

**PRODUÇÃO DE MUDAS CLONAIIS DE *Eucalyptus* spp. COM
POLÍMERO HIDRORETENTOR INCORPORADO AO
SUBSTRATO**

GLAUCE TAÍS DE OLIVEIRA SOUSA AZEVEDO

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

**FACULDADE DE TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UnB**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

**PRODUÇÃO DE MUDAS CLONAIIS DE *Eucalyptus* spp. COM
POLÍMERO HIDRORETENTOR INCORPORADO AO
SUBSTRATO**

GLAUCE TAÍS DE OLIVEIRA SOUSA AZEVEDO

ORIENTADOR: ANDERSON MARCOS DE SOUZA

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS**

PUBLICAÇÃO: PPGEFL. DM - 231/2014

BRASÍLIA/DF: FEVEREIRO - 2014

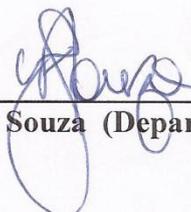
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

PRODUÇÃO DE MUDAS CLONAIS DE *Eucalyptus* spp. COM POLÍMERO
HIDRORETENTOR INCORPORADO AO SUBSTRATO

GLAUCE TAÍS DE OLIVEIRA SOUSA AZEVEDO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS, DO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL, DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE.

APROVADA POR:



Prof. Dr. Anderson Marcos de Souza (Departamento de Engenharia Florestal, UnB);
(Orientador)



Prof. Dr. Renato Vinícius Oliveira Castro (Departamento de Engenharia Florestal, UnB);
(Examinador interno)



Prof. Dr. Ivar Wendling (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA-PR);
(Examinador externo)

Prof. Dr. Sabina Cerruto Ribeiro (Departamento de Engenharia Florestal, UnB);
(Examinador suplente)

Brasília, 27 de fevereiro de 2014.

A994p Azevedo, Glauce Taís de Oliveira Sousa.
Produção de mudas clonais de *Eucalyptus* spp. com polímero hidrorretentor incorporado ao substrato / Glauce Taís de Oliveira Sousa Azevedo. -- 2014.
xiv, 60 f. : il. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) - Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Florestal, 2014.

Inclui bibliografia.

Orientação: Anderson Marcos de Souza.

1. Eucalipto. 2. Mudas. 3. Irrigação. I. Souza, Anderson Marcos de. II. Título.

CDU 633.878.91

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

AZEVEDO, G. T. O. S. 2014. **Produção de mudas clonais de *Eucalyptus* spp. com polímero hidrorretentor incorporado ao substrato.** Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais, Publicação PPGEFL.DM-231/2014. Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 60 f.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTORA: Glauce Taís de Oliveira Sousa Azevedo

TÍTULO: Produção de mudas clonais de *Eucalyptus* spp. com polímero hidrorretentor incorporado ao substrato.

GRAU: Mestre

ANO: 2014

É concedido à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

Glauce Taís de Oliveira Sousa Azevedo
gtosousa@gmail.com

Aos meus pais, Costinha e Júnia
e ao meu amor, Gileno.
DEDICO.

AGRADECIMENTOS

A Deus, porque até aqui tem me sustentado;

Ao meu esposo Gileno pela companhia e inesgotável ajuda em todas as fases desse trabalho, merecedor de um título de “*Co-mestrado*”. Obrigado pelo amor, carinho, amizade, compreensão, paciência ...;

A toda a minha família. Especialmente, aos meus pais Costinha e Júnia, pelo amor e apoio ao longo de toda minha vida, ao meu irmão Emerson, pela amizade, e aos meus sogros Kito e Terezinha, pelo carinho e apoio;

A Universidade de Brasília e ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, pelo curso oferecido e por todo saber transmitido;

Ao professor Anderson, pela orientação durante o mestrado, pelo suporte, paciência, amizade e confiança;

Ao Sr. Walter do viveiro ViaVerde Florestal, em Abadiânia-GO, por ter nos recebido de braços abertos e por ter disponibilizado toda a estrutura e os insumos do viveiro para a realização deste trabalho;

Aos Professores Reginaldo, Renato, Alba e Eraldo pela amizade e contribuição para meu aprendizado;

Aos ilustres amigos da Secretaria da Pós-Graduação do Departamento de Engenharia Florestal da UnB, pelo apoio e o inesgotável auxílio acadêmico: Pedro e Chiquinho.

Aos amigos Tita, Patrícia e Luduvico, pela grande amizade que formamos durante o curso e pelas preciosas ajudas nas coletas de dados;

A Pedro Henrique, Fabiana, Ronaldo (motorista), Sebastião (FAL), pela amizade e ajuda durante a coleta dos dados;

Aos amigos Tangriene, Henrique, Ângela, Josiane, Márcia, Milton, Silvia, Lamartine, Derli, Marina e Pierre pela parceria nesse período de mestrado;

A minha amiga-irmã Lorena Santos, pela preciosa amizade, confiança, torcida e apoio em todas as etapas de minha vida;

Aos amigos Helane, Siléia e Alcides pela grande amizade por toda a vida;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), por ter disponibilizado a bolsa de mestrado;

Aos membros da banca, pelas preciosas contribuições e sugestões;

A todos que, diretamente ou indiretamente, contribuíram comigo nessa jornada.

Muito obrigado a todos!

RESUMO

PRODUÇÃO DE MUDAS CLONAIS DE *Eucalyptus* spp. COM POLÍMERO HIDRORETENTOR INCORPORADO AO SUBSTRATO

Autor: Glauce Taís de Oliveira Sousa Azevedo

Orientador: Prof. Dr. Anderson Marcos de Souza

Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais

Brasília, Fevereiro de 2013.

A água é um dos fatores primordiais para a propagação vegetativa e para a formação de mudas, devendo ser utilizada em quantidade e de maneira adequada, a fim de garantir altas taxas de enraizamento das miniestacas, bem como a produção de mudas de qualidade. Nos viveiros florestais, o manejo da irrigação é geralmente realizado de forma empírica, com base em observações visuais de sintomas de déficit hídrico, o que pode ocasionar o desperdício de água. Uma alternativa para aumentar a retenção de água pelo substrato, otimizar o uso da água e possibilitar a diminuição da quantidade de água utilizada na irrigação do viveiro, é a utilização de polímero hidrorretentor incorporado ao substrato. Dessa forma, o presente estudo teve por objetivo avaliar o efeito da utilização do polímero hidrorretentor incorporado ao substrato no enraizamento e qualidade de mudas de três clones de eucalipto (AEC 0144, GG100 e VM01), bem como verificar se a utilização desse produto permite reduzir a quantidade de água utilizada durante o processo de produção das mudas. O estudo foi realizado em um viveiro florestal situado no município de Abadiânia, Goiás. As mudas foram produzidas em tubetes de 55 cm³, preenchidos com substrato comercial Agrofloc Trimx®. Antes do preenchimento dos tubetes, foram incorporadas ao substrato diferentes dosagens do polímero hidrorretentor da marca comercial ForthGel® (0, 1, 2, 3 e 4 g L⁻¹), em sua forma desidratada. Para avaliar o enraizamento, aos 25 dias após o estaqueamento (DAE), foram avaliados: número de raízes (NR); comprimento do sistema radicular (CSR); comprimento médio das raízes (CMR); diâmetro médio das raízes (DMR); massa seca das raízes (MSR); sobrevivência das miniestacas (SM); e enraizamento das miniestacas (EM). Foi considerado o delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos (dosagens) e cinco repetições de 10 mudas cada, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$). Também foi aplicada a análise de regressão ($\alpha = 0,05$) a fim de verificar a dosagem ideal do polímero para cada parâmetro. Aos 35 DAE, as mudas de cada clone foram transferidas para condição de pleno sol e submetidas a três diferentes lâminas de irrigação diária (6, 9 e 12 mm), em três aplicações, permanecendo nessas condições até o final do experimento. Para a avaliação da qualidade das mudas, aos 95 DAE, os parâmetros avaliados foram: altura da parte aérea (H); diâmetro do coleto (D); número de folhas (NF); massas secas da parte aérea (MSA), das raízes (MSR) e total (MST), bem como as relações entre as variáveis, como a altura da parte aérea e o diâmetro do coleto (H/D), massa seca da parte aérea e massa seca das raízes (MSA/MSR) e o índice de qualidade de Dickson (IQD). Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, com 15 tratamentos dispostos em esquema de parcelas subdivididas 3x5, com três lâminas diárias de irrigação nas parcelas e cinco dosagens do polímero hidrorretentor nas subparcelas, sendo consideradas cinco repetições, compostas por 8 mudas cada. Após a análise de variância, quando as interações entre os fatores foram significativas, procedeu-se a análise de variância da regressão múltipla. Nos casos em que a interação não foi significativa, os fatores isolados foram comparados pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$). Para o clone AEC 0144, a dosagem de 1 g L⁻¹ do polímero foi recomendada por proporcionar maior porcentual de enraizamento. O clone GG100 sofreu influência do

polímero, em relação a testemunha, apenas para a massa seca das raízes, sendo a dosagem de 1 g L^{-1} a recomendada. Já para o clone VM01, todos os parâmetros apresentaram diferenças significativas, com exceção da sobrevivência das miniestacas, indicando que a dosagem de 1 g L^{-1} proporcionou melhor enraizamento das miniestacas. Para os clones AEC 0144 e GG100, a dosagem de 2 g L^{-1} proporcionou a obtenção de mudas de maior qualidade, sendo possível reduzir a lâmina de irrigação em 25 %, sem afetar a qualidade das mudas. Já para o clone VM01, não foi verificada interação entre o polímero e a lâmina de irrigação, sendo a dosagem de 1 g L^{-1} e a lâmina de irrigação de 9 mm as mais indicadas. De acordo com os resultados obtidos no presente trabalho, a incorporação do polímero hidroretentor ao substrato mostrou-se uma alternativa promissora para a produção de mudas clonais de eucalipto, permitindo otimizar o uso da água no viveiro florestal.

Palavras-chave: Hidrogel, enraizamento, disponibilidade hídrica, redução de água.

ABSTRACT

PRODUCTION OF CLONAL SEEDLING OF *Eucalyptus* spp. WITH HYDROPHYLIC POLYMER INCORPORATED TO SUBSTRATE

Author: Glauce Taís de Oliveira Sousa Azevedo

Supervisor: Prof. Dr. Andeson Marcos de Souza

Postgraduate Programme in Forest Sciences

Brasília/DF, February, 2013.

Water is a primary factor for vegetative propagation and seedling formation and should be used in quantity and appropriately in order to ensure high rates of minicutting rooting, as well as production of quality seedlings. In forest nurseries, the irrigation management is usually carried out empirically, based on visual observations of symptoms of water deficit, which can lead to water wastage. An alternative to increase water retention by substrate, optimize the use of water and allow the reduction of the amount of water used in the irrigation of the nursery is to use hydrophylic polymer incorporated in the substrate. Thus, the present study aimed to evaluate the effect of using of the hydrophylic polymer incorporated in the substrate on rooting and quality of seedlings of three eucalypt clones (AEC 0144, GG100 and VM01) and verify that the use of the product reduces the amount of water used during the production of the seedlings. The study was conducted in a forest nursery in the city of Abadiânia, Goiás State, Brazil. The minicuttings were produced in plastic tubes of 55 cm³, filled with a commercial substrate Agrofloc Trimx®. Before filling the tubes, were incorporated in the substrate different dosages of the hydrophylic polymer (0; 1; 2; 3 and 4 g L⁻¹), in their dried form. To evaluate the rooting, at 25 days after cutting (DAE), were evaluated: number of roots (NR), length of the root system (CSR), average of root length (CMR), average of root diameter (DMR); dried mass of roots (MSR); survival of minicuttings (SM) and rooting of minicuttings (EM). Was considered a completely randomized design with five treatments (dosages) and five replicates, with 10 minicuttings each, being the means compared by Tukey test ($\alpha = 0.05$). Regression analysis ($\alpha = 0.05$) in order to determine the optimal dosage of the polymer for each parameter was also applied. At 35 DAE, the minicuttings of each clone were transferred to the condition of full sun and submitted to three different depths of daily irrigation (6, 9 and 12 mm), in tree applications, remaining under these conditions until the end of the experiment. For the evaluation of seedling quality, at 95 DAE, the parameters evaluated were: shoot height (H), root collar diameter (D), number of leaves (NF), aerial dry mass (MSA), root dry mass (MSR) and total dry mass (MST), and the ratios between variables, as shoot height and root collar diameter (H/D), dry mass of the aerial and dry mass of root (MSA/MSR) and Dickson Quality Index (IQD). A completely randomized design was used with 15 treatments arranged in a split plot 3x5 with three depths daily irrigation in the plots and five dosages of hydrophylic polymer in the subplots, considering five replicates, composed of 8 seedlings each. After analysis of variance, when interactions between factors were significant, was proceeded the analysis of variance of multiple regression. The isolated factors were compared by Tukey test ($\alpha = 0.05$), when the interaction was not significant. For the AEC 0144 clone, the dosage of 1 g L⁻¹ of the polymer was recommended to provide greater rooting. The GG100 clone was influenced by the polymer, compared to control, only for the parameters dry mass of root, with the dosage of 1 g L⁻¹ be recommended. As for the VM01 clone, all parameters showed significant differences, except survival of minicuttings, showing that doses of 1 g L⁻¹ resulted in better rooting of minicuttings. For the clones AEC 0144 and GG100, dosages of

2 g L⁻¹ provided the higher quality, being possible to reduce the water depth by 25% without affecting the quality of the seedlings. As for the clone VM01, no interaction between the polymer and irrigation depths was observed, and the dosage of 1 g L⁻¹ and the depth of 9 mm were the most indicated. According to the results obtained in this work, the incorporation of hydrophylic polymer in the substrate showed to be a promising alternative for the production of eucalypt clonal minicuttings, allowing to optimize the use of water at the nursery.

