ambos a lâmina de 50% da evapotranspiração.

Neste contexto, a menor disponibilidade de água no substrato, nos tratamentos onde foram retornados 50% da água perdida pela evapotranspiração do dia anterior, resultou em valores mais negativos para o parâmetro potencial hídrico foliar quando comparado às demais lâminas, mostrando, assim, que esse pode ser indicador de déficit hídrico.

O crescimento e desenvolvimento da planta estão relacionados com o aumento e diminuição diária do potencial hídrico que por sua vez está associado com a quantidade de água no substrato.

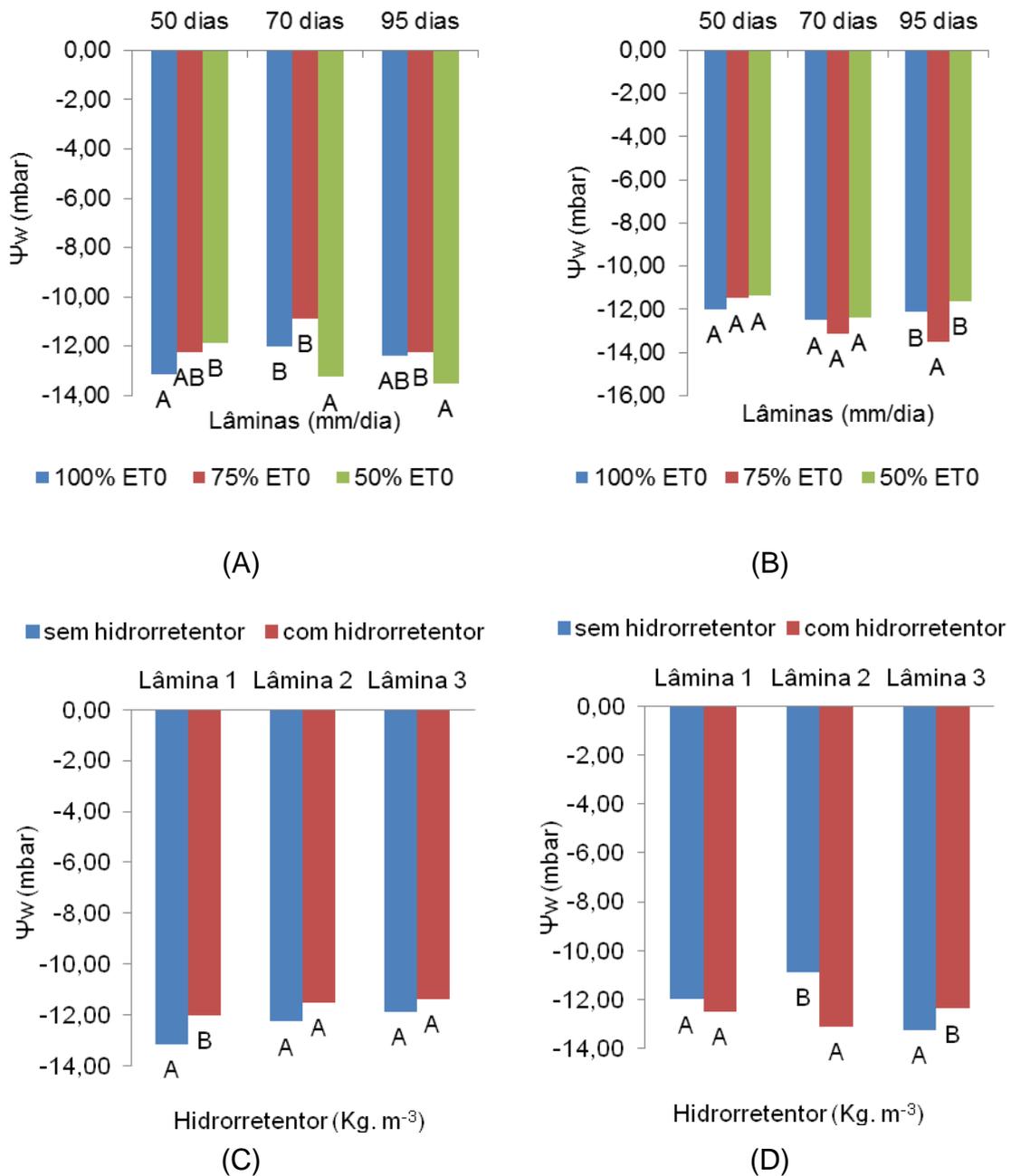
Em geral todos os processos vitais da planta são afetados pelo decréscimo do potencial hídrico, comprometendo o seu crescimento, uma vez que a primeira resposta ao déficit hídrico é a redução do turgor (TAIZ, ZEIGER, 2004).

Ferreira et al. (1999), estudando as relações hídricas em mudas de *Corymbia citriodora* Hook., concluíram que o potencial hídrico apresentou-se como a variável mais consistente para evidenciar as alterações fisiológicas das mudas.

4.9.2. Potencial hídrico às 14h00min

Foi avaliado o potencial hídrico foliar aos 50, 70 e 95 dias, cujos resultados são apresentados na Figura 12.

Os resultados obtidos nas avaliações das mudas de eucalipto do clone híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* apresentaram diferenças significativas, conforme análise de variância (Apêndice 4, Tabela 14), sendo aplicado o teste de Tukey a 5% de significância, para análises das interações lâminas x hidrorretentor, bem como lâminas x fase.



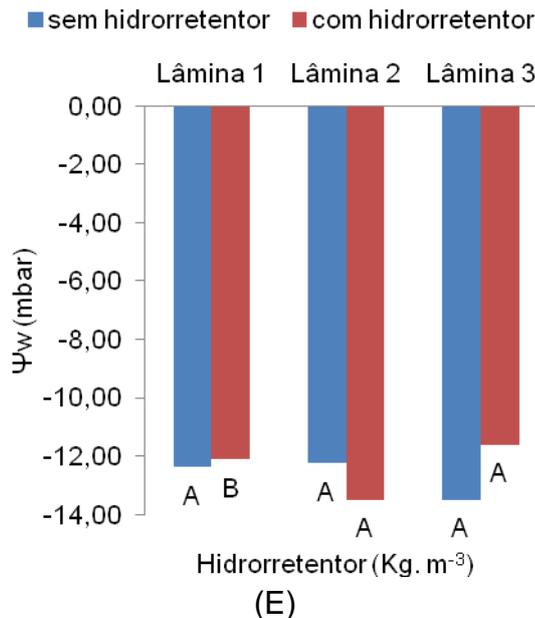


Figura 12. Potencial hídrico foliar às 14h00min, para mudas de eucalipto do clone híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* submetidas a diferentes manejos hídricos - A (sem hidrorretentor) e B (com hidrorretentor) em função das fases para cada lâmina; C (50 dias), D (70 dias) e E (95 dias) em função das lâminas para cada hidrorretentor (com e sem).

De maneira geral, as plantas apresentaram pouca variação do potencial hídrico no horário avaliado mesmo com a adição do polímero hidrorretentor, podendo inferir, neste caso, que o horário utilizado às 14 horas para avaliar tal parâmetro apresenta efeitos distintos para as plantas, por ser um horário de grande atividade metabólica com altas taxas de transpiração.

Ao analisar os tratamentos sem hidrorretentor, Figura 12A, verifica-se diferença estatística apenas na fase 2 aos 70 dias, na qual a lâmina de 50% da ET₀ diferiu estatisticamente das lâminas de 100% e 75% da ET₀, obtendo um valor mais negativo para o Ψ_w , isto deve-se ao fato da mesma apresentar uma umidade menor em seu substrato. Sendo as fases 1 e 3, correspondentes as avaliações aos 50 e 95 dias, respectivamente, e semelhantes em todas as lâminas quando comparadas estatisticamente pelo teste de Tukey.

Para os tratamentos com hidrorretentor, Figura 12B, observou-se uma diferença estatística somente durante a fase 3 aos 95 dias, na qual a lâmina de 75% da ET₀ apresentou um valor mais negativo quando comparado as médias das lâminas de 100% e 50% da ET₀ que foram estatisticamente iguais.

Ao restituir 100% da lâmina perdida pela evapotranspiração, Figura 12C, verificou-se que a presença do hidrorretentor foi eficaz para reduzir os

valores negativos do Ψ_w nas plantas aos 30 dias (fase 1), esta diferença estatística pode ser devido ao sistema radicular ainda não estar totalmente formado e estruturado ao substrato.

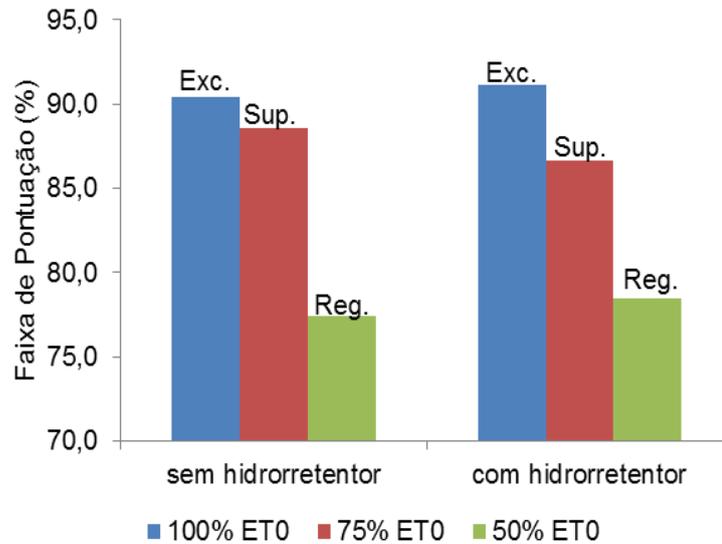
Resultados contraditórios também foram observados ao confrontar o uso do hidrorretentor entre a lâmina de 75% da ET₀ (Figura 12D), na qual quando comparado com o tratamento sem a adição do polímero este apresentou valores menos negativos do que o tratamento com hidrorretentor aos 70 e 95 dias (fases 2 e 3, respectivamente), podendo concluir que a presença do hidrorretentor nessa lâmina não é o suficiente para manter a umidade do substrato em níveis mais elevados durante a maior incidência solar.

Ao analisar a lâmina de 50% da ET₀, Figura 12E, nota-se que houve diferença estatística aos 95 dias, sendo o tratamento com hidrorretentor menos negativo, ou seja, mais hidratado, quando comparado ao tratamento sem o polímero. Embora, em ambos os tratamentos, a redução do potencial hídrico associou-se ao aparecimento de sintomas de deficiência hídrica na planta, observado por meio da redução da área foliar e do murcho das folhas ao longo do experimento.

4.10. PADRÃO DE QUALIDADE DAS MUDAS

O padrão de qualidade das mudas foi avaliado utilizando-se como referência as médias das notas dos parâmetros, deformação de raiz, par de folhas, comprimento do torrão, altura da muda e idade da muda, os quais possuem pesos distintos para cada variável, Tabela 4.