Keywords: Hydrogel, rooting, hydric disponibilization, water reduction.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	xii
LISTA DE FIGURAS	xiii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS	3
2.1 OBJETIVO GERAL.....	3
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
3. REFERENCIAL TEÓRICO	3
3.1 IRRIGAÇÃO E MANEJO DA ÁGUA	3
3.2 POLÍMERO HIDRORETENTOR	5
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	8
4. CAPÍTULO 1	14
ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS DE EUCALIPTO COM DIFERENTES DOSAGENS DE POLÍMERO HIDRORETENTOR INCORPORADO AO SUBSTRATO	
Resumo.....	14
Abstract	15
4.1 INTRODUÇÃO.....	16
4.2 MATERIAL E MÉTODOS	18
4.2.1 Localização do estudo	18
4.2.2 Sistema de produção das mudas	19
4.2.3 Parâmetros avaliados.....	20
4.2.4 Tratamentos e procedimentos estatísticos	21
4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
4.4. CONCLUSÕES.....	29
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29

5. CAPÍTULO 2	33
<p>PRODUÇÃO DE MUDAS CLONAIS DE EUCALIPTO COM DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E DOSAGENS DE POLÍMERO HIDRORETENTOR</p>	
Resumo.....	33
Abstract	34
5.1 INTRODUÇÃO.....	35
5.2 MATERIAL E MÉTODOS	37
5.2.1 Localização do estudo	37
5.2.2 Sistema de produção das mudas	37
5.2.3 Parâmetros avaliados	40
5.2.4 Tratamentos e procedimentos estatísticos	41
5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
5.3.1 Altura da parte aérea, diâmetro do coleto, relação H/D e número de folhas	43
5.3.2 Massa seca da parte aérea, das raízes, total e relação MSA/MSR	48
5.3.3 Índice de qualidade de Dickson	52
5.3.4 Discussão integrada dos parâmetros	54
5.4 CONCLUSÕES.....	55
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55
6. CONCLUSÕES GERAIS	60

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1. Valores médios para número de raízes (NR), comprimento do sistema radicular (CSR), comprimento médio das raízes (CMR), diâmetro médio das raízes (DMR), massa seca das raízes (MSR), sobrevivência das miniestacas (SM) e enraizamento das miniestacas (EM) de mudas de três clones de eucalipto, submetido a diferentes dosagens do polímero hidroretentor aos 25 dias após o estaqueamento. 23

CAPÍTULO 2

Tabela 1. Análise de variância para os parâmetros avaliados em mudas clonais de eucalipto aos 95 dias após o estaqueamento. 42

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

- Figura 1.** Preparo e instalação do experimento. A: Incorporação do polímero hidroretentor ao substrato; B: Tubetes preenchidos com o substrato; C: Minijardim clonal; D: Coleta e preparo das miniestacas; E: Estaqueamento; F: Disposição das bandejas na casa de vegetação. 20
- Figura 2.** Avaliação dos tratamentos. A: Retirada do substrato das raízes; B: Mensuração do diâmetro das raízes; C: Medição do comprimento das raízes; D: Obtenção da massa seca das raízes. 21
- Figura 3.** Curvas de regressão para o enraizamento de mudas do clone VM01. (a) Comprimento do sistema radicular (CSR) e (b) comprimento médio das raízes (CMR) 25 dias após o estaqueamento. 24
- Figura 4.** Curvas de regressão de massa seca das raízes (MSR) para os clones GG100 (a) e VM01 (b) aos 25 dias após o estaqueamento. 25
- Figura 5.** Curvas de regressão para as taxas de sobrevivência (a) e enraizamento (b) para o clone GG100 aos 25 dias após o estaqueamento. 27

CAPÍTULO 2

- Figura 1.** Preparo e Instalação do experimento. A: Incorporação do polímero hidroretentor ao substrato; B: Tubetes preenchidos com o substrato; C: Coleta e preparo das miniestacas; D: Acondicionamento das miniestacas durante a coleta; E: Estaqueamento; F: Disposição das bandejas na casa de vegetação; G: Disposição das bandejas na casa de sombra; H: Disposição das mudas em pleno sol; I: Mudas submetidas a diferentes lâminas de irrigação. 39
- Figura 2.** Avaliação dos tratamentos. A: Medição da altura a parte aérea; B: Mensuração do diâmetro do coleto; C: Retirada do substrato das raízes; D: Separação da parte aérea das raízes; E: Obtenção da massa seca das raízes. 40
- Figura 3.** Superfície de resposta em função da combinação entre as dosagens do polímero e as lâminas de irrigação. a) Altura da parte aérea do clone AEC 0144; b) Altura da parte aérea do clone GG100; c) Diâmetro do coleto do clone AEC 0144; d) Diâmetro do coleto do clone GG100; e) Relação altura/diâmetro do clone AEC 0144, aos 95 dias após o estaqueamento. 45
- Figura 4.** Resposta de mudas clonais de eucalipto aos fatores lâmina de irrigação e dosagens do polímero. Colunas pretas = Clone AEC 0144; colunas cinza = Clone GG100; colunas brancas = Clone VM01. Colunas da mesma cor seguidas pela mesma letra não se diferenciam pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$). 46

Figura 5. Superfície de resposta em função da combinação entre as dosagens do polímero e as lâminas de irrigação. a) Massa seca da parte aérea do clone AEC 0144; b) Massa seca da parte aérea do clone GG100; c) Massa seca das raízes do clone AEC 0144; d) Relação da massa seca aérea e massa seca das raízes do clone GG100; e) Massa seca total do clone AEC 0144; f) Massa seca total do clone GG100, aos 95 dias após o estaqueamento. 49

Figura 6. Resposta de mudas clonais de eucalipto aos fatores lâmina de irrigação e dosagens do polímero analisados separadamente. Colunas pretas = Clone AEC 0144; colunas cinza = Clone GG100; colunas brancas = Clone VM01. Colunas da mesma cor seguidas pela mesma letra não se diferenciam pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$). 50

Figura 7. Índice de qualidade de Dickson para mudas clonais de eucalipto. Resposta isolada dos fatores lâmina de irrigação (a) e dosagens do polímero (b) para mudas do clone GG100 (colunas cinza) e VM01 (colunas brancas). Superfície de resposta em função da combinação entre as dosagens do polímero e as lâminas de irrigação para o clone AEC 0144 (c). Colunas da mesma cor seguidas pela mesma letra não se diferenciam pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$). 53

1. INTRODUÇÃO

A forma desordenada de ocupação e exploração do Cerrado vem acarretando prejuízos sociais, econômicos e ambientais. Diante disso, surge a importância e a necessidade de desenvolver estratégias e técnicas de manejo que permitam a diminuição da pressão sofrida pelas áreas nativas. Uma alternativa é converter as áreas já degradadas em áreas de produção de base florestal madeireira, a fim de suprir a demanda pelo mercado consumidor, evitando assim novos desmatamentos.

Com a expansão acelerada da atividade florestal no Brasil, a região do Cerrado passou a ter maior destaque no processo de reflorestamento, devido principalmente, às condições edafoclimáticas e fisiográficas da região, por serem favoráveis ao estabelecimento de plantios comerciais de eucalipto (OLIVEIRA et al., 1998).

Porém, para que se atinja o êxito em um plantio florestal com altas produtividades, é necessária uma combinação de vários fatores, como escolha ideal de materiais genéticos adaptados ao local, condições edafoclimáticas favoráveis, manejo adequado da cultura e da qualidade das mudas a serem plantadas (WENDLING e DUTRA, 2010a). Estas, além de resistirem às condições adversas de campo, devem ser capazes de se desenvolver e exteriorizar todo o seu potencial de crescimento (MORGADO et al., 2000; WENDLING e DUTRA, 2010a), tornando o replantio uma prática dispensável, dada à pequena taxa de mortalidade verificada em campo e possibilitando a diminuição da frequência dos tratos culturais.

As características nas quais se baseiam as empresas florestais para a classificação e a seleção das mudas, principalmente, de eucalipto, com um padrão de qualidade desejável são: a altura entre 15 e 30 cm; o diâmetro do coleto com aproximadamente 2mm; o sistema radicular bem desenvolvido, com boa formação, sem enovelamento, com raiz principal reta, com raízes secundárias bem distribuídas e com boa agregação ao substrato; uma boa rigidez da haste; um bom aspecto fitossanitário, sem deficiências minerais, sem pragas e sem doenças (GOMES e PAIVA, 2004).

A avaliação do padrão de qualidade de mudas de espécies florestais está diretamente relacionada com os parâmetros medidos, sendo que a qualidade dessas depende principalmente da escolha acertada do recipiente a ser utilizado, do substrato e de sua adequada fertilização, das técnicas de produção e manejo, além do tempo gasto para a sua produção (GOMES, 2001).

Portanto, quando são empregadas técnicas eficientes no ciclo de produção das mudas no viveiro, mudas com qualidade superior são obtidas. Para o eucalipto, várias técnicas foram desenvolvidas e consolidadas, visando a obtenção da maior qualidade das mudas. Porém, devido a crescente demanda pela melhoria da qualidade das mudas produzidas nos viveiros florestais, cada vez mais tem se buscado o aperfeiçoamento dessas técnicas. Um dos fatores que geram grande preocupação nos viveiros florestais é a otimização do uso da água.

Uma vez que exerce papel essencial no desenvolvimento e qualidade das mudas, o manejo hídrico é uma das etapas a serem aprimoradas no ciclo de produção das mudas e, uma vez aplicada de forma adequada, pode refletir também em ganhos econômicos e ambientais (FERNANDES, 2011). Portanto, surge a necessidade de efetuar a irrigação em frequência e quantidade adequada para as mudas, durante as várias etapas de produção.

A fim de tentar reduzir a quantidade de água utilizada nos viveiros florestais, pesquisas recentes têm sido desenvolvidas com a utilização do polímero hidrotentor (hidrogel) incorporado ao substrato (RAMOS, 2012; MALDONATO-BENITEZ et al., 2012; GOMES, 2013). Por possuir grande capacidade de retenção e armazenamento de água, quando incorporado ao solo, esse produto aumenta a disponibilidade de água e nutrientes para as plantas, atuando como condicionador de solo (BALENA, 1998; AZEVEDO, 2000; AZEVEDO et al., 2002a; CORTÉS et al., 2007; CAMARA et al., 2011; BERNARDI et al., 2012)

O polímero hidrotentor libera a água gradativamente para as plantas, possibilitando assim, maiores intervalos entre irrigações (AZEVEDO et al., 2002b). Dessa forma, torna-se importante avaliar a contribuição desse produto na redução do consumo de água durante o processo de produção de mudas, tanto na etapa de enraizamento das miniestacas, quanto no desenvolvimento, buscando definir as quantidades e formas de aplicação mais indicadas, visando reduzir a quantidade de água utilizada no viveiro e o aumento da qualidade das mudas.

A dissertação foi estruturada em dois capítulos, conforme apresentado a seguir:

Capítulo 1: “Enraizamento de miniestacas de eucalipto com diferentes dosagens de polímero hidrotentor incorporado ao substrato”. Nesse estudo foi avaliada a influência de diferentes dosagens do polímero hidrotentor no enraizamento de miniestacas de três clones de eucalipto.

Capítulo 2: “Produção de mudas clonais de eucalipto com diferentes lâminas de irrigação e dosagens de polímero hidrotentor”. Mudas clonais de eucalipto, com

diferentes dosagens do polímero hidrotentor incorporado ao substrato, associada a diferentes lâminas de irrigação, foram avaliadas quanto a sua qualidade.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o efeito da utilização do polímero hidrotentor no enraizamento de miniestacas, na qualidade final das mudas e na otimização do uso da água durante a produção de mudas clonais de *Eucalyptus* spp. produzidas em viveiro.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar o efeito de diferentes dosagens do polímero hidrotentor incorporado ao substrato no enraizamento de miniestacas de três clones de *Eucalyptus* spp.;
- Avaliar a qualidade de mudas clonais de *Eucalyptus* spp. produzidas com diferentes dosagens do polímero hidrotentor incorporado ao substrato e diferentes lâminas de irrigação;
- Verificar se a utilização do polímero hidrotentor permite reduzir a quantidade de água utilizada durante o processo de produção das mudas.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 IRRIGAÇÃO E MANEJO DA ÁGUA

A água é um elemento essencial para a vida das plantas, constituindo a matriz e o meio onde ocorre a maioria dos processos bioquímicos essenciais à vida (TAIZ e ZEIGER, 2004). Esse recurso é fundamental na produção vegetal, constituindo de 80 a 90% do peso verde da maioria das plantas herbáceas e acima de 50% do peso verde de plantas lenhosas (KRAMER e BOYER, 1995). Na maioria das plantas terrestres, a água é continuamente perdida para a atmosfera e absorvida do solo (TAIZ e ZEIGER, 2004).

Para Sturion e Antunes (2000), a condição hídrica no solo mais favorável para o crescimento das plantas, é quando a água está disponível na quantidade adequada, dentro de uma zona ótima, que vai desde um pouco acima do ponto de murchamento até a capacidade de campo. Além da preocupação do suprimento ideal de água para as plantas,

está presente também a preocupação voltada em racionalizar e otimizar o consumo da água nas várias etapas da produção das culturas.

A atividade humana que demanda maior quantidade de água é a agricultura irrigada. A irrigação na agricultura, além de ser um seguro contra secas ou veranicos, constitui uma técnica que dá condições para que o material genético expresse, em campo, todo o seu potencial produtivo (HERNANDEZ, 2004).

No setor florestal, a água é necessária em todas as etapas de produção. Na etapa de produção das mudas, a irrigação se torna presente, sendo que, seu manejo adequado, é essencial para a formação das mudas, influenciando diretamente sobre o desenvolvimento e qualidade das mesmas (MORAIS et al., 2012). Porém, na maioria das vezes, é possível observar que em muitos viveiros, a irrigação é realizada de forma empírica, tendo como base experiências práticas e observações visuais dos sintomas de déficit hídrico, como a murcha das folhas. Em decorrência disso, a irrigação tende a ser realizada com maior frequência e intensidade, utilizando quantidades de água maiores do que realmente necessário.

Segundo Wendling e Dutra (2010b), a irrigação é um dos fatores de maior importância no viveiro, pois, tanto o excesso quanto a falta d'água, podem comprometer uma das fases de produção das mudas. Um mau planejamento e manejo irregular do fornecimento de água para as plantas pode causar perdas incalculáveis na produção e na qualidade das mudas (WENDLING e GATTO, 2002).

A falta de água durante o desenvolvimento das culturas leva ao estresse hídrico, além de diminuir a absorção de nutrientes (LOPES et al., 2005), afetando os processos vitais pelo decréscimo do potencial hídrico e, conseqüente inibição do processo de crescimento da planta (TAIZ e ZEIGER, 2004). Por outro lado, o excesso pode favorecer a lixiviação dos nutrientes solúveis, principalmente de nitrogênio e potássio, reduzir a aeração do substrato, dificultar o desenvolvimento das raízes, tornando-as vulneráveis aos danos de seca e também proporcionar um microclima favorável ao desenvolvimento de doenças (STURION e ANTUNES, 2000; LOPES et al., 2005; WENDLING e DUTRA, 2010b).

Devido ao baixo volume do substrato utilizado na produção de mudas, há uma maior necessidade de frequência de irrigação, quando comparados ao cultivo em solos, sendo necessário um maior controle da irrigação, prevenindo estresse hídrico na fase de crescimento (LOPES et al., 2005). A frequência e volume de água, portanto, deve ser

definida de acordo com o tipo de substrato usado e com cada etapa de formação da muda (WENDLING e GATTO, 2002; WENDLING e DUTRA, 2010b).

Com o propósito de definir a lâmina de água ideal na produção de mudas de eucalipto em diversas condições de manejo, vários estudos foram realizados. Lopes et al. (2007a), avaliando a qualidade de mudas de eucalipto produzidas sob diferentes lâminas de irrigação e dois tipos de substrato, constataram que todas as características morfológicas avaliadas foram influenciadas pelos substratos e pelas lâminas de irrigação aplicadas, sendo que aquelas de 12 e de 14 mm dia⁻¹ foram as que mais contribuíram para o desenvolvimento das mudas. Resultados semelhantes foram obtidos por Lopes et al. (2005), em que lâminas de 12 mm dia⁻¹ produziram mudas de eucalipto com maior qualidade. Ao avaliar a nutrição mineral de mudas de eucalipto produzidas sob diferentes lâminas de irrigação e substratos, Lopes et al. (2007b), observaram que houve influência das lâminas de irrigação e dos substratos no acúmulo dos nutrientes no sistema radicular e na parte aérea das mudas, e que as maiores lâminas de irrigação diária (10, 12 e 14 mm) registraram os maiores acúmulos de nutrientes.