Uma análise descritiva foi realizada para comparação dos dados (Figura 13).



Nota: Exc.= mudas com qualidade excelente, Sup.= mudas com qualidade superior e Reg.= mudas com qualidade regular

Figura 13. Comparação das médias das notas do padrão de qualidade das mudas de eucalipto, aos 95 dias, obtidas por meio do gabarito operacional da Fibria S.A., em função das lâminas para cada nível de hidrorretentor.

Ao classificar as mudas clonais de eucalipto de acordo com o gabarito operacional da empresa, constatou-se que as lâminas de 100% da ET0 de ambos os tratamentos apresentaram médias superiores a 90%, sendo classificadas como mudas excelentes. A lâmina de 75% da ET0 (com hidrorretentor) obteve uma média igual a 88,6% e o tratamento sem adição do hidrorretentor uma média de 86,7%, sendo assim ambos classificados como mudas superiores e a lâmina de 50% da ET0 foi classificada em mudas regulares por terem obtido, em média, uma pontuação variando de 70 a 79% de acordo com o gabarito operacional, Tabela 4.

A redução da lâmina em 25% não comprometeu a qualidade das mudas, tendo ao final do experimento mudas dentro do padrão de qualidade superior, com médias acima de 86%, classificadas na classe B, Tabela 5.

Com os resultados das avaliações finais, ao término do período de rustificação no viveiro, constatou-se que a disponibilidade de água para a planta, na quantidade correta e no momento adequado, é decisiva para o sucesso da cultura (MAROUELLI, SILVA, 2009).

A qualidade da muda não foi influenciada pelo hidrorretentor, deste modo, o uso do polímero somente não é suficiente para alterar as características morfológicas das plantas e estruturais do substrato.

Resultado oposto ao encontrado por Marques e Bastos (2010), ao analisar o uso de diferentes doses de hidrorretentor para produção de mudas de pimentão, concluíram que o uso do produto propiciou mudas de melhor qualidade uma vez que proporcionou o aumento do número de folhas.

5. CONCLUSÕES

Para as condições desse estudo, as lâminas 100% e 75% da ET₀, determinadas pela equação de Hargreaves & Samani são indicadas para irrigação de mudas do clone híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*.

O crescimento e o desenvolvimento da planta, bem como a demanda hídrica atmosférica durante o experimento ocasiona alteração no acúmulo de água no substrato nas lâminas restituídas em 100 e 75% da ET₀, sendo classificado como substrato semi-saturado pela empresa.

Nos tratamentos restituídos de 50% da ET₀, o desenvolvimento da planta, expresso em termos de altura e acúmulo de biomassa, registram decréscimos significativos nas fases avaliadas.

O consumo hídrico está diretamente relacionado com as atividades metabólicas da planta no processo de produção de biomassa e a eficiência do uso da água varia conforme a idade da planta, espécie e fatores ambientais, como temperatura e umidade relativa.

A dose utilizada do polímero hidrorretentor (0,5 Kg m⁻³ de substrato) não promove os mesmos incrementos entre as variáveis analisadas nesta pesquisa. De maneira geral, seu uso é eficiente para melhorar a produção de massa seca da parte aérea e raiz, retenção de água no substrato e aumentar o grau de hidratação da planta (Ψ_w) quando mensurado as 07h30min.

O horário das 14 horas, para avaliação do parâmetro potencial hídrico foliar não acarreta efeitos distintos para as plantas, por ser um horário de grande atividade metabólica com altas taxas de transpiração, devendo preferir medições em horários ao amanhecer.

O padrão de qualidade das mudas não é afetado pela redução em 25% da lâmina aplicada, obtendo mudas de qualidade superior.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A. V.; MÁFIA, R. G.; ASSIS, T. F. de. **Clonagem e doenças do eucalipto**. Viçosa: UFV, 2004. 442p.

ALMEIDA, F. D. de., XAVIER, A.; DIAS, J. M. M.; PAIVA, H. N. de. Eficiência das auxinas (AIB e ANA) no enraizamento de miniestacas de clones de *Eucalyptus cloezina* F. Muell. **Revista Árvore**, Viçosa: v. 31, n. 3, p. 455-463, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS – ABRAF. **Anuário estatístico da ABRAF 2012**: ano base 2011. Brasília, 2012. 150p.

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

BERNARDINO, D. C. de S.; PAIVA, H. N. de.; NEVES, J. C. de L.; GOMES, J. M.; MARQUES, V. B. Crescimento e qualidade de mudas de *Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan em resposta à saturação por bases do substrato. **Revista Árvore**, Viçosa: v. 29, n. 6, p. 863-870, 2005.

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

BOMFIM, G. V. do.; AZEVEDO, B. M. de.; VIANA, T. V. de A.; FURLAN, R. A.; CARVALHO, A. C. P. P. de. Aclimatização *ex vitro* de abacaxizeiro ornamental com diferentes frequências de irrigação. **Irriga**, Botucatu: v. 16, n. 1, p. 104-114, 2011.

BURIAL, G. A.; STRECK, N. A.; PETRY, C.; SCHNEIDER, F. M. Transmissividade a radiação solar do polietileno de baixa densidade utilizado em estufas. **Ciência Rural**, Santa Maria: v. 25, n. 1, p. 1-4, 1995.

BUZETTO, F. A.; BIZON, J. M. C.; SEIXAS, F. **Avaliação de polímeros adsorventes à base de acrilamida no fornecimento de água para mudas de *Eucalyptus urophylla* em pós-plantio**, 2002. IPEF (Circular Técnica, 195).

CAMPOS, J. H. B. da C.; SILVA, V. de P. R. da.; AZEVEDO, P. V. de.; BORGES, C. J. R.; SOARES, J. M.; MOURA, M. S. B. de.; SILVA, B. B. da. Evapotranspiração e produtividade da mangueira sob diferentes tratamentos de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande: v.12, n. 2, p.150-156, 2008.

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

CARVALHO, J. de A.; AQUINO, R. F.; REZENDE, F. C.; PEREIRA, G. M. Desenvolvimento de mudas de cafeeiro com diferentes doses de polímero hidrorretentor e turnos de rega. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 6., 2009, Vitória, ES. **Anais...** Vitória, ES: CBP&D/Café e Embrapa café, 2009.

CARVALHO, L. G. de.; RIOS, G. F. A.; MIRANDA, W. L.; CASTRO NETO, P. Evapotranspiração de referência: Uma abordagem atual de diferentes métodos de estimativa. **Pesquisa Brasileira Tropical**, Goiânia: v. 41, n. 3, p. 456-465, 2011.

CAVALCANTE, T. R. M.; NAVES, R. V.; SERAPHIN, J. C.; CARVALHO, G. D. Diferentes ambientes e substratos na formação de mudas de araticum. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal: v. 30, n. 01, p. 235-240, 2008.

COSTA, G. F. da.; MARENCO, R. A. Fotossíntese, condutância estomática e potencial hídrico foliar em árvores jovens de andiroba (*Carapa guianensis*). **Acta Amazonica**, Manaus: v. 37, n. 2, p. 229-234, 2007.

COSTA, M. B. da. **Avaliação da irrigação por pivô na cultura do café (*Coffea canephora* L.) e na cultura do mamoeiro (*Carica papaya* L.) no município de Pinheiros-ES**. Piracicaba: ESALQ, 2006. 88 f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2006.

CRUZ, C. A. F.; CUNHA, A. C. M. C. M. da.; PAIVA, H. N. de., NEVES, J. C. L. Efeito de macronutrientes sobre o crescimento e qualidade de mudas de canafístula cultivadas em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. **Revista Árvore**, Viçosa: v. 35, n. 5, p. 983-995, 2011.

CUNHA, M. C. da.; OLIVEIRA, É. D. de.; THOMAZ, E. L.; VESTENA, L. R. Análise temporal do balanço hídrico na bacia do rio das pedras, Guarapuava, PR. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife: v. 4, n. 5, p. 1013-1028, 2011.

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.

DEMARTELAERE, A. C. F.; DUTRA, I.; ALVES, S. S. V.; TEÓFILO, T. M. da S.; ALVES, S. V. Utilização de polímero hidroabsorvente no meloeiro (*Cucumis melon* L.) sob diferentes lâminas de irrigação. **Revista Caatinga**, Mossoró: v. 22, n. 3, p. 5-8, 2009.

DUARTE, G. R. B.; SCHÖFFEL, E. R.; MENDEZ, M. E. G.; PAULA, V. A. de. Medida e estimativa da evapotranspiração do tomateiro cultivado sob adubação orgânica em ambiente protegido. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina: v. 31, n. 3, p. 563-574, 2010.

DUTRA, L. F.; WENDLING, I.; BRONDANI, G. E. A micropropagação de eucalipto. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo: n. 58, p. 49-59, 2009.

DUTRA, T. R.; GRAZZIOTTI, P. H.; SANTANA, R. C.; MASSAD, M. D. Desenvolvimento inicial de mudas de copaíba sob diferentes níveis de sombreamento e substratos. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza: v. 43, n. 2, p. 321-329, 2012.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Avaliação do Potencial Hídrico Foliar em Plantas de Trigo**. Embrapa: Passo Fundo, 2003. (Circular Técnica, 15). Disponível em: < http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/ci/p_ci15_1.htm>. Acesso em: 15 jan. 2013.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. e atual. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

ESTEVES, B. dos S.; MENDONÇA, J. C.; SOUSA, E. F.; BERNARDO, S. Avaliação do Kt para estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) em Campos dos Goytacazes, RJ. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, PB: v. 14, n. 3, p. 274-278, 2010.

EVONIK INDUSTRIES. **Stockosorb[®] manejo do solo e da água na agricultura e horticultura: a chave para melhorar o rendimento e qualidade**. Disponível em: < http://www.staudinger.fi/SAPinfo/stockosorb/DEG-01-1203%20BroSTOCKOSORB_CS224_210x280_LY19.pdf>. Acesso em: 15 dez. 2012.

FERNANDES, A. L. T.; FRAGA JÚNIOR, E. F.; TAKAY, B. Y. Avaliação do método Penman-Piche para a estimativa da evapotranspiração de referência em Uberaba, MG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande: v. 15, n. 3, p. 270-276, 2011.

FERREIRA, C. A. G.; DAVIDE, A. C.; CARVALHO, L. R. de. Relações hídricas em mudas de *Eucalyptus citriodora* Hook., em tubetes, aclimatadas por tratamentos hídricos. **Cerne**, Lavras: v. 5, n. 2, p. 095-104, 1999.

FINGER, C. A. G.; SCHNEIDER, P. R.; GARLET, A. ELEOTÉRIO, J. R. BERGER, R. Estabelecimento de povoamentos de *Pinus elliottii* Engelm pela semeadura direta a campo. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria: v. 13, n. 1, p. 107-113, 2003.

FOELKEL, C. **Polímeros Hidroretentores ou Hidrogéis**. In: FOELKEL, E.; FOELKEL, C. PinusLetter. n. 9, set., 2008. Disponível em: < http://www.celsofoelkel.com.br/pinus_09.html#top1>. Acesso em: 21 nov. 2012.