Estudos relacionados à quantidade ideal de água utilizada durante a irrigação são de suma importância, uma vez que cada viveiro adota espécies, clones e manejos diferenciados, não devendo ser aplicada a irrigação de maneira empírica, pois pode gerar o desperdício de água, o que gera prejuízos econômicos e ambientais, principalmente em locais onde esse recurso é limitado. Portanto, é necessária também a busca por estratégias que permitam tanto a utilização na quantidade adequada, quanto a redução no consumo de água nos viveiros florestais

3.2 POLÍMERO HIDRORETENTOR

Uma das alternativas para contornar eventuais problemas e auxiliar no suprimento da demanda hídrica por diversas culturas é a utilização de polímeros agrícolas hidroretentores. O surgimento desse produto se deu na década de 1950 com baixa absorção de água (20 vezes a sua massa), mas em 1982 a capacidade de retenção de água atingiu 400 vezes a sua massa (AZEVEDO et al., 2002a). Albuquerque Filho (2009) cita que esses polímeros eram utilizados inicialmente como alternativa para a produção agrícola em regiões de clima árido. Posteriormente, a aplicação de polímeros tornou-se conhecida nas diferentes partes do planeta, sendo realizadas inúmeras pesquisas na área agrícola para comprovar sua eficiência (AZEVEDO et al., 2002a; EKEBAFE et al., 2011).

Os polímeros hidroretentores podem ser denominados também de super-absorventes, ou hidrogéis, e possuem a capacidade de armazenar centenas de vezes o seu peso em água, liberando-a gradativamente para as plantas, possibilitando assim, maiores intervalos entre irrigações, aumentando a disponibilidade de água no solo para as plantas (AZEVEDO, 2000; AZEVEDO et al., 2006; EKEBAFE et al., 2011; LANDIS e HAASE, 2012). Assim, são utilizados como um condicionador de solo, proporcionando-lhe melhoria nas propriedades físicas e hidráulicas (AZEVEDO et al., 2002a; EKEBAFE et al., 2011). A sua aparência é granular, de cor branca, formando um gel transparente quando hidratado (SANTONI et al., 2008). Existem três grupos distintos de polímeros, separados pela maneira de absorção, retenção e liberação de água, sendo que os polímeros utilizados para fins agrícolas pertencem ao grupo onde a água é acumulada por uma fraca ligação de hidrogênio, sendo liberada gradativamente ao longo do tempo (BALENA, 1998). A absorção de água em cada molécula do polímero é um processo químico, em que a água é absorvida e retida no produto devido à repulsão eletrostática que ocorre entre as cargas na estrutura do polímero e o mesmo se torna um gel (VARENNES et al., 1997). A água pode ser retirada do polímero por pressão de sucção realizada pelas raízes das plantas ou por evaporação atmosférica havendo, nesses casos, uma redução gradual do tamanho de suas partículas (COELHO et al., 2008).

Os hidrogéis podem ser de origem natural (derivado do amido) ou sintéticos (derivados do petróleo) (BALENA, 1998; LANDIS e HAASE 2012). Os mais frequentemente usados são os polímeros sintéticos propenamidas (originalmente denominados poliacrilamida ou PAM) e os co-polímerospropenamida-propenoato (originalmente conhecidos com poliacrilamida-acrilato ou PAA) (TERRACOTTEM, 1998; LANDIS e HAASE, 2012). As poliacrilamidas não são degradadas biologicamente e, uma vez aplicadas no solo, sofrem uma paulatina degradação ou dissociação por ação do cultivo, dos raios ultravioletas do sol e um contínuo fracionamento por meio dos implementos agrícolas (SZMIDT e GRAHAM, 1991).

O hidrogel agrícola de poliacrilamida é um produto sintético, derivado de petróleo, sendo o dióxido de carbono, a água e o amoníaco, os produtos finais da dissociação, não existindo, portanto, nenhum problema relacionado à toxicidade residual (AZEVEDO et al., 2002a; AZEVEDO et al., 2006). A capacidade de absorção desses polímeros é afetada pela sua composição química e física, bem como os fatores ambientais, como por exemplo, sais dissolvidos na solução da água circundante (LANDIS e HAASE 2012).

O principal uso desses polímeros tem sido para reter a água e fornecê-la para o crescimento das plantas, especialmente quando a irrigação não é fornecida, mas novos usos estão sendo continuamente descobertos (LANDIS e HAASE, 2012). A necessidade de otimizar a produção tem estimulado pesquisadores a buscarem técnicas alternativas para melhoria da produtividade e redução de custos. Neste contexto, os polímeros hidroretentores podem ser interessantes, atuando como reguladores da disponibilidade de água para as culturas, aumentando a produtividade local e minimizando os custos de produção (MENDONÇA et al., 2013).

Devido a isso, sua utilização na agricultura brasileira tem crescido nos últimos anos, principalmente na silvicultura, fruticultura, agricultura e na composição de substratos para produção de mudas (AZEVEDO et al., 2000; AZEVEDO et al., 2006). Na agricultura, o polímero hidroretentor foi testado em diversas culturas como o coentro (ALBUQUERQUE FILHO et al., 2009), o meloeiro (BERNARDI et al., 2005; DEMARTELAERE et al., 2009), o maracujazeiro (HAFLE et al., 2008; CARVALHO et al., 2013), cevada, trigo e grão-de-bico (AKHTER et al., 2004), brachiaria (DUSI, 2005), pimentão (TITTONELL et al., 2002; MARQUES e BASTOS, 2010), alface (MORAES et al., 2001), tangerina (CRUZ et al., 2008), amoreira (MOREIRA et al., 2010; MOREIRA et al., 2012), cafeeiro (AZEVEDO et al., 2002b; LIMA et al., 2003; MARTINS et al., 2004; MELLO et al., 2005; LOPES et al., 2010; FRANCHEMENT, 2012; MARQUES et al., 2013), tanto para avaliar sua influência em aumentar a produtividade e sobrevivência, como em reduzir a quantidade de água nas várias etapas de produção.

No setor florestal o polímero hidroretentor é amplamente empregado em condições de plantio de mudas no campo, sendo realizados diversos estudos, principalmente no que se refere à sobrevivência das mudas pós-plantio (SAVÉ et al., 1995; BUZETTO et al., 2002; SANTELICES, 2005; SARVAS et al., 2007; OLIVEIRA et al., 2008; AJALA, 2009; DRANSKI et al., 2010; BARBOSA et al., 2013; DRANSKI et al., 2013). Recentemente, na literatura, tem sido reportada a utilização desse produto em viveiros, incorporado ao substrato de produção de mudas florestais, como fator isolado, visando aumentar a qualidade das mudas, bem como interagindo com lâminas de irrigação com o intuito de reduzir a quantidade de água utilizada (GOMES, 2006; RODRIGUES, 2007; VERVLOET FILHO, 2011; MALDONATO-BENITEZ et al., 2012; BERNARDI et al., 2012; RAMOS, 2012; GOMES, 2013; SOUSA et al., 2013), gerando, muitas vezes resultados satisfatórios.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AJALA, M. **Efeito do volume do recipiente na formação de mudas e de hidrogel na implantação de *Jatropha curcas* L.** 2009. 57p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2009.

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

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

AZEVEDO, T. L. F. **Avaliação da eficiência do polímero agrícola de poliacrilamida no fornecimento de água para o cafeeiro (*Coffea arabica* L.) cv. Tupi.** 2000. 38p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2000.

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

AZEVEDO, T. L. F.; BERTONHA, A.; GONÇALVES, A. C. A. Uso de hidrogel na agricultura. **Revista do Programa de Ciências Agro-Ambientais**, v.1, n.1, p. 23-31, 2002a.

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

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

BARBOSA, T. C.; RODRIGUES, R. R.; COUTO, H. T. Z. Tamanhos de recipientes e o uso de hidrogel no estabelecimento de mudas de espécies florestais nativas. **Hoehnea**, v.40, n.3, p.537-556, 2013.

BERNARDI, A. C. C.; TAVARES, S. R. L.; SCHMITZ, A. A. Produção de Meloeiro utilizando um polímero hidrofílico em diferentes frequências de irrigação em casa de vegetação. **Revista Irriga**, v.10, n.1, p.82-87, 2005.

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

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

CAMARA, G. R.; REIS, E. F.; ARAÚJO, G. L.; CAZOTTI, M. M.; DONATELLI JÚNIOR, E. J. Avaliação do desenvolvimento do cafeeiro conilon robusta tropical mediante uso de polímeros hidrorretentores e diferentes turnos de rega. **Enciclopédia Biosfera**, v.7, n.13, p.135-141, 2011.

CARVALHO, R. P.; CRUZ, m. C. M.; MARTINS, L. M. Frequência de irrigação utilizando polímero hidroabsorvente na produção de mudas de maracujazeiro-amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.35, n.2, p.518-526, 2013.

COELHO, J. B. M.; BARROS, M. F. C.; CORREA, M. M.; WANDERLEY, R. A.; COELHO JÚNIOR, J. M.; FIGUEREDO, J. L. C. Efeito do polímero hidratassolo sobre propriedades físico-hídricas de três solos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.3, n.3, p.253-259, 2008.

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

DEMARTELAERE, A. C. F.; DUTRA, I.; ALVES, S. S. V.; TEÓFILO, T. M. S.; ALVES, S. V. utilização de polímero hidroabsorvente no meloeiro (*Cucumis melon* L.) SOB DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO. **Caatinga**, v.22, n.3, p.05-08, 2009.

DRANSKI, J. A. L. **Sobrevivência e crescimento inicial de pinhão-manso em função da época de plantio e do uso de hidrogel**. 2010. 57p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2010.

DRANSKI, J. A. L.; PINTO JUNIOR, A. S.; CAMPAGNOLO, M. A.; MALAVASI, U. C.; MALAVASI, M. M. Sobrevivência e crescimento do pinhão-manso em função do método de aplicação e formulações de hidrogel. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.5, p.537-542, 2013.

DUSI, D. M. **Efeito da adição do polímero hidrorretentor na eficiência da adubação nitrogenada no crescimento de *Brachiariade cumbens* cv. Basilisk, em dois diferentes substratos**. 2005. 83f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

EKEBAFE, L. O.; OGBEIFUN D. E.; OKIEIMEN, F. E. Polymer Applications in Agriculture. **Biokemistri**, v.23, n.2 p.81-89, 2011.

FERNANDES, S. J. O. **Influência de lâminas de irrigação no minijardim clonal na produção de mudas de eucalipto**. 2011. 68p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias). Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2011.

FRANCHEMENT, M. **Turnos de rega e doses de polímero hidrorretentor na formação de mudas de cafeeiro em tubetes e saquinhos**. 2012.46 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

GOMES, D. R. **Resposta de mudas clonais de eucalipto cultivadas com hidrorretentor em diferentes níveis de disponibilidade hídrica.** 2013. 89f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2013.

GOMES, E. C. **Avaliação de doses do polímero “hidratassolo” na produção de mudas de sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth) sob diferentes frequências de irrigação, em dois solos do cariri cearense.** 2006. 47f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2006.

GOMES, J. M. **Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*, produzidas em diferentes tamanhos de tubete e de dosagens de N-P-K.** 2001. 126 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. **Viveiros florestais (propagação sexuada).** Viçosa: Editora UFV, 2004.116p. (Caderno didático,72).

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

HERNANDEZ, F. B. T. **Manejo da irrigação.** 2004. Disponível em <<http://www.irrigaterra.com.br/manejo.php>>. Acesso em 13 de dezembro de 2013.

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

LANDIS, T. C.; HAASE, D. L. Applications of hydrogels in the nursery and during out planting. In: Haase, D. L.; Pinto, J. R.; Riley, L. E.; (Eds.). **National Proceedings: Forest and Conservation Nursery Associations 2011** Fort Collins, CO: USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 2012. p. 53-58.

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

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**, v.31, p.835-843, 2007a.

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

LOPES, J. L. W.; GUERRINI, I. A.; SAAD, J. C. C.; SILVA, M. R. Nutrição mineral de mudas de eucalipto produzidas sob diferentes lâminas de irrigação e substratos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.31, n.4, p.713-722, 2007b.

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

MALDONADO-BENITEZ, K. R.; ALDRETE, A.; LÓPEZ-UPTON, J.; VAQUERA-HUERTA, H.; CETINA-ALCALÁ, V. M. Producción de *Pinus greggii* Engelm. en mezclas de sustrato com hidrogel y riego, en vivero. **Agrociencia**, v.45, p. 389-398, 2011.

MARQUES, P. A. A.; BASTOS, R. O. Use of different doses of hidrogel for sweet pepper seedling production. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v.3 n.2, p.59-64, 2010.

MARQUES, P. A. A.; CRIPA, M. A. M.; MARTINEZ, E. H. Hidrogel como substituto da irrigação complementar em viveiro telado de mudas de cafeeiro. **Ciência Rural**, v.43, n.1, p. 1-7, 2013.

MARTINS, C. C.; REÍS, E. E.; BUSATO, C.; PEZZOPANE, J. E. M. Desenvolvimento inicial do cafeeiro conilon (*Coffea canephora pierre*) submetido a diferentes turnos de rega e doses de hidroabsorvente. **Engenharia na Agricultura**, v. 12, n.3, p.222-228, 2004.

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

MENDONÇA, T. G.; URBANO, V. B.; PERES, J. G.; SOUZA, C. F. Hidrogel como alternativa no aumento da capacidade de armazenamento de água no solo. **Water Resources and Irrigation Management**. v.2, n.2, p.87-92, 2013.

MMA (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE). **Biodiversidade do Cerrado e Pantanal: áreas e ações prioritárias para conservação**. Brasília: MMA, 2007. 540 p. (Série Biodiversidade 17)

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

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**, v. 32, n. 69, p.23-28, 2012.

MOREIRA, R. A.; RAMOS, J. D.; CRUZ, M. C. M.; VILLAR, L.; HAFLE, O. M. Ácido indolbutírico e polímero hidroabsorvente no enraizamento de estacas de amoreira-preta. **Scientia Agraria Paranaensis**, v.11, n.1, p.74-81. 2012.

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

MORGADO, I. F.; CARNEIRO, J. G. A.; LELES, P. S. S.; BARROSO, D. G. Nova metodologia de produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex. Maiden utilizando resíduos prensados como substrato. **Revista Árvore**, v.24, n.1, p.27-35, 2000.

OLIVEIRA, A. D.; LEITE, A. P.; BOTELHO, S. A.; SCOLFORO, J. R. S. Avaliação econômica da vegetação de cerrado submetida a diferentes regimes de manejo e de

povoamentos de eucalipto plantado em monocultivo. **Revista Cerne**, v.4, n.1, p.34-56, 1998.