FONSECA, F. H da. **Agenda estratégica do setor de florestas plantadas**. Câmara Setorial de Silvicultura, Brasília, outubro de 2009, 40p.

GERVÁSIO, E. S. **Efeito de lâminas de irrigação e doses de condicionador associadas a diferentes tamanhos de tubetes, na produção de mudas de cafeeiro**. Piracicaba: ESALQ, 2003. 105 f. Tese (Doutorado em Irrigação e

Drenagem) – Universidade Federal de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2003.

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

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.

GONÇALVES, M. R.; PASSOS, C. A. M. Crescimento de cinco espécies de eucalipto submetidas a déficit hídrico em dois níveis de fósforo. **Ciência Florestal**, Santa Maria: v. 10, n. 2, p. 145-161, 2000.

GOMES, J. M. **Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*, produzidas em diferentes tamanhos de tubetes e de dosagens de NPK**. Viçosa: UFV, 2001. 91 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

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

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*)**. Piracicaba: Esalq, 2006. 144 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2006.

HAFLE, O. M.; CRUZ, M. do C. M.; RAMOS, J. D.; RAMOS, P. S.; SANTOS, V. A. Produção de mudas de maracujazeiro-doce através da estaquia utilizando polímero hidrorretentor. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife: v. 3, n. 3, p. 232-236, 2008.

LIMA, J. D.; SILVA, B. M. S.; MORAES, W. S.; DANTAS, V. A. V.; ALMEIDA, C. C. Efeitos da luminosidade no crescimento de mudas de *Caesalpinia ferrea* Mart. Ex Tul. (Leguminosae, Caesalpinoideae). **Acta Amazonica**, v. 38, p. 5-10, 2008.

LIMA, W. de P. Florestas plantadas e água: Conflito ambiental ou ausência de políticas sadias de uso da terra? **Revista Opiniões**. set./nov., 2006. Disponível em: < <http://www.revistaopinioes.com.br/cp/materia.php?id=359>>. Acesso em: 21 nov. 2012.

LISBOA, A. C.; SANTOS, P. S. dos.; OLIVEIRA NETO, S. N. do.; CASTRO, D. N. de.; ABREU, A. H. M. de. Efeito do volume de tubetes na produção de mudas de *Calophyllum brasiliense* e *Toona ciliata*. **Revista Árvore**, Viçosa: v. 36, n. 4, p. 603-609, 2012.

- LOPES, J. L. W. **Produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. (Hill ex. Maiden) em diferentes substratos e lâminas de irrigação.** Botucatu, UNESP: 2004, 100 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP, 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.
- LOPES, J. L. W.; SILVA, M. R. DA.; SAAD, J. C. C.; ANGÉLICO, T. dos S. Uso de hidrogel na sobrevivência de mudas de *Eucalyptus urograndis* produzidas com diferentes substratos e manejos hídricos. **Ciência Florestal**, Santa Maria: v. 20, n. 2, p. 217-224, 2010.
- LOPES, W. A. UFES: **Boletim de Dados Técnicos Stockosorb** [mensagem pessoal]. Mensagem encaminhada para <daniele.rodriguesgomes@yahoo.com.br>. Em 10 de dez. de 2012.
- MACHADO, E. C.; MEDINA, C. L.; GOMES, M. de M. de A.; HABERMANN, G. Variação sazonal da fotossíntese, condutância estomática e potencial da água na folha de laranjeira 'Valência'. **Scientia Agricola**, Piracicaba: v. 59, n. 1, p. 53-58, 2002.
- MANTOVANI, E. C. **AVALIA**: Programa de Avaliação da Irrigação por Aspersão e Localizada. Viçosa, MG: UFV, 2001.
- MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação**: princípios e métodos. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2009. 355p.
- MARQUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. **Parâmetros para o manejo de irrigação por aspersão em tomateiro para processamento na região do Cerrado**, 2009. Embrapa Hortaliças (Documento 49).
- MARQUES, P. A. A.; BASTOS, R. O. Uso de diferentes doses de hidrogel para produção de mudas de pimentão. **Revista "Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia"**, Paraná: v. 3, n. 2, 2010.
- 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.
- MARTINS, J. D.; CARLESSO, R.; KNIES, A. E.; OLIVEIRA, Z. B. de.; BROETTO, T.; RODRIGUES, G. J. Potencial hídrico foliar em milho submetido ao déficit hídrico. **Irriga**, Botucatu: v. 15, n. 3, p. 324-334, 2010.

- MEDINA, C. L.; MACHADO, E. C.; PINTO, J. M. Fotossíntese de laranja 'Valência' enxertada sobre quatro porta-enxertos e submetida à deficiência hídrica. **Bragantia**, Campinas: v. 57, n. 1, p. 1-14, 1998.
- 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.
- MORAIS, W. W. C.; SUSIN, F.; VIVIAN, M. A.; ARAÚJO, M. M. Influência da irrigação no crescimento de mudas de *Schinus terebinthifolius*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo: v. 32, n. 69, p. 23-28, 2012.
- MOREIRA, L. G.; VIANA, T. V. de A.; MARINHO, A. B.; NOBRE, J. G. A.; LIMA, A. D.; ALBUQUERQUE, A. H. P. Efeitos de diferentes lâminas de irrigação na produtividade da mamoneira variedade IAC Guarani. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife: v. 4, n. 4, p. 449-455, 2009.
- NASCIMENTO, H. H. C. do.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; SILVA, E. C. da.; SILVA, M. A. da. Análise do crescimento de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) em diferentes níveis de água no solo. **Revista Árvore**, Viçosa: v. 35, n. 3, p. 617-626, 2011.
- OLIVEIRA, M. A. J. de.; BOVI, M. L. A.; MACHADO, E. C.; GOMES, M. M. de A.; HABERMANN, G.; RODRIGUES, J. D. Fotossíntese, condutância estomática e transpiração em pupunheira sob deficiência hídrica. **Scientia Agrícola**, Piracicaba: v. 59, n. 1, p. 59-63, 2002.
- OLIVEIRA, R. A.; TAGLIAFERRE, C.; SEDIYAMA, G. C.; MATERAM, F. J. V.; CECON, P. R. Desempenho do irrigômetro na estimativa da evapotranspiração de referência. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande: v. 12, n. 2, p. 166-173, 2008.
- PENCHEL, R. M. **Recomendação técnica-experimental do padrão de qualidade de mudas clonais expeditas de eucalipto**. Relatório Técnico, Documento ARCEL/CPT-P2005-05-2006, 21 de novembro de 2006, Tecnologia/ Fibria Celulose S.A., Aracruz, 2006. 5p.
- PENCHEL, R. M.; SILVA, D. A. da; ABAD, J. M.; MAFIA, R. G.; CASTRO, R. **Recomendação técnico-operacional do padrão de qualidade de mudas clonais de eucalipto**: Instrução Normativa da Aracruz Celulose, Documento CPT-P2005-05-2007, 7 de dezembro de 2007. 8 p.
- PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478p.
- PINTO, S. I. do C.; FURTINI NETO, A. E.; NEVES, J. C. L.; FAQUIN, V.; MORETTI, B. da S. Eficiência nutricional de clones de eucalipto na fase de mudas cultivados em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa: v. 35, n. 2, p. 523-533, 2011.

PIRES, R. C. de M.; ARRUDA, F. B.; SAKAI, E.; CALHEIROS, R. de O.; BRUNINI, O. Agricultura Irrigada. **Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária**, São Paulo: v. 1, n. 1, p. 98-111, 2008.

PIVETTA, C. R.; HELDWEIN, A. B.; MALDANER, I. C.; RADONS, S. Z.; TAZZO, I. F.; LUCAS, D. D. Evapotranspiração máxima do pimentão cultivado em estufa plástica em função de variáveis fenométricas e meteorológicas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande: v. 14, n. 7, p. 768-775, 2010.

PIVETTA, C. R.; HELDWEIN, A. B.; TAZZO, I. F.; MALDANER, I. C.; DALBIANCO, L.; STRECK, N. A.; MACHADO, R. M. A. Evapotranspiração máxima do tomateiro sob estufa plástica em função de variáveis fenométricas e meteorológicas. **Bragantia**, Campinas: v. 70, n. 3, p.707-714, 2011.

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.

RAMOS, F. A. D.; SODRÉ, G. A. Efeito do hidrogel no crescimento de mudas de cacauzeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO CACAU, 3., 2012, Bahia, BA. **Anais ...** Bahia, BA: Fundação Pau Brasil, 2012.

RAMOS, K. A. **Instruções para preparo do substrato** [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <daniele.rodriguesgomes@yahoo.com.br>. Em 23 de jul. de 2012.

REIS, B. E. dos.; PAIVA, H. N. de.; BARROS, T. C.; FERREIRA, A. L. CARDOSO, W. da C. Crescimento e qualidade de mudas de jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Allemão ex Benth.) em resposta à adubação com potássio e enxofre. **Ciência Florestal**, Santa Maria: v. 22, n. 2, p. 389-396, 2012.

REIS, E. F. dos. **Agricultura irrigada**. Alegre, ES: CCA/ UFES, 28 set. 2011. 28p. (Nota de aula)

RIGO, M. M.; XAVIER, T. M. T.; MARTINS, C. A. da S.; CARACINI, G. U.; REIS, E. F. dos. Desempenho de um sistema de irrigação por microaspersão na cultura de *Citrus sinensis* L. Osbeck cv. folha murcha. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia: v. 7, n. 12, 2011.

RODA JUNIOR, R.; LUZ, J. M. Q.; SEVERINO, G. M.; SILVA, F. C.; MARCUZZO, K. V. Produção de mudas de alface sob diferentes lâminas d água e doses do condicionador de solo Aquasorb. In: 42 CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 42., 2002, Uberlândia, MG. **Anais ...** Horticultura Brasileira. Brasília: SOB, 2002, v. 20, p. 1-5.

RODRIGUES, S. B. S.; MANTOVANI, E. C.; OLIVEIRA, R. A. de.; PAIVA, H. N. de.; ALVES, M. E. B. Necessidades hídricas de mudas de eucalipto na região centro-oeste de Minas Gerais. **Irriga**, Botucatu: v. 16, n. 2, p. 212-223, 2011.

ROZA, F. A. **Alterações morfofisiológicas e eficiência de uso da água em plantas de *Jatropha curcas* L., submetidas à deficiência hídrica.** Ilhéus: UESC, 2010, 81 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, BA, 2010.

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

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). Disponível em: <<http://www.cesnors.ufsm.br/professores/adrisalamoni/FISIOLOGIA%20AGRONOMIA%202012.pdf>>. Acesso em: 07 jan. 2013.

SANTOS, S. S. dos.; NASCIMENTO, H. H. C. do.; SANTOS, S. S. dos.; MANSUR, R. J.; NOGUEIRA, C. Avaliação do potencial hídrico foliar em mudas de feijão submetidas à restrição hídrica no solo. In: JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 10., 2010, Recife. **Anais...** Recife: UFRPE, 2010.