OLIVEIRA, R. B.; LIMA, J. S. S.; SOUZA, C. A. M.; SILVA, S. A.; FILHO, S. M. Produção de mudas de essências florestais em diferentes substratos e acompanhamento do desenvolvimento em campo. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, n.1, p.122-128, 2008.

RAMOS, K. A. **Disponibilidade hídrica e hidrorretentores na produção de mudas clonais de eucalipto**. 2012. 69p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2012.

RODRIGUES, S. B. S. **Análise do uso da água em unidades de produção de mudas de eucaliptos**. 2007. 93p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

SANTELICES, R. Desarrollo de una plantación de *Eucalyptus globulus* establecida en primavera con diferentes tratamientos de riego. **Bosque**, v.26, n3, p.105-112, 2005.

SANTONI, N; MATOS, M.; MÜLLER-KARGER, C.; NICOLA, H.; SABINO, M; MÜLLER, A. Caracterización de hidrogeles de quitosano entrecruzados covalentemente congenipina. **Revista Iberoamericana de Polímeros**. v.9, n.3, 2008.

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

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

SOUSA, G. T. O.; AZEVEDO, G. B.; SOUSA, J. R. L.; MEWS, C. L. SOUZA, A. M. Incorporação de polímero hidroretentor no substrato de produção de mudas de *Anadenanthera peregrina* (L.) Speg. **Enciclopédia Biosfera**, v.9, n.16, p. 1270-1278, 2013.

STURION, J. A.; ANTUNES, J. B. M. Produção de mudas de espécies florestais. In: Galvão, A. P. M (Ed.). **Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais**. Colombo: Embrapa Florestas, 2000. p.125-150.

SZMIDT, R. A. K.; GRAHAM, N. B. The effect of poly (ethylene oxide) hydrogel on crop growth under saline condition. **Horticultural Acta**, v.287, p.211-218, 1991.

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

TERRACOTTEM. **Guia técnico 1.0**. Pinhais PR. 1998. 45p.

TITTONELL, P. A.; DE GRAZIA, J.; CHIESA, A. Adición de polímeros superabsorbentes en el medio de crecimiento para La producción de plantines de pimiento. **Horticultura Brasileira**, v.20, n.4, p.641-645, 2002.

VARENNE, A.; BALSINHAS, A.; CARQUEJA, M. J. Effects of two Na polymers on the hydrophysical and chemical properties of a sandy soil, and on plant growth and water economy. **Revista de Ciências Agrárias**, v.20, n.4, 1997.

VERVLOET FILHO, R. H. **Utilização de hidrorretentor em substrato semi-saturado na produção de mudas de eucalipto**. 2011. 91f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2011.

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

WENDLING, I.; DUTRA, L. F. Produção de mudas de eucalipto por estaquia e miniestaquia. In: WENDLING, I.; DUTRA, L. F. **Produção de mudas de eucalipto**. Colombo: Embrapa Florestas, 2010a.p. 50-80.

WENDLING, I.; DUTRA, L. F. Produção de mudas de eucalipto por sementes. In: WENDLING, I.; DUTRA, L. F. **Produção de mudas de eucalipto**. Colombo: Embrapa Florestas, 2010b. p. 13-48.

4. CAPÍTULO 1

ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS DE EUCALIPTO COM DIFERENTES DOSAGENS DE POLÍMERO HIDRORETENTOR INCORPORADO AO SUBSTRATO

Resumo

A água é um dos fatores primordiais para a propagação vegetativa, devendo ser utilizada em quantidade e de maneira adequada a fim de garantir altas taxas de enraizamento. Portanto, a incorporação de polímeros hidroretentores ao substrato de produção das mudas pode ser uma alternativa para otimizar o uso da água. Assim, o presente estudo objetivou avaliar os efeitos de dosagens do polímero hidroretentor no enraizamento de miniestacas de três clones de eucalipto (AEC 0144, GG100 e VM01). O estudo foi realizado em um viveiro florestal situado no município de Abadiânia, Goiás. As mudas foram produzidas em tubetes de 55 cm³, preenchidos com substrato comercial Agrofloc Trimx®. Foi incorporado ao substrato o polímero hidroretentor da marca comercial Forth Gel®, em sua forma desidratada, em diferentes dosagens, antes do preenchimento dos tubetes. Aos 25 dias após o estaqueamento, foram avaliados: número de raízes (NR); comprimento do sistema radicular (CSR); comprimento médio das raízes (CMR); diâmetro médio das raízes (DMR); massa seca das raízes (MSR); sobrevivência das miniestacas (SM); e enraizamento das miniestacas (EM). Foi considerado o delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos (dosagens) (T1 = 0 g L⁻¹ (testemunha); T2 = 1 g L⁻¹; T3 = 2 g L⁻¹; T4 = 3 g L⁻¹; T5 = 4 g L⁻¹), e cinco repetições de 10 miniestacas cada, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey ($\alpha=0,05$). Também foi aplicada a análise de regressão ($\alpha=0,05$) a fim de verificar a dosagem ideal do polímero para cada parâmetro. Para o clone AEC 0144, a dosagem de 1 g L⁻¹ do polímero foi recomendada por proporcionar maior porcentual de enraizamento. O clone GG100 sofreu influência do polímero, em relação a testemunha, apenas para a massa seca das raízes, sendo a dosagem de 1 g L⁻¹ a recomendada. Já para o clone VM01, todos os parâmetros apresentaram diferenças significativas, com exceção da sobrevivência das miniestacas, indicando que a dosagem de 1 g L⁻¹ proporcionou melhor enraizamento das miniestacas. A utilização do polímero hidroretentor incorporado ao substrato de produção das mudas mostrou-se favorável para a melhoria do enraizamento das miniestacas dos três clones avaliados, no entanto, a utilização de dosagens superiores a 2 g L⁻¹ podem influenciar negativamente no enraizamento.

Palavras-chave: Hidrogel, propagação vegetativa, viveiro florestal.

MINICUTTING ROOTING OF EUCALYPTUS WITH DIFFERENT DOSAGES OF THE HYDROPHYLIC POLYMER INCORPORATED IN THE SUBSTRATE

Abstract

Water is a primary factor for vegetative propagation, should be used in quantity and appropriately to ensure high rates of rooting. Therefore, the addition of hydrophylic polymers in the substrate of the seedlings production can be an alternative to optimize the use of water. Thus, the present study aimed to evaluate the effects of dosages of hydrophylic polymer on rooting of minicuttings of three clones of eucalypt (AEC 0144, GG100 and VM01). The study was conducted in a forest nursery in the municipality of Abadiânia, Goiás State, Brazil. The minicuttings were produced in plastic tubes of 55 cm³, filled with a commercial substrate Agrofloc Trimx ®. Before filling the tubes, were incorporated in the substrate different dosages of the hydrophylic polymer, of the trade mark Forth Gel®, in their dried form. At 25 days after cutting (DAE), were evaluated: number of roots (NR), length of the root system (CSR), average of root length (CMR), average of root diameter (DMR); dried mass of roots (MSR); survival of minicuttings (SM) and rooting of minicuttings (EM). Was considered a completely randomized design with five treatments (dosages) (T1 = 0 g L⁻¹ (control); T2 = 1 g L⁻¹; T3 = 2 g L⁻¹; T4 = 3 g L⁻¹; T5 = 4 g L⁻¹) and five replicates, with 10 minicuttings each, being the means compared by Tukey test ($\alpha = 0.05$). Regression analysis ($\alpha = 0.05$) in order to determine the optimal dosage of the polymer for each parameter was also applied. For the AEC 0144 clone, the dosage of 1 g L⁻¹ of the polymer was recommended to provide greater rooting. The GG100 clone was influenced by the polymer, compared to control, only for the parameters dry mass of root, with the dosage of 1 g L⁻¹ be recommended. As for the VM01 clone, all parameters showed significant differences, except survival of minicuttings, showing that dosage of 1 g L⁻¹ resulted in better rooting of minicuttings. The use of hydrophylic polymer incorporated in the substrate of the minicutting production was favorable for improving the rooting of minicuttings of the three evaluated clones, however, the use of doses more high than 2 g L⁻¹ can negatively influence rooting.

Keywords: Hydrogel, vegetative propagation, forest nursery.

4.1 INTRODUÇÃO

A silvicultura tem assumido posição de destaque no contexto da economia nacional brasileira, tornando-se uma atividade importante no setor agrário pela rentabilidade apresentada (BENIN et al., 2013). As espécies do gênero *Eucalyptus* são responsáveis pela maior área de florestas plantadas do país, ocupando uma área de 5,10 milhões de hectares no ano de 2012 (ABRAF, 2013). A produtividade média das florestas com esse gênero tem apresentado uma trajetória ascendente ao longo do tempo, principalmente, devido à combinação entre resultados alcançados com técnicas de melhoramento genético, o avanço das tecnologias e dos conhecimentos relacionados à sua propagação vegetativa (WENDLING e DUTRA, 2010a).

Atualmente, para a produção de mudas clonais de eucalipto, a miniestaquia é a técnica de propagação mais empregada, sendo adotada pela maioria dos médios e grandes produtores de empresas do setor florestal brasileiro (WENDLING e DUTRA, 2010a; BENIN et al., 2013). O desenvolvimento dessa técnica proporcionou ganhos consideráveis em relação à produção de mudas, principalmente no que se refere aos índices de enraizamento, melhoria do sistema radicial e da redução do tempo de formação da muda, influenciando diretamente em sua qualidade e, conseqüentemente, em seu desempenho em campo (TITON et al., 2003; ALFENAS et al., 2004).

A formação de raízes em estacas é um processo anatômico e fisiológico complexo, associado à desdiferenciação e ao redirecionamento do desenvolvimento de células vegetais totipotentes para a formação de meristemas que darão origem a raízes adventícias (ALFENAS et al., 2004; BORGES et al., 2011). Quando a dificuldade de enraizamento é constatada, a produção de mudas clonais nos viveiros se torna limitada, o que gera perdas no processo e requer uma maior área no viveiro para a produção do número de mudas desejado.

Ainda que as técnicas de micropropagação sejam bastante consolidadas, é observado na literatura diferenças em relação ao percentual de enraizamento das estacas/miniestacas entre as espécies de eucalipto, bem como entre clones de uma mesma espécie. Portanto, o sucesso ou fracasso da produção de mudas via enraizamento adventício depende do conhecimento sobre os efeitos dos fatores que afetam a formação das raízes (ALFENAS et al., 2004; CUNHA et al., 2009).

Entre os principais fatores que influenciam na formação e desenvolvimento das raízes, estão os reguladores de crescimento, balanço hormonal, condições nutricionais,

juvenildade dos brotos, injúrias, composição química e física do substrato e de fatores ambientais como luminosidade, temperatura e umidade (HIGASHI et al., 2000; ALFENAS et al., 2004; HARTMANN et al., 2011; KRATZ et al., 2012).

O substrato sobre o qual a miniestaca irá enraizar, deve apresentar, entre outras propriedades, aeração adequada e boa capacidade de retenção de água (ALFENAS et al., 2004; WENDLING e DUTRA, 2010b), sendo um elemento que afeta diretamente no enraizamento, pois tem a função de sustentar e permitir um bom suprimento de oxigênio e água para a base da estaca e para o desenvolvimento radicial (HARTMANN et al., 2011).

Na fase de indução e emissão de raízes, a falta de umidade causa a perda das estacas, já o excesso de água na fase de crescimento de raízes, pode provocar a morte das mudas enraizadas, aumentar a incidência de doenças e, conseqüentemente, reduzir o aproveitamento final das mudas (ALFENAS et al., 2004). O excesso pode dificultar ainda, a absorção de nutrientes pelas raízes em função das condições desfavoráveis de oxigenação (ANDRIOLO, 2004). Portanto, a água constitui em um dos fatores primordiais para a propagação vegetativa, devendo ser utilizada em quantidade e de maneira adequadas, a fim de garantir altas taxas de enraizamento.

Além da preocupação do suprimento ideal de água para a formação das mudas, está presente também a preocupação voltada a otimizar o seu consumo nas várias etapas da produção, inclusive na fase de enraizamento. Nesse contexto, a incorporação de polímeros hidroretentores ao substrato de produção das mudas pode ser uma das alternativas para alcançar essa otimização. Conhecido também como hidrogel, esse polímero é um produto sintético não tóxico, a base de poliacrilamida, derivado do petróleo, e apresenta capacidade de reter e armazenar centenas de vezes o seu peso em água (BALENA, 1998; AZEVEDO, 2000; AZEVEDO et al., 2002; AZEVEDO et al., 2006). Quando esse produto é incorporado ao solo, aumenta a disponibilidade de água e nutrientes para as plantas e, conseqüentemente, reduz as perdas por percolação e lixiviação de nutrientes, além de melhorar a aeração e drenagem do solo, sendo, portanto utilizado como condicionador de solo, melhorando o desenvolvimento do sistema radicular e da parte aérea das plantas (BALENA, 1998; AZEVEDO, 2000; AZEVEDO et al., 2002; CORTÉS et al., 2007; CAMARA et al., 2011; BERNARDI et al., 2012). Segundo Fonteno e Bilderback (1993), a capacidade de aproveitamento da água do polímero pelas plantas se dá pela superfície de contato das raízes com os grânulos do polímero hidratado.

A utilização do polímero hidroretentor tem crescido nos últimos anos, sendo empregado principalmente na silvicultura, fruticultura, agricultura e na composição de

substratos para produção de mudas. Na silvicultura, o uso desse produto ocorre principalmente no plantio das mudas no campo (BUZETTO et al., 2002; SARVAS et al., 2007; THOMAS, 2008; AJALA, 2009; OLIVEIRA et al., 2008; SAAD et al., 2009; PIEVE, 2012; DRANSKI et al., 2013; VENTUROLI et al., 2013), a fim de aumentar a sobrevivência das mudas pós-plantio, surgindo como uma alternativa para minimizar problemas vinculados à deficiência hídrica nessa fase (DRANSKI et al., 2013).

Apesar da principal utilização do polímero ser observada em campo, estudos recentes têm investigado o efeito da utilização desse produto incorporado ao substrato sobre a qualidade de mudas de algumas espécies florestais produzidas via sementes (MALDONADO-BENITEZ et al., 2011; BERNARDI et al., 2012; SOUSA et al., 2013) e por miniestaquia (VERVLOET FILHO, 2011; RAMOS, 2012; GOMES, 2013). De acordo com Bernardi et al. (2005), devido ao fato desse produto reter grandes quantidades de água, é oportuno testá-lo em diferentes culturas e condições edafoclimáticas, a fim de definir as quantidades e formas de aplicação mais adequadas.

Diante do exposto, torna-se importante avaliar a influência do polímero hidrorretentor na produção de mudas clonais de eucalipto, principalmente na etapa de enraizamento das miniestacas. Apesar de ser um produto que venha aumentar de alguma forma os custos no viveiro, não é um fator limitante, pois podem ser obtidos resultados satisfatórios no enraizamento com o uso de dosagens baixas (HAFLE et al., 2008; MOREIRA et al., 2010, MOREIRA et al., 2012; GOMES, 2013), além dos custos advindos da menor utilização da água.