SCHOLANDER, P. F.; HAMMEL, H. T.; BRADSTREET, E. D. Sap pressure in vascular plants. **Science**, v. 148, p. 339-346, 1965.

SILVA, V. A.; ANTUNES, W. C.; GHUIMARÃES, B. L. S.; PAIVA, R. M. C.; SILVA, V. de F.; FERRÃO, M. A. G.; DaMATTA, F. M.; LOUREIRO, M. E. Resposta fisiológica de clone de café Conilon sensível à deficiência hídrica enxertado em porta-enxerto tolerante. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília: v. 45, n. 5, p. 457-464, 2010.

SILVA, W. da.; SEDIYAMA, T.; SILVA, A. A. da. Índice de consumo e eficiência do uso da água em eucalipto, submetido a diferentes teores de água em convivência com braquiária. **Floresta**, Curitiba: v. 34, n. 3, p. 325-335, 2004.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal.** 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004, 719 p.

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.

TATAGIBA, S. D.; PEZZOPANE, REIS, E. F. dos.; PENCHEL, R. M. Desempenho de clones de eucalipto em resposta a disponibilidade de água no substrato. **Reveng**, Viçosa: v. 13, n. 1, p. 179-189, 2009.

- TORRES, H. **Determinação da água facilmente disponível para mudas de eucalipto em condições de viveiro**. Alegre: UFES, 2012. 53 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, ES, 2012.
- TRAZZI, P. A.; CALDEIRA, M. V. W.; COLOMBI, R.; GONÇALVES, E. O. Qualidade de mudas de *Murraya paniculata* produzidas em diferentes substratos. **Floresta**, Curitiba: v. 42, n. 3, p. 621-630, 2012.
- VALE, G. F. R. do.; CARVALHO, S. P. de.; PAIVA, L. C. Avaliação da eficiência de polímeros hidroretentores no desenvolvimento do cafeeiro em pós-plantio. **Coffee Science**, Lavras: v. 1, n. 1, p. 7-13, 2006.
- VERVLOET FILHO, R. H. **Utilização de hifrorretentor em substrato semi-saturado na produção de mudas de eucalipto**. Jerônimo Monteiro, ES: UFES, 2011. 91 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2011.
- XAVIER, A.; SANTOS, G. A. dos.; WENDLING, I.; OLIVEIRA, M. L. de. Propagação vegetativa de cedro-rosa por miniestaquia. **Revista Árvore**, Viçosa: v. 27, n. 2, p. 139-143, 2003.
- XAVIER, A.; WENDLING, I.; SILVA, R. L. da. **Silvicultura clonal: princípios e técnicas**. Viçosa: UFV, 2009. 272p.
- 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.; DUTRA, L. F. **Produção de mudas de eucalipto**. Colombo: Embrapa Florestas, 2010. 184p.
- WENDLING, I.; FERRARI, M. P.; DUTRA, L. F. Produção de mudas de corticeira-do-mato por miniestaquia a partir de propágulos juvenis. **Embrapa Florestas**: Colombo, 2005. (Comunicado Técnico, 130)
- WENDLING, I.; GATTO, A. **Substratos, adubação e irrigação na produção de mudas**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2002.
- WENDLING, I.; GUASTALA, D.; DEDECEK, R. Características físicas e químicas de substratos para produção de mudas de *Ilex paraguariensis* St. Hil. **Revista Árvore**, Viçosa: v. 31, n. 2, p. 209-220, 2007.
- ZONTA, J. H.; BRAUN, H.; REIS, E. F. dos.; PAULUCIO, D.; ZONTA, J. B. Influência de diferentes turnos de rega e doses de hidroabsorvente no desenvolvimento inicial da cultura do café conillon (*Coffea canephora* PIERRE). **IDESIA**, Chile: v. 27, n. 3, p. 29-34, 2009.

APÊNDICE

APÊNDICE 1- Preparo do substrato

O preparo do substrato contendo hidrorretentor seguiu a metodologia proposta por Ramos (2012).

Antes da realização da mistura dos componentes do substrato, houve a hidratação do hidrorretentor por 30 minutos (Figura 14A e 14B). A adição do hidrorretentor ao substrato procedeu-se pela parte superior do misturador, com a seguinte sequência:

1. Fibra de coco;
2. Adubação de base;
3. Hidrorretentor;
4. Vermiculita, e
5. Palha de arroz carbonizada.

Nos tratamentos com uso de hidrorretentor foram utilizados 330g do produto hidratado em 30L de água, para um volume operacional do misturador de 666L. O acréscimo de 10L de água na mistura foi necessário, após avaliação do substrato pelo operador do equipamento. A umidade no substrato é importante para melhor compactação do mesmo durante o processo de preenchimento dos tubetes.



Figura 14. Hidratação do polímero hidrorretentor, (A) Adição de 330 g do hidrorretentor a 30L de água e (B) Hidrorretentor hidratado após 30 minutos.

APÊNDICE 2 - Características do hidrorretentor

O hidrorretentor utilizado apresenta estrutura sólida com grânulos médios, menores que um milímetro, seco, de cor branca a levemente amarelados. É um copolímero poliacrilato de potássio, com 18% K expresso como K_2O (EVONIK, s.d.).