Portanto, o presente estudo teve por objetivo avaliar os efeitos de diferentes dosagens do polímero hidrorretentor (0; 1; 2; 3 e 4 g L⁻¹) no enraizamento de miniestacas de três clones de eucalipto (AEC 0144, GG100 e VM01).

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1 Localização do estudo

O estudo foi realizado no viveiro de mudas clonais ViaVerde Florestal, no município de Abadiânia, estado de Goiás, localizado na rodovia BR 060, nas coordenadas 16°12'31" S e 48°44'26" W. O município está localizado a aproximadamente 90 km da capital do Estado de Goiás, e seu clima é do tipo Aw, segundo classificação de Köppen, caracterizado por duas nítidas estações: uma seca que dura de cinco a sete meses e outra

úmida, com período chuvoso. A precipitação varia de 1.300 a 2.000 mm. As temperaturas médias oscilam entre 22 e 26°C. Nos meses mais frios a média é de 20°C, enquanto nos mais quentes chegam a atingir 36°C (SEPLAN GO, 1994). O experimento foi conduzido no período seco, nos meses de junho a julho de 2013.

4.2.2 Sistema de produção das mudas

Três materiais genéticos foram utilizados para a produção das mudas, os clones AEC 0144 (*Eucalyptus urophylla* S. T. Blake, registro nº 21847), GG100 (*Eucalyptus urophylla* S. T. Blake, registro nº 21277) e VM01 (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. x *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake, registro nº 20766). Esses clones foram selecionados para o experimento devido ao fato de que diversos viveiros florestais trabalham com esses materiais, sendo os mesmos bastante empregados em plantios florestais.

Para a produção das mudas foram utilizados tubetes de 55 cm³, os quais foram preenchidos com substrato comercial Agrofloc Trimx®. Composto por vermiculita, casca de arroz carbonizada e fibra de coco, esse substrato, de acordo o fabricante, apresenta densidade de 90 a 170 Kg m³, partículas com diâmetros entre 0,15 e 8,0 mm e capacidade de retenção de água mínima de 60 %. Antes do enchimento dos tubetes foi incorporado ao substrato diferentes dosagens do polímero hidroretentor da marca comercial Forth Gel®, em sua forma desidratada (Figura 1). As dosagens utilizadas foram: sem o polímero; 1 g L⁻¹ de substrato; 2 g L⁻¹ de substrato; 3 g L⁻¹ de substrato; e 4 g L⁻¹ de substrato. As dosagens foram definidas após a realização de um teste preliminar, a fim de definir a dosagem máxima que poderia ser utilizada, para evitar que a expansão do polímero, ao absorver água, provocasse a expulsão do substrato do tubete. Foram incorporadas dosagens de 1 a 8 g L⁻¹ de substrato, variando de uma em uma grama e preenchidos os tubetes. O substrato então foi saturado e observado a partir de qual quantidade de polímero o mesmo foi expulso. Ficou definida então que a dosagem de 4 g L⁻¹ de substrato seria a máxima a ser utilizada.

As adubações foram realizadas seguindo o padrão adotado pelo viveiro, sendo a adubação de base composta por 1,0 kg de Yoorim Master + 0,5 kg de Super fosfato simples + 4 L da calda da mistura de nutrientes, para cada 100 L de substrato. As quantidades dos nutrientes utilizados para a formulação da calda utilizada na adubação de base foi composta por: 1,4 Kg de MAP, 0,9 Kg de KCl, 1,0 Kg de Yoorin, 1,0 Kg de Sulfato de Amônia, 1,4 Kg de Sulfato de Magnésio, 16,0 g de Ácido Bórico, 16,0 g de

Sulfato de Manganês, 2,8 g de Sulfato de Cobre, 3,2 g de Sulfato de Zinco, 100,0 g de Ferrilênio e 0,04g de Molibidato de Sódio, para 200 L de água.



Figura 1. Preparo e instalação do experimento. A: Incorporação do polímero hidrorretentor ao substrato; B: Tubetes preenchidos com o substrato; C: Minijardim clonal; D: Coleta e preparo das miniestacas; E: Estaqueamento; F: Disposição das bandejas na casa de vegetação.

As miniestacas dos três clones foram coletadas do minijardim clonal do viveiro, sendo este do tipo semi-hidropônico (canaletão). As brotações foram selecionadas e retiradas com 3 a 5 cm de comprimento, contendo em média dois pares de folhas, recortadas ao meio (WENDLING e DUTRA, 2010a). Durante a coleta das miniestacas, estas foram acondicionadas em isopor contendo água, a fim de manter sua turgidez. Em seguida, as miniestacas foram estaqueadas no substrato, e encaminhadas para a casa de vegetação para enraizamento, com temperatura em torno de 27 °C, com irrigação por sistema de nebulização automatizada para manter a umidade relativa do ar em torno de 80 %. As mudas permaneceram nessas condições até os 25 dias após o estaqueamento (DAE), quando foram realizadas as avaliações.

4.2.3 Parâmetros avaliados

A fim de avaliar a influência das diferentes dosagens do polímero no enraizamento das miniestacas, aos 25 DAE, foram mensurados os seguintes parâmetros:

número de raízes (NR); comprimento do sistema radicular (CSR) em centímetros; comprimento médio das raízes (CMR), em centímetros; diâmetro médio das raízes (DMR), em milímetros; massa seca das raízes (MSR), em gramas; sobrevivência das miniestacas (SM), em porcentagem; e enraizamento das miniestacas (EM), em porcentagem (Figura 2).



Figura 2. Avaliação dos tratamentos. A: Retirada do substrato das raízes; B: Mensuração do diâmetro das raízes; C: Medição do comprimento das raízes; D: Obtenção da massa seca das raízes.

Os parâmetros foram obtidos após a lavagem do sistema radicular para a retirada do substrato, sendo o número de raízes obtido a partir da contagem direta das raízes, maiores que 1 cm, emitidas da miniestaca; o comprimento do sistema radicular (cm) foi medido, com auxílio de uma régua, a partir da emissão das raízes na estaca até o fim da maior raiz emitida; o comprimento médio das raízes (cm) foi obtido a partir da medição de cada raiz maior que 1 cm, e dividido pelo número de raízes emitidas; o diâmetro médio das raízes (mm) foi obtido com o auxílio de um paquímetro digital, da marca Eletronic Digital Caliper, com precisão de 0,01 mm, medindo-se o diâmetro na metade do comprimento da raiz e dividido pelo número de raízes emitidas; a massa seca da raiz (g) foi determinada com auxílio de balança eletrônica de precisão de 0,001 g, após a secagem do material em estufa à 75°C, até obtenção da massa seca constante (BÖHM, 1979); a sobrevivência das miniestacas (%) foi obtida através da contagem direta das miniestacas vivas; e o enraizamento das miniestacas (%) foi obtido através da contagem direta das miniestacas enraizadas.

4.2.4 Tratamentos e procedimentos estatísticos

Para a avaliação do enraizamento aos 25 DAE, o experimento foi implantado no delineamento inteiramente casualizado (DIC), com cinco tratamentos, os quais testaram

diferentes dosagens do polímero hidroretentor incorporado ao substrato ($T1 = 0 \text{ g L}^{-1}$ (testemunha); $T2 = 1 \text{ g L}^{-1}$; $T3 = 2 \text{ g L}^{-1}$; $T4 = 3 \text{ g L}^{-1}$; $T5 = 4 \text{ g L}^{-1}$), com cinco repetições de 10 miniestacas cada. Após a verificação da homogeneidade e normalidade dos dados, estes foram submetidos à análise de variância ($\alpha=0,05$) e, havendo diferenças significativas, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($\alpha=0,05$), sendo utilizado o pacote ExpDes do *software* R versão 2.13.1 (FERREIRA et al., 2013). Também foi aplicada a análise de regressão ($\alpha=0,05$) a fim de verificar a dosagem ideal do polímero para cada parâmetro, utilizando o *software* Statistica 7 (STATSOFT INC, 2004), sendo apresentadas graficamente apenas as curvas em que a regressão foi significativa. Em todas as análises realizadas, os clones foram avaliados separadamente.

4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os clones apresentaram respostas diferenciadas no enraizamento em função da dosagem do polímero hidroretentor aos 25 DAE (Tabela 1). Para o Clone AEC 0144, no comprimento médio das raízes e no percentual de enraizamento, foram observadas diferenças significativas entre as dosagens do polímero. No clone GG100, apenas nos parâmetros massa seca das raízes, sobrevivência das miniestacas e no percentual de enraizamento, foram observadas diferenças estatísticas entre os tratamentos. Já para o clone VM01, todos os parâmetros foram influenciados pelas diferentes dosagens do polímero incorporado ao substrato.

O número de raízes emitidas pelas miniestacas sofreu influência das dosagens do polímero apenas para o clone VM01, onde as maiores médias foram observadas nas dosagens de 1 g L^{-1} e 2 g L^{-1} , que foram iguais entre si e estatisticamente diferentes apenas das mudas produzidas sem a utilização do polímero, permitindo essas dosagens, o aumento de 125 % a 150 % do número de raízes emitidas pela miniestaca. A partir da dosagem de 3 g L^{-1} , foi observado um decréscimo dos valores obtidos. Resultados semelhantes foram obtidos por Hafle et al. (2008), que ao avaliarem a utilização de diferentes dosagens do polímero ($0; 1,5; 3; 4,5$ e 6 g L^{-1}) no enraizamento de estacas de maracujazeiro-doce, constataram que o número de raízes aumentou com a incorporação do polímero e a partir de uma certa dosagem esses valores foram decrescendo. A dosagem ideal encontrada por esses autores para esse parâmetro foi de $5,90 \text{ g L}^{-1}$, sendo esse valor superior aos obtidos no presente trabalho.

Tabela 1. Valores médios para número de raízes (NR), comprimento do sistema radicular (CSR), comprimento médio das raízes (CMR), diâmetro médio das raízes (DMR), massa seca das raízes (MSR), sobrevivência das miniestacas (SM) e enraizamento das miniestacas (EM) de mudas de três clones de eucalipto, submetidos a diferentes dosagens do polímero hidrorretentor aos 25 DAE.

Clone AEC 0144							
PH (g L ⁻¹)	NR	CSR (cm)	CMR (cm)	DMR (mm)	MSR (g)	SM (%)	EM (%)
0	4,04 ^{ns}	11,40 ^{ns}	9,10 b	0,81 ^{ns}	0,040 ^{ns}	88,85 ^{ns}	85,02 b
1	2,88	10,96	9,57 ab	0,90	0,039	96,00	94,07 a
2	3,12	13,16	11,37 a	0,98	0,045	94,00	92,08 ab
3	3,16	12,68	10,87 ab	0,89	0,049	88,00	87,28 ab
4	2,88	12,64	10,91 ab	0,98	0,046	93,20	90,89 ab
CV %	23,24	10,25	10,69	11,14	19,82	4,67	5,21
Clone GG100							
PH (g L ⁻¹)	NR	CSR (cm)	CMR (cm)	DMR (mm)	MSR (g)	SM (%)	EM (%)
0	3,08 ^{ns}	11,84 ^{ns}	10,43 ^{ns}	0,54 ^{ns}	0,031 b	95,38 ab	92,70 ab
1	3,80	12,32	10,87	0,49	0,049 a	96,40 a	94,82 a
2	3,68	12,40	10,45	0,60	0,043 a	98,75 a	96,35 a
3	4,00	11,92	10,46	0,60	0,048 a	89,60 bc	88,85 bc
4	3,96	11,32	9,85	0,63	0,040 ab	85,77 c	84,72 c
CV %	20,17	9,78	14,69	14,47	15,15	3,47	3,20
Clone VM01							
PH (g L ⁻¹)	NR	CSR (cm)	CMR (cm)	DMR (mm)	MSR (g)	SM (%)	EM (%)
0	0,96 b	2,40 b	2,07 b	0,27 b	0,010 c	94,80 a	45,60 b
1	2,40 a	4,40 b	3,33 b	0,70 a	0,028 ab	95,20 a	76,16 a
2	2,16 a	8,92 a	7,80 a	0,71 a	0,037 a	88,40 b	71,04 ab
3	1,52 ab	3,24 b	2,53 b	0,39 ab	0,021 bc	94,40 ab	65,04 ab
4	1,92 ab	3,96 b	3,15 b	0,58 ab	0,026 ab	90,40 ab	65,44 ab
CV %	34,76	25,73	29,18	36,21	27,35	3,44	26,36

CV % = coeficiente de variação experimental, em porcentagem; PH= polímero hidrorretentor. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferenciam entre si pelo teste de Tukey ($\alpha=0,05$); ns = não significativo.

O comprimento do sistema radicular e o comprimento médio das raízes para o clone VM01 apresentaram valores baixos, sendo que o comprimento do sistema radicular não chegou a atingir nem a metade do comprimento do tubete. Esse fato pode estar relacionado a características intrínsecas desse clone. Quando incorporado o polímero ao substrato, foram observados aumentos nos valores para esses parâmetros, porém, apenas a dosagem de 2 g L⁻¹, foi estatisticamente superior aos demais tratamentos, que não diferiram entre si. Com a utilização dessa dosagem foi verificado um aumento de aproximadamente 272 % do comprimento do sistema radicular e 277 % comprimento

médio das raízes, em relação às mudas produzidas sem o polímero. As regressões para esses parâmetros foram significativas, sendo observado um comportamento quadrático (Figura 3a e 3b), sendo a dosagem de 2,1 g L⁻¹ ideal para ser utilizada.

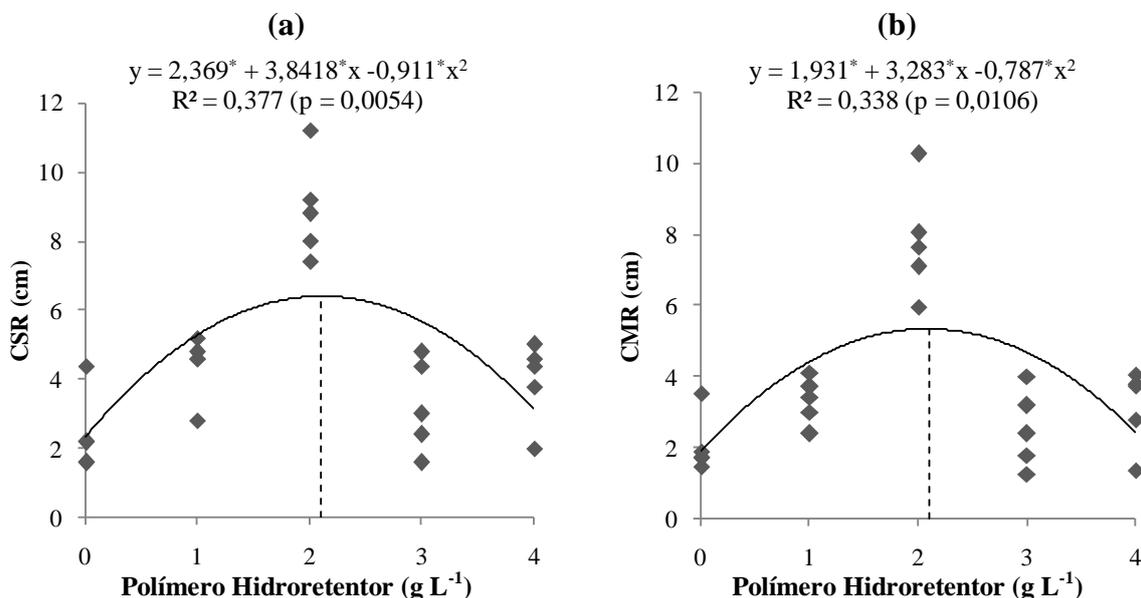


Figura 3. Curvas de regressão para o enraizamento de mudas do clone VM01. (a) Comprimento do sistema radicular (CSR) e (b) comprimento médio das raízes (CMR) 25 dias após o estaqueamento. * = parâmetro significativo.

No Clone AEC 0144, apesar do comprimento do sistema radicular não ter sido influenciado pela utilização do polímero, para o comprimento médio das raízes, a dosagem de 2 g L⁻¹ proporcionou as maiores médias, porém essa dosagem se diferenciou estatisticamente apenas das mudas produzidas sem o polímero, com aumento de aproximadamente 25 % em relação à testemunha. Hafle et al. (2008), verificaram que o comprimento da raiz de maracujazeiro-doce aumentou aproximadamente 420,28 %, na dosagem ótima, que foi de 5,23 g L⁻¹, em relação à dosagem zero, bem superior à encontrada no presente trabalho. Já Moreira et al. (2012), ao avaliarem a influência de diferentes dosagens do polímero (0; 3; 6 e 9 g L⁻¹) e duas concentrações de ácido indolbutírico (AIB) no enraizamento de estacas de amoreira-preta, constataram que o AIB não teve efeito sobre o enraizamento e, em relação ao comprimento das raízes, a incorporação do polímero ao substrato proporcionou acréscimo de 75,3 %, em relação às raízes das estacas do tratamento testemunha, quando considerada a dosagem ideal de 5,6 g L⁻¹. Moreira et al. (2010) também trabalhando com mudas de amoreira (*Morus* sp.), com diferentes dosagens do polímero (0; 3; 6 e 9 g L⁻¹) e dois diâmetros da estaca (7-10 mm e 4-7 mm), observaram interação significativa para o comprimento de raízes, sendo

que nas estacas de menor diâmetro a dosagem de 3,5 g L⁻¹ foi a mais indicada, gerando um aumento de 7,41 % em relação à não utilização do polímero. Já para as estacas de maior diâmetro, o incremento nessa variável foi de 30,5 % na dosagem de 5,49 g L⁻¹. Esses autores sugeriram que as dosagens maiores que a ideal proporcionam umidade excessiva ao substrato, diminuindo sua aeração, o que pode ter provocado menor desenvolvimento do sistema radicular.

Quanto ao diâmetro médio das raízes, apenas o clone VM01 apresentou diferenças significativas entre os tratamentos. Nesse clone, os maiores valores para esse parâmetro foram observados nas dosagens de 1 g L⁻¹ e 2 g L⁻¹, sendo iguais entre si e estatisticamente diferentes apenas da testemunha, permitindo em relação a esta, um incremento de aproximadamente 159 %.

Em relação à massa seca das raízes, para o clone GG100, as maiores médias foram verificadas nos tratamentos que continham o polímero no substrato, sendo as dosagens de 1 g L⁻¹, 2 g L⁻¹ e 3 g L⁻¹ iguais entre si e estatisticamente diferentes apenas das mudas produzidas sem o polímero, as quais permitiram um incremento de 38,7 % a 52,6 %. Já para o clone VM01, a maior massa seca foi observada para a dosagem de 2 g L⁻¹, sendo significativamente diferente da testemunha, permitindo um incremento de 270 % em relação à esta. Para ambos os clones, houve um comportamento quadrático conforme foram acrescidas as dosagens do polímero (Figura 4), sendo as dosagens de 2,3 g L⁻¹ e 2,4 g L⁻¹ ideais para os clones GG100 e VM01, respectivamente.

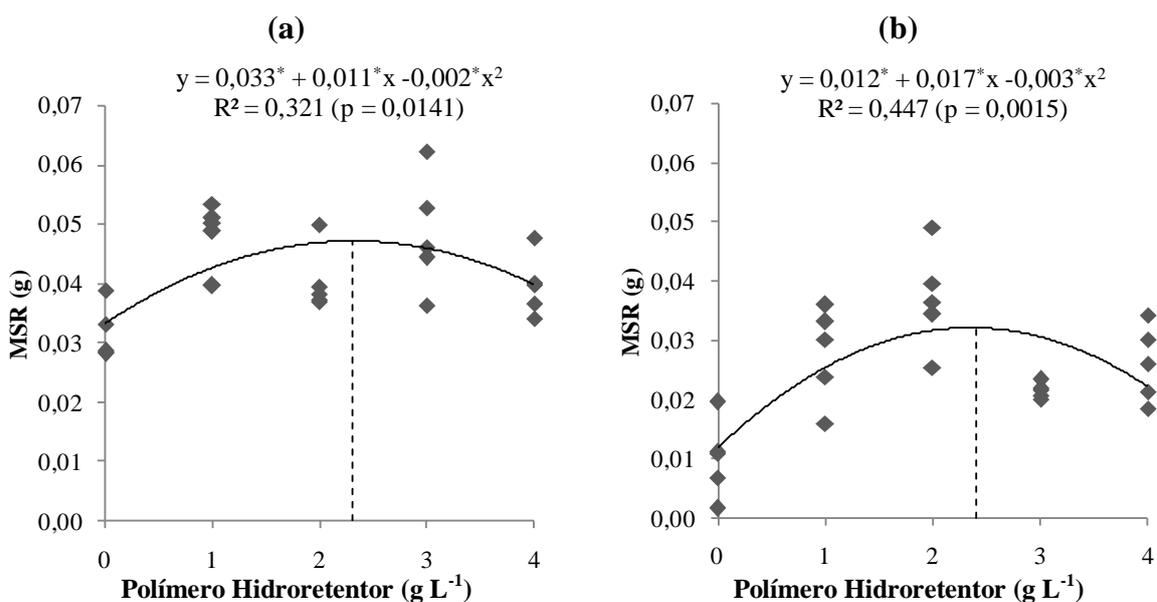


Figura 4. Curvas de regressão de massa seca das raízes (MSR) para os clones GG100 (a) e VM01 (b) aos 25 dias após o estaqueamento. * = parâmetro significativo.

Em trabalho desenvolvido por Hafle et al. (2008), a massa seca das raízes de maracujazeiro-doce apresentou um aumento de 84,26 % quando utilizada a dosagem de 5,24 g L⁻¹ do polímero, em relação à não utilização, porém, em dosagens mais elevadas, o efeito do polímero tornou-se negativo. Ao analisar a massa seca da raiz de mudas clonais de *E. grandis* x *E. urophylla*, em função da ausência ou presença (0,5 g L⁻¹) do polímero, com diferentes lâminas de irrigação, Gomes (2013) constatou em todos os períodos avaliados que, quando utilizada 100 % da irrigação, mudas produzidas com a presença do polímero obtiveram os maiores valores para esse parâmetro.

Ao avaliar a incorporação de dosagens do polímero (0; 2; 4; 6 e 8 g L⁻¹) no substrato de produção de mudas de *Anadenanthera peregrina* produzidas via sementes, Sousa et al. (2013) constataram que a massa seca das raízes foi influenciada negativamente pela presença do polímero e, conforme foram acrescidas as dosagens os valores para esse parâmetro foram decrescendo. Esses autores verificaram a maior média em mudas produzidas sem a utilização do polímero, que apresentou valores 38,12 % maiores, do que no tratamento contendo a maior dosagem, não corroborando com os resultados obtidos no presente trabalho. Hafle et al. (2008) e Sousa et al. (2013) afirmaram que o desenvolvimento das raízes das mudas tendeu a decrescer devido ao excesso de água provocado pelas elevadas dosagens do polímero, diminuindo a aeração do substrato. Segundo Fermino (2002), a limitação do volume, provocado pelos recipientes, exige que o substrato seja capaz de manter água disponível às plantas sem, no entanto, comprometer a concentração de oxigênio no meio.

A sobrevivência das miniestacas apresentou diferenças significativas apenas para os clones GG100 e VM01. Para o clone GG100, as maiores médias foram observadas para a dosagem de 2 g L⁻¹, porém esta não se diferenciou do tratamento com 1 g L⁻¹ e nem da testemunha. Foi observado que dosagens maiores do que 2 g L⁻¹, afetaram negativamente a sobrevivência das estacas para esse clone, sendo a dosagem ideal a ser utilizada de 1,1 g L⁻¹ (Figura 5a). O Mesmo ocorreu com o clone VM01, em que dosagens superiores a 2 g L⁻¹ tenderam a reduzir a sobrevivência das miniestacas.

Vervloet Filho (2011), ao avaliar o efeito da incorporação do polímero ao substrato para a produção de mudas de quatro clones de eucalipto, verificaram um percentual de sobrevivência menor das miniestacas quando utilizada a maior dosagem (2 g L⁻¹), apenas para o clone 6437 (*E. grandis* x *E. urophylla*). Por sua vez, Hafle et al. (2008), constataram um aumento da sobrevivência das estacas de maracujazeiro-doce até a dosagem de 4,5 g L⁻¹ (87 %), sendo que em dosagens superiores, o efeito do polímero

afetou negativamente essa característica, corroborando com o presente trabalho. Os autores atribuíram esse fato ao excesso de umidade no substrato provocado por dosagens elevadas do polímero, ocasionando a morte de estacas.

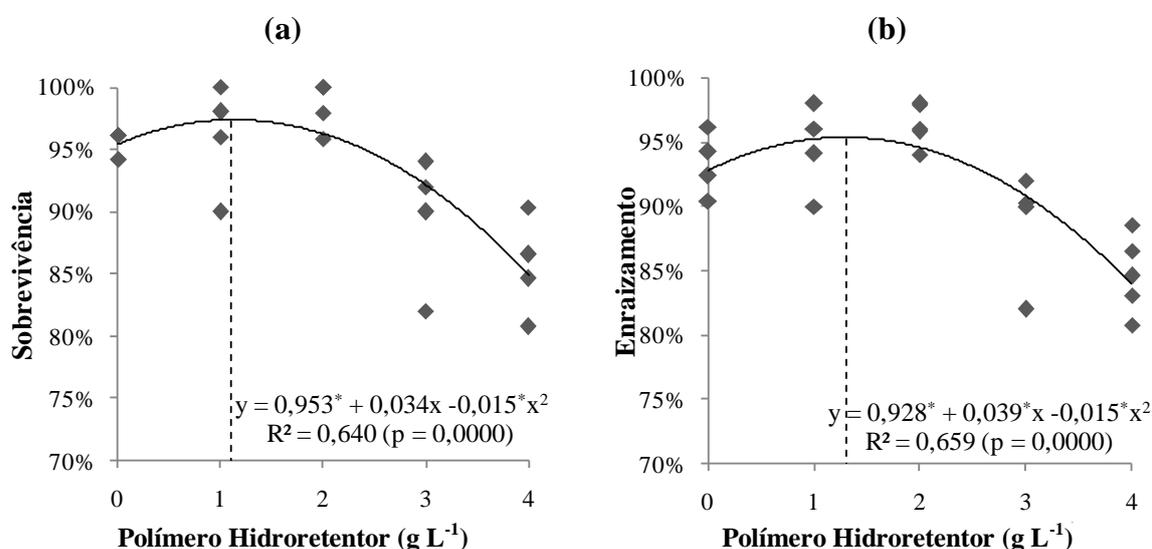


Figura 5. Curvas de regressão para as taxas de sobrevivência (a) e enraizamento (b) para o clone GG100 aos 25 dias após o estaqueamento. * = parâmetro significativo.

Em todos os clones avaliados, a porcentagem de enraizamento foi influenciada pelas diferentes dosagens do polímero. Para o clone AEC 0144 e VM01, as maiores médias foram obtidas para a dosagem de 1 g L⁻¹, que diferiu estatisticamente apenas da testemunha (Tabela 1). Já para o clone GG100, não foram verificadas diferenças significativas entre a testemunha e as mudas produzidas com as dosagens de 1 g L⁻¹ e 2 g L⁻¹. Já quando utilizadas dosagens de 4 g L⁻¹, foi verificada redução da porcentagem de enraizamento em 7,98 %, diferindo estatisticamente da testemunha (Figura 5b).

Ramos (2012) não observou efeitos da utilização das diferentes dosagens do polímero (0,33; 0,66 e 1 g L⁻¹) sobre o percentual de enraizamento em mudas clonais de eucalipto. Provavelmente, esses autores não observaram diferenças entre tratamentos pelo fato das dosagens avaliadas serem muito baixas. Já Moreira et al. (2012), observaram, em estacas de amoreira-preta, maiores percentuais de enraizamento com a utilização do polímero, com um aumento de 95,1 % em relação à testemunha, quando utilizada a dosagem de 5,5 g L⁻¹. Hafle et al. (2008) também verificaram maior taxa de enraizamento (87 %) em estacas de maracujazeiro-doce, para uma dosagem de aproximadamente a 4,5 g L⁻¹, sendo que os autores atribuíram esse resultado à melhoria da retenção de água no substrato.

Os resultados obtidos no presente trabalho demonstraram que cada clone respondeu de maneira diferenciada quanto à utilização do polímero hidroretentor incorporado ao substrato. Os clones AEC 0144 e o GG100 apresentaram boas respostas à utilização da dosagem de 1 g L^{-1} do polímero apenas para o parâmetro porcentagem de enraizamento das miniestacas e massa seca das raízes, respectivamente. Já para o clone VM01, quando comparada com a testemunha, a utilização do polímero na dosagem de 1 g L^{-1} proporcionou incrementos bastante expressivos para todos os parâmetros avaliados, com exceção da sobrevivência das miniestacas. Em virtude desse clone apresentar baixas taxas de enraizamento, a utilização de 1 g L^{-1} do polímero se torna uma alternativa mais viável e eficiente para o aumento do enraizamento, quando comparados aos outros dois, acarretando no maior aproveitamento final das mudas no viveiro.

Para todos os clones estudados, as dosagens superiores a 2 g L^{-1} apresentaram uma tendência em diminuir os valores para os parâmetros avaliados. Entre as possíveis explicações para esses resultados, pode-se supor que dosagens elevadas do polímero promoveram a manutenção de maior umidade no substrato, provavelmente diminuindo sua porosidade e, conseqüentemente, o oxigênio disponível para as raízes. Kratz et al. (2012), recomendam a utilização de substratos que apresentem maior porosidade em vista da maior umidade do ambiente de enraizamento, para a estaquia.

Uma alternativa para minimizar o efeito negativo das dosagens elevadas sobre o enraizamento seria a hidratação do polímero antes de ser incorporado ao substrato. Possivelmente, devido ao fato do polímero ter sido incorporado em sua forma desidratada ao substrato, ao receber água, as partículas do polímero se hidrataram e, conseqüentemente, se expandiram dentro dos recipientes, ocupando os espaços vazios presentes no substrato, provocando assim, a redução de sua aeração.