Em contato com água, o hidrorretentor entumece e forma um gel com fluídos aquosos. A capacidade de retenção de água (CRA) após uma hora de hidratação em água destilada é de 200-280 mililitros de água por grama de hidrorretentor (mL/g), sendo destes 95% de água disponível à planta. A capacidade de troca catiônica – CTC ($m.mol\ dm^{-3}$) varia de 3.100 a 5.300 conforme condições ambientais do solo (LOPES, 2012). Segundo informações do mesmo autor, quanto às condições de uso do hidrorretentor, o mesmo determina que a temperatura do solo deva estar entre 21 a 100 °C, com pH entre 7,0 - 8,0. A efetividade do produto no solo é de até 3 anos.

APÊNDICE 3 – Calibração do sensor WET-02

a) Substrato sem hidrorretentor

Adição de água %	EB	Peso do substrato	Água mL/L
0	1,8	0,0452	0,000
10	4,7	0,0702	0,025
20	8,0	0,0952	0,050
30	15,4	0,1202	0,075
40	22,1	0,1452	0,100
50	28,8	0,1702	0,125
60	42,0	0,1952	0,150
70	56,3	0,2202	0,175
80	72,7	0,2452	0,200
90	76,4	0,2702	0,225
100	80,0	0,2952	0,250

EB= valor registrado pelo sensor WET.

Valores em negrito utilizados para o cálculo dos coeficientes β_0 e β_1 .

b) Substrato com hidrorretentor

Adição de água %	EB	Peso do substrato	Água mL/L
0	1,8	0,0413	0,000
10	4,9	0,0463	0,025
20	8,7	0,0963	0,050
30	16,0	0,1213	0,075
40	21,5	0,1463	0,100
50	28,5	0,1713	0,125
60	43,8	0,1963	0,150
70	54,2	0,2213	0,175
80	71,4	0,2463	0,200
90	73,9	0,2713	0,225
100	78,8	0,2963	0,250

Nota: EB= valor registrado pelo sensor WET

Valores em negrito utilizados para o cálculo dos coeficientes β_0 e β_1

APÊNDICE 4 – Análise da variância (ANOVA)

O teste F ao nível de 5% de significância foi utilizado para a análise de variância e à comparação das médias foi aplicado o teste de Tukey, Tabelas 12, 13 e 14.

Tabela 12. Análise de variância das variáveis: teor de água do substrato, altura e diâmetro avaliando o efeito entre os fatores lâmina de irrigação, hidrorretentor e épocas e suas interações

ANOVA				
		Teor de água no substrato	Altura	Diâmetro
Fonte de Variação	GL	QM	QM	QM
Lâmina	2	1.094,634*	30,0912*	0,3091*
Resíduo (A)	9	0,6698	7,0914	0,0609
Parcela	11			
Hidrorretentor	1	81,6828*	27,6596*	0,0138 ^{ns}
Lâm. x Hidro.	2	6,3061*	15,5216*	0,0628 ^{ns}
Resíduo (B)	9	0,5324	2,2275	0,0458
Subparcela	23			
Época	2	210,555*	578,0874*	5,5712*
Lâm. x Époc.	4	37,5028*	10,2808*	0,1183*
Hidro. x Époc.	2	2,6488 ^{ns}	0,4604 ^{ns}	0,0049 ^{ns}
Lâm. x Hidro. x Époc.	4	11,5157*	0,1375 ^{ns}	0,0097 ^{ns}
Resíduo (C)	36	1,4868		0,0107
Total		71	95	95
Média geral				
Coef. de Variação		6,7256	5,2756	4,3015

Nota: * significativo e ^{ns} não significativo, a 5% de probabilidade.

Tabela 13: Análise de variância das variáveis, massa seca da parte aérea e massa seca da raiz avaliando o efeito entre os fatores lâmina de irrigação, hidrorretentor e épocas e suas interações

ANOVA			
FV	GL	Massa Seca da Parte	Massa Seca da
		Aérea	Raiz
		QM	QM
Lâmina	2	1,8202*	0,2192*
Resíduo (A)	9	0,0002	0,00009
Parcela	11		
Hidrorretentor	1	0,0378*	0,0228*
Lâm. x Hidro.	2	0,0567*	0,033*
Resíduo (B)	9	0,0002	0,0001
Subparcela	23		
Época	2	6,1422*	0,8363*
Lâm. x Époc.	4	0,4354*	0,0704*
Hidro. x Époc.	2	0,004*	0,0052*
Lâm. x Hidro. x Époc.	4	0,0116*	0,0125*
Resíduo (C)	36	0,0003	0,00006
Total	71		
Média geral			
Coef. de Variação		1,9145	2,4157

Nota: * significativo e ^{ns} não significativo, a 5% de probabilidade.

Tabela 14: Análise de variância das variáveis potencial hídrico as 07h30min e as 14h00min avaliando o efeito entre os fatores lâmina de irrigação, hidrorretentor e épocas e suas interações

ANOVA			
		Potencial hídrico 07h30min	Potencial hídrico 14h00min
Fonte de Variação	GL	QM	QM
Lâmina	2	41,3437*	0,0729*
Resíduo (A)	9	0,1181	0,9479
Parcela	11		
Hidrorretentor	1	46,7222*	0,4201*
Lâm. x Hidro.	2	26,5868*	6,0868*
Resíduo (B)	9	0,2431	0,809
Subparcela	23		
Época	2	3,2187*	1,7917*
Lâm. x Époc.	4	0,9687*	1,9896*
Hidro. x Époc.	2	4,1076*	3,0972*
Lâm. x Hidro. x Époc.	4	1,4409*	1,9514*
Resíduo (C)	36	0,2743	0,2812
Total	71		
Média geral			
Coef. de Variação		6,2227	4,3072

Nota: * significativo e ^{ns} não significativo, a 5% de probabilidade.

ANEXO