Na literatura são poucos os estudos que abordam a utilização desse produto com a finalidade de avaliar a melhoria do enraizamento de estacas/miniestacas, demonstrando a necessidade de mais pesquisas voltadas à utilização desse produto, principalmente relacionados à dosagem ideal, formas de aplicação, diferentes marcas encontradas no mercado e a relação com diferentes substratos, tanto para outros clones de eucalipto e como para outras espécies florestais nativas ou não, visto que os resultados obtidos no presente trabalho mostraram-se bastante promissores.

4.4. CONCLUSÕES

A utilização do polímero hidrorretentor incorporado ao substrato de produção das mudas mostrou-se favorável para a melhoria do enraizamento das miniestacas dos três clones avaliados, no entanto, a utilização de dosagens superiores a 2 g L⁻¹ podem influenciar negativamente no enraizamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAF. Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. **Anuário Estatístico ABRAF 2013: ano base 2012**. Brasília, 2013. 148p.

AJALA, M. **Efeito do volume do recipiente na formação de mudas e de hidrogel na implantação de *Jatropha curcas* L.** 2009. 57p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2009.

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

ANDRIOLO, J. L. Fisiologia da produção de plantas em ambiente protegido. In: BARBOSA, J. G.; MARTINEZ, H. E. P.; PEDROSA, M. W.; SEDIYAMA, M. A. N. (Ed.). **Nutrição e adubação de plantas cultivadas em substrato**. Viçosa: UFV, 2004. p. 4-36.

AZEVEDO, T. L. F. **Avaliação da eficiência do polímero agrícola de poliacrilamida no fornecimento de água para o cafeeiro (*Coffea arabica* L.) cv. Tupi**. 2000. 38p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2000.

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

AZEVEDO, T. L. F.; BERTONHA, A.; GONÇALVES, A. C. A. Uso de hidrogel na agricultura. **Revista do Programa de Ciências Agro-Ambientais**, v.1, n.1, p. 23-31, 2002.

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

BENIN, C. C.; PERES, F. S. B.; GARCIA, F. A. O. Enraizamento de miniestacas apicais, intermediárias e basais em clones de *Eucalyptus benthamii*. **Floresta**, v. 43, n. 3, p. 421-428, 2013.

BERNARDI, A. C. C.; TAVARES, S. R. L.; SCHMITZ, A. A. Produção de Meloeiro utilizando um polímero hidrofílico em diferentes frequências de irrigação em casa de vegetação. **Revista Irriga**, v.10, n.1, p.82-87, 2005.

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

BÖHM, W. **Methods of studying root systems**. Berlin: Springer- Verlag, 1979. 188 p.

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

BORGES, S. R.; XAVIER, A.; OLIVEIRA, L. S.; MELO, L. A.; ROSADO, M. A. Enraizamento de miniestacas de clones híbridos de *Eucalyptus globulus*. **Revista Árvore**, v.35, n.3, p.425-434. 2011.

CAMARA, G. R.; REIS, E. F.; ARAÚJO, G. L.; CAZOTTI, M. M.; DONATELLI JÚNIOR, E. J. Avaliação do desenvolvimento do cafeeiro conilon robusta tropical mediante uso de polímeros hidrorretentores e diferentes turnos de rega. **Enciclopédia Biosfera**, v.7, n.13, p.135-141, 2011.

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

CUNHA, A. C. M. C. M.; PAIVA, H. N.; LEITE, H. G.; BARROS, N. F.; LEITE, F. P. Influência do estado nutricional de minicepas no enraizamento de miniestacas de eucalipto. **Revista Árvore**, v.33, n.4, p.607-615, 2009.

DRANSKI, J. A. L.; PINTO JUNIOR, A. S.; CAMPAGNOLO, M. A.; MALAVASI, U. C.; MALAVASI, M. M. Sobrevivência e crescimento do pinhão-mansão em função do método de aplicação e formulações de hidrogel. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.5, p.537-542, 2013.

FERREIRA, E. B.; CAVALCANTI, P. P.; NOGUEIRA, D. A. **ExpDes: Experimental Designs package. R package version 1.1.2**. 2013.

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

FERMINO, M. H. O uso da análise física na avaliação da qualidade de componentes e substrato. In: FURLANI, A. M. C. (ed.). **Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2002. p.29-37. (Documentos IAC, 70).

GOMES, D. R. **Resposta de mudas clonais de eucalipto cultivadas com hidrorretentor em diferentes níveis de disponibilidade hídrica**. 2013. 89f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2013.

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

HARTMANN, H.T. KESTER, D.; DAVIS, F.; GENEVE, R. **Plant propagation: principles and practices**. 8ed. Boston: Prentice-Hall, 2011. 915p.

HIGASHI, E. N.; SILVEIRA, R. L. A.; GONÇALVES, A. N. Propagação vegetativa de *Eucalyptus*: princípios básicos e a sua evolução no Brasil. Piracicaba: **IPEF**, 2000. 11p. (Circular Técnica, 192)

KRATZ, D.; WENDLING, I.; PIRES, P. P. Miniestaquia de *Eucalyptus benthamii* x *E. dunnii* em substratos a base de casca de arroz carbonizada. **Scientia Forestalis**, v.40, n.96, p.547-556. 2012.

MOREIRA, R. A.; RAMOS, J. D.; CRUZ, M. C. M.; VILLAR, L.; HAFLE, O. M. Ácido indolbutírico e polímero hidroabsorvente no enraizamento de estacas de amoreira-preta. **Scientia Agraria Paranaensis**, v.11, n.1, p.74-81. 2012.

MALDONADO-BENITEZ, K. R.; ALDRETE, A.; LÓPEZ-UPTON, J.; VAQUERA-HUERTA, H.; CETINA-ALCALÁ, V. M. Producción de *Pinus greggii* Engelm. en mezclas de sustrato com hidrogel y riego, en vivero. **Agrociencia**, v.45, p. 389-398, 2011.

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

OLIVEIRA, R. B.; LIMA, J. S. S.; SOUZA, C. A. M.; SILVA, S. A.; FILHO, S. M. Produção de mudas de essências florestais em diferentes substratos e acompanhamento do desenvolvimento em campo. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, n.1, p.122-128, 2008.

PIEVE, L. M. **Uso de polímero hidrorretentor na implantação de lavouras cafeeiras**. 2012. 66p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

RAMOS, K. A. **Disponibilidade hídrica e hidrorretentores na produção de mudas clonais de eucalipto**. 2012. 69p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2012.

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

SEPLAN GO. **Zoneamento ecológico-econômico da área do entorno do Distrito Federal**. Goiânia: Secretaria de Planejamento e Coordenação, 1994. 192p.

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

SOUSA, G. T. O.; AZEVEDO, G. B.; SOUSA, J. R. L.; MEWS, C. L. SOUZA, A. M. Incorporação de polímero hidrorretentor no substrato de produção de mudas de *Anadenanthera peregrina* (L.) Speg. **Enciclopédia Biosfera**, v.9, n.16, p. 1270-1278, 2013.

STATSOFT, INC. **STATISTICA (data analysis software system), version 7.** www.statsoft.com.

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

TITON, M.; XAVIER, A.; OTONI, W. C.; REIS, G. G. Efeito do AIB no enraizamento de miniestacas e microestacas de clones de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. **Revista Árvore**, v. 27, n. 1, p. 1-7, 2003.

VENTUROLI, F.; VENTUROLI, S.; BORGES, J. D.; CASTRO, D. S.; SOUZA, D. M.; MONTEIRO, M. M.; CALIL, F. N. Incremento de espécies arbóreas em plantio de recuperação de área degradada em solo de cerrado no Distrito Federal. **Bioscience Journal**, v.29, n.1, p.143-151, 2013.

VERVLOET FILHO, R. H. **Utilização de hidrorretentor em substrato semi-saturado na produção de mudas de eucalipto.** 2011. 91f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2011.

WENDLING, I.; DUTRA, L. F. Produção de mudas de eucalipto por estaquia e miniestaquia. In: WENDLING, I.; DUTRA, L. F. **Produção de mudas de eucalipto.** Colombo: Embrapa Florestas, 2010a. p. 50-80.

WENDLING, I.; DUTRA, L. F. Produção de mudas de eucalipto por sementes. In: WENDLING, I.; DUTRA, L. F. **Produção de mudas de eucalipto.** Colombo: Embrapa Florestas, 2010b. p. 13-48.

5. CAPÍTULO 2

PRODUÇÃO DE MUDAS CLONAIS DE EUCALIPTO COM DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E DOSAGENS DE POLÍMERO HIDRORETENTOR

Resumo

A água é um agente fundamental para a formação da muda, sendo a irrigação uma das etapas mais importantes durante a produção. Nos viveiros florestais, o manejo da irrigação é geralmente realizado de forma empírica, com base em observações visuais de sintomas de déficit hídrico. Uma alternativa para aumentar a retenção de água pelo substrato e diminuir a irrigação, é a utilização de polímero hidrorretentor incorporado ao substrato. Diante do exposto, o presente estudo teve por objetivo avaliar a qualidade de mudas de três clones de eucalipto (AEC 0144, GG100 e VM01) submetidas a diferentes dosagens do polímero hidrorretentor, associada a diferentes lâminas diárias de irrigação. O estudo foi realizado em um viveiro florestal situado no município de Abadiânia, Goiás. Para a produção das mudas foram utilizados tubetes de 55 cm³, preenchidos com substrato comercial Agrofloc Trimx®. Ao substrato, foram incorporadas diferentes dosagens do polímero hidrorretentor em sua forma desidratada. Aos 35 dias após o estaqueamento (DAE), as mudas de cada clone foram submetidas a três diferentes lâminas de irrigação diária, permanecendo nessas condições até o final do experimento. Aos 95 DAE, os parâmetros avaliados foram: altura da parte aérea (H); diâmetro do coleto (D); e número de folhas (NF); massas secas da parte aérea (MSA), das raízes (MSR) e total (MST), bem como as relações entre as variáveis, como a altura da parte aérea e o diâmetro do coleto (H/D), massa seca da parte aérea e massa seca das raízes (MSA/MSR) e o índice de qualidade de Dickson (IQD). Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, com 15 tratamentos dispostos em esquema de parcelas subdivididas 3x5, com três lâminas diárias de irrigação (6, 9 e 12 mm) nas parcelas e cinco dosagens do polímero hidrorretentor nas subparcelas (0; 1; 2; 3 e 4 g L⁻¹), sendo consideradas cinco repetições, compostas por 8 mudas cada. Após a análise de variância, quando as interações entre os fatores foram significativas, procedeu-se a análise de variância da regressão múltipla. Nos casos em que a interação não foi significativa, os fatores isolados foram comparados pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$). Para os clones AEC 0144 e GG100, a dosagem de 2 g L⁻¹ proporcionou a obtenção de mudas de maior qualidade, sendo possível reduzir a lâmina de irrigação em 25 %, sem afetar a qualidade das mudas. Já para o clone VM01, não foi verificada interação entre o polímero e a lâmina de irrigação, sendo a dosagem de 1 g L⁻¹ e a lâmina de irrigação de 9 mm as mais indicadas.

Palavras-chave: hidrogel, disponibilidade hídrica, redução de água.

PRODUCTION OF CLONAL SEEDLING OF EUCALYPT WITH DIFFERENT IRRIGATION DEPTHS AND HYDROPHYLIC POLYMER DOSAGES

Abstract

Water is an essential agent for seedlings formation, being the irrigation one of the most important steps during the production. In forest nurseries, the irrigation management is usually carried out empirically, based on visual observations of symptoms of hydric deficit. An alternative to increase the water retention in the substrate and to reduce irrigation is the use of hydrophylic polymer incorporated in the substrate. Thus, the present study aimed to evaluate the quality of minicuttings of three eucalypt clones (AEC 0144, GG100 and VM01), subjected to different dosages of hydrophylic polymer, associated with different depths of daily irrigation. The study was conducted in a forest nursery in the city of Abadiânia, Goiás State, Brazil. The minicuttings were produced in plastic tubes of 55 cm³, filled with a commercial substrate Agrofloc Trimx ®. Before filling the tubes, were incorporated in the substrate different dosages of the hydrophylic polymer, in their dried form. At 35 days after the cutting (DAE), the minicuttings of each clone were submitted to three different depths of daily irrigation, remaining under these conditions until the end of the experiment. At 95 DAE, the parameters evaluated were: shoot height (H), root collar diameter (D), number of leaves (NF), aerial dry mass (MSA), root dry mass (MSR), total dry mass (MST), and the ratios between variables, as shoot height and root collar diameter (H/D), dry mass of the aerial and dry mass of root (MSA/MSR) and Dickson Quality Index (IQD). A completely randomized design was used with 15 treatments arranged in a split plot 3x5 with three depths daily irrigation (6, 9 e 12 mm) in the plots and five dosages of hydrophylic polymer (0; 1; 2; 3 e 4 g L⁻¹) in the subplots, considering five replicates, composed of 8 minicuttings each. After analysis of variance, when interactions between factors were significant, was proceeded the analysis of variance of multiple regression. The isolated factors were compared by Tukey test ($\alpha = 0.05$), when the interaction was not significant. For the clones AEC 0144 and GG100, dosages of 2 g L⁻¹ provided the higher quality, being possible to reduce the water depth by 25% without affecting the quality of the minicuttings. As for the clone VM01, no interaction between the polymer and irrigation depths was observed, and the dosage of 1 g L⁻¹ and the depth of 9 mm were the most indicated.

Keywords: hydrogel, hydric disponibilization, water reduction.

5.1 INTRODUÇÃO

A silvicultura é uma importante atividade do setor agrário, principalmente pela sua rentabilidade, assumindo posição de destaque na economia brasileira (BENIN et al., 2013). As áreas com florestas plantadas apresentaram um crescimento significativo nas últimas décadas, ocupando 7,2 milhões de hectares no ano de 2012 (SFB, 2013), sendo que desse total, as espécies do gênero *Eucalyptus* são responsáveis pela maior parte, ocupando 5,1 milhões de hectares (ABRAF, 2013).

A demanda por produtos de origem florestal aumentou sensivelmente nas últimas décadas, levando a silvicultura a buscar alternativas que visam à obtenção de altas produtividades (BOLFE et al., 2004). O sucesso de um plantio florestal depende da escolha da espécie ideal para cada local, do objetivo do plantio e, principalmente, da qualidade das mudas a serem plantadas, que além de resistirem às condições adversas de campo, devem ser capazes de se desenvolver e exteriorizar todo o seu potencial de crescimento (GOMES e PAIVA, 2004; WENDLING e DUTRA, 2010a), tornando o replantio uma prática dispensável, dada à pequena taxa de mortalidade em campo (CARNEIRO, 1995). Segundo Davide e Faria (2008), a produção de mudas com qualidade superior é resultado da conjugação de materiais genéticos adaptados ao sítio de plantio e do emprego de técnicas eficientes no ciclo de produção das mudas em viveiro.

O manejo adequado da irrigação é essencial para a formação das mudas, influenciando diretamente sobre o desenvolvimento e qualidade das mesmas (MORAIS et al., 2012). Devido ao pequeno volume do recipiente utilizado na produção de mudas de eucalipto, a quantidade de água armazenada no substrato se torna limitada, sendo necessário adotar práticas de manejo mais apropriadas.

No entanto, é possível observar que em muitos viveiros, a irrigação é realizada de forma empírica, tendo como base experiências práticas e observações visuais dos sintomas de déficit hídrico, como a murcha das folhas. Em decorrência disso, a irrigação tende a não ser realizada com frequência e intensidade adequada, resultando na utilização de quantidades insuficientes para o desenvolvimento das mudas, ou então em quantidades de água além do necessário.

A utilização de irrigações excessivas causa o desperdício de água, o que gera prejuízos econômicos e ambientais, sendo que esse problema é agravado em locais onde esse recurso é limitado. Por outro lado, Wendling e Gatto (2002) afirmam que em uma irrigação frequente e de baixa intensidade, a área de molhamento se torna apenas alguns

centímetros do substrato, prejudicando a formação das mudas, ou podendo levá-las até a morte.

Segundo Wendling e Dutra (2010b), a irrigação é um dos fatores de maior importância no viveiro, pois, tanto o excesso quanto a falta d'água, podem comprometer uma das fases de produção das mudas. Para Lopes et al. (2005a), a falta de água disponível durante o desenvolvimento promove o estresse hídrico das plantas, além de diminuir a absorção de nutrientes. Por outro lado, seu excesso pode favorecer a lixiviação dos nutrientes e também proporcionar um microclima favorável ao desenvolvimento de doenças.

Portanto, surge a necessidade de efetuar a irrigação em frequência e quantidade adequada para as mudas, durante as várias etapas de produção. Em locais com estações secas bem definidas, onde a disponibilidade de água é reduzida, a produção de mudas de eucalipto pode ser afetada, uma vez que há uma maior necessidade de irrigação para suprir a demanda hídrica das mudas.

Uma das alternativas para reduzir a quantidade de água utilizada na irrigação, sem comprometer a qualidade das mudas, seria aumentar a capacidade de retenção de água no substrato (RODRIGUES, 2007). Alguns materiais, como a fibra de coco e a vermiculita, são utilizados na formulação dos substratos, buscando melhorar a capacidade de retenção de água (WENDLING e DUTRA, 2010b). Outra alternativa para aumentar a retenção de água no substrato, disponibilizando-a gradativamente para as mudas, seria a incorporação do polímero hidroretentor ao substrato, uma vez que, segundo Balena (1998) e Azevedo et al. (2002a), esse produto é capaz de reter grande quantidade de água.

Conhecido também como hidrogel, esse polímero é um produto sintético não tóxico, a base de poliacrilamida, derivado do petróleo, e apresenta capacidade de reter e armazenar centenas de vezes o seu peso em água (BALENA, 1998; AZEVEDO, 2000; AZEVEDO et al., 2002a; AZEVEDO et al., 2006). Quando incorporado ao solo, aumenta a disponibilidade de água e nutrientes para as plantas e, conseqüentemente, reduz as perdas por percolação e lixiviação de nutrientes, além de melhorar a aeração e drenagem do solo, sendo, portanto utilizado como condicionador de solo, melhorando o desenvolvimento do sistema radicular e da parte aérea das plantas (BALENA, 1998; AZEVEDO, 2000; AZEVEDO et al., 2002a; CORTÉS et al., 2007; CAMARA et al., 2011; BERNARDI et al., 2012). Segundo Fonteno e Bilderback (1993), a capacidade de aproveitamento da água do polímero pelas plantas se dá pela superfície de contato das raízes com os grânulos do polímero hidratado.

Na silvicultura, o polímero hidroretentor é amplamente empregado em condições de plantio de mudas no campo (BUZETTO et al., 2002; SARVAS et al., 2007; AJALA, 2009; DRANSKI et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2008; PIEVE, 2012; DRANSKI et al., 2013), com o objetivo de aumentar a sobrevivência das mudas pós-plantio. Recentemente, na literatura, tem sido reportada a utilização desse produto em viveiro, incorporado ao substrato de produção de mudas, com o intuito de reduzir a quantidade de água utilizada (RODRIGUES, 2007; VERVLOET FILHO, 2011; MALDONATO-BENITEZ et al., 2012; RAMOS, 2012; GOMES, 2013) gerando muitas vezes resultados satisfatórios.

Nesse contexto, a incorporação do polímero ao substrato pode disponibilizar água e nutrientes de forma gradativa para as mudas, podendo até mesmo diminuir a frequência de irrigação (AZEVEDO et al. 2002b), sem, contudo, comprometer a sua qualidade. Dessa forma, torna-se importante avaliar a contribuição desse produto na redução do consumo de água durante o processo de produção de mudas, buscando definir as quantidades e formas de aplicação mais indicadas.

Diante do exposto, o presente estudo teve por objetivo avaliar a qualidade de mudas clonais de eucalipto submetidas a diferentes dosagens do polímero hidroretentor incorporado ao substrato, associada a diferentes lâminas de irrigação.

5.2 MATERIAL E MÉTODOS

5.2.1 Localização do estudo

O estudo foi realizado no viveiro de mudas clonais Via Verde Florestal, no município de Abadiânia, estado de Goiás, localizado na rodovia BR 060, nas coordenadas 16°12'31" S e 48°44'26" W. O município está localizado a aproximadamente 90 km da capital do Estado de Goiás, e seu clima é do tipo Aw, segundo classificação de Köppen, caracterizado por duas nítidas estações: uma seca que dura de cinco a sete meses e outra úmida, com período chuvoso e precipitação variando de 1.300 a 2.000 mm. As temperaturas médias oscilam entre 22 e 26°C. Nos meses mais frios a média é de 20°C, enquanto nos mais quentes chegam a atingir 36°C (SEPLAN GO, 1994). O experimento foi conduzido no período seco, nos meses de junho a setembro de 2013.

5.2.2 Sistema de produção das mudas

Três materiais genéticos foram utilizados para a produção das mudas, os clones AEC 0144 (*Eucalyptus urophylla* S. T. Blake, registro nº 21847), GG100 (*Eucalyptus*

urophylla S. T. Blake, registro nº 21277) e VM01 (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. x *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake, registro nº 20766). Esses clones foram selecionados para o experimento devido ao fato de que diversos viveiros florestais trabalham com esses materiais, sendo os mesmos bastante empregados em plantios florestais.

Para a produção das mudas foram utilizados tubetes de 55 cm³, preenchidos com substrato comercial Agrofloc Trimx®. Composto por vermiculita, casca de arroz carbonizada e fibra de coco, esse substrato, de acordo o fabricante, apresenta densidade de 90 a 170 Kg m³, partículas com diâmetros entre 0,15 e 8,0 mm e capacidade de retenção de água mínima de 60 %. Antes do enchimento dos tubetes, foram incorporadas ao substrato diferentes dosagens do polímero hidrorretentor da marca comercial Forth Gel® (Figura 1), em sua forma desidratada. As dosagens utilizadas foram: sem o polímero; 1 g L⁻¹ de substrato; 2 g L⁻¹ de substrato; 3 g L⁻¹ de substrato; e 4 g L⁻¹ de substrato. As dosagens foram definidas após a realização de um teste preliminar, a fim de definir a dosagem máxima que poderia ser utilizada, para evitar que a expansão do polímero, ao absorver água, provocasse a expulsão do substrato do tubete. Foram incorporadas dosagens de 1 a 8 g L⁻¹ de substrato, variando de uma em uma grama e preenchidos os tubetes. O substrato então foi saturado e observado a partir de qual quantidade de polímero o mesmo foi expulso. Ficou definida então que a dosagem de 4 g L⁻¹ de substrato seria a máxima a ser utilizada.

As adubações foram realizadas seguindo o padrão adotado pelo viveiro, sendo a adubação de base composta por 1,0 kg de Yoorim Master + 0,5 kg de Super fosfato simples + 4 L da calda da mistura de nutrientes, para cada 100 L de substrato. As quantidades dos nutrientes utilizados para a formulação da calda utilizada na adubação de base foi composta por: 1,4 Kg de MAP, 0,9 Kg de KCl, 1,0 Kg de Yoorin, 1,0 Kg de Sulfato de Amônia, 1,4 Kg de Sulfato de Magnésio, 16,0 g de Ácido Bórico, 16,0 g de Sulfato de Manganês, 2,8 g de Sulfato de Cobre, 3,2 g de Sulfato de Zinco, 100,0 g de Ferrilênio e 0,04g de Molibidato de Sódio, para 200 L de água.

As miniestacas dos três clones foram coletadas do minijardim clonal do viveiro, sendo este do tipo semi-hidropônico (canaletão). As brotações foram selecionadas e retiradas com 3 a 5 cm de comprimento, contendo em média dois pares de folhas, que foram recortadas ao meio (WENDLING e DUTRA, 2010a). Durante a coleta das miniestacas, estas foram acondicionadas em isopor contendo água, a fim de manter sua turgidez. Em seguida, as miniestacas foram estaqueadas no substrato, e encaminhadas para a casa de vegetação para enraizamento, com temperatura em torno de 27 °C, com irrigação

por sistema de nebulização automatizada para manter a umidade relativa do ar em torno de 80 %.

Aos 25 dias após estaqueamento (DAE), as mudas foram transferidas para a casa de sombra, com 50 % de sombreamento, onde permaneceram por 10 dias, para a aclimação das miniestacas enraizadas, recebendo duas irrigações diárias através de microaspersores. Aos 35 DAE, as mudas foram transferidas para a condição de pleno sol, onde os tubetes foram retirados das bandejas e dispostos em bancadas suspensas de tela (Figura 1). Nessa fase, a irrigação foi feita através de microaspersores e as mudas de cada clone foram submetidas a três diferentes lâminas de irrigação diária, 6 mm, 9 mm e 12 mm, dividida em três partes iguais cada uma, aplicadas pela manhã, no começo e no fim da tarde. As mudas permaneceram nessas condições até o final do experimento, ou seja, até 95 DAE.



Figura 1. Preparo e instalação do experimento. A: Incorporação do polímero hidrorretentor ao substrato; B: Tubetes preenchidos com o substrato; C: Coleta e preparo das miniestacas; D: Acondicionamento das miniestacas durante a coleta; E: Estaqueamento; F: Disposição das bandejas na casa de vegetação; G: Disposição das bandejas na casa de sombra; H: Disposição das mudas em pleno sol; I: Mudas submetidas a diferentes lâminas de irrigação.

As adubações de crescimento foram realizadas a cada 15 dias e iniciadas logo após as mudas serem transferidas para a condição de pleno sol. Foi aplicada a quantidade 10 L da solução dos nutrientes, para cada 1536 tubetes. As quantidades dos nutrientes utilizados para formulação da adubação de crescimento foram: 2,0 Kg de MAP, 0,5 Kg de KCl, 2,8 Kg de Super fosfato Simples, 0,8 Kg de Sulfato de Amônia, 30,0 g de Sulfato de Magnésio, 40,0 g de Ácido Bórico, 10,0 g de Sulfato de Cobre, 30 g de Sulfato de Zinco e 20,0 g de Ferrilênio, para 1.000 L de água.

5.2.3 Parâmetros avaliados

A qualidade das mudas submetidas a diferentes dosagens do polímero e diferentes lâminas de irrigação foi avaliada aos 95 DAE, através dos parâmetros: altura da parte aérea (H); diâmetro do coleto (D); número de folhas (NF); massas secas da parte aérea (MSA), das raízes (MSR) e total (MST), bem como as relações entre as variáveis, como a altura da parte aérea e o diâmetro do coleto (H/D), massa seca da parte aérea e massa seca das raízes (MSA/MSR) e o índice de qualidade de Dickson ($IQD = MST/(H/D+MSA/MSR)$) (DICKSON et al., 1960) (Figura 2).

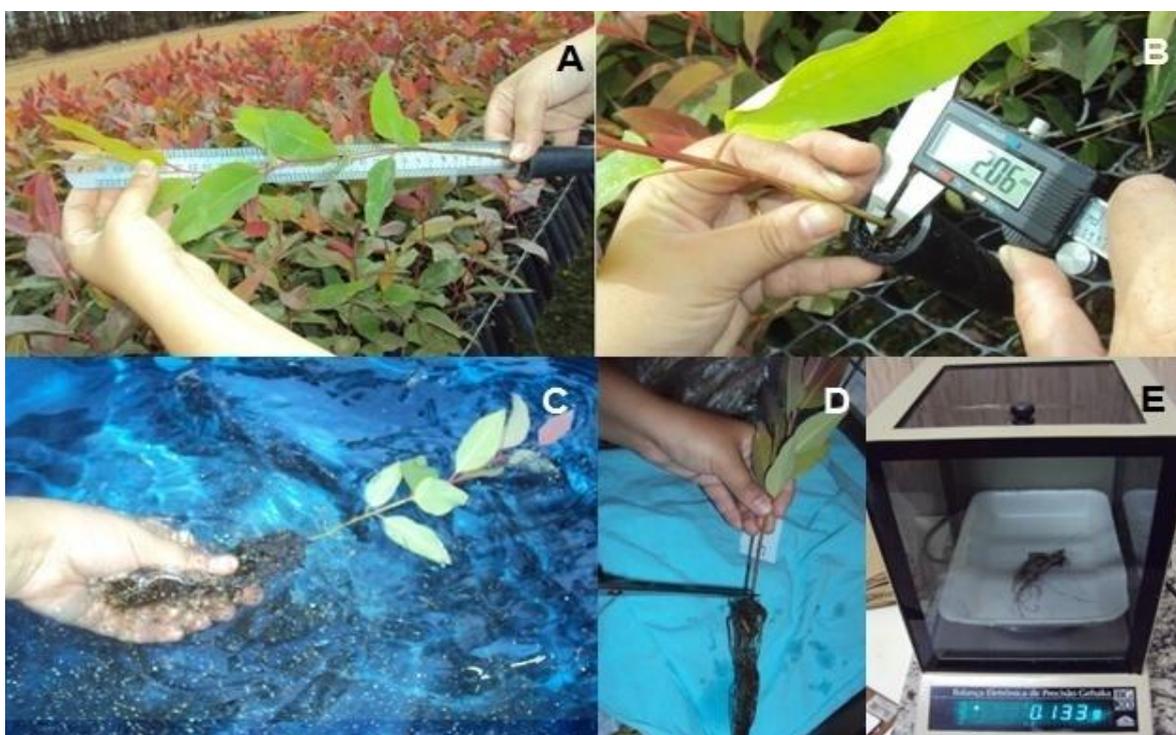


Figura 2. Avaliação dos tratamentos. A: Medição da altura a parte aérea; B: Mensuração do diâmetro do coleto; C: Retirada do substrato das raízes; D: Separação da parte aérea das raízes; E: Obtenção da massa seca das raízes.

A altura da parte aérea foi obtida com auxílio de uma régua, medindo-se desde a base da muda até a gema apical. O diâmetro do coleto foi medido com auxílio de um paquímetro digital, da marca Eletronic Digital Caliper, com precisão de 0,01 mm, na altura do substrato. Os valores de massa seca foram determinados após a lavagem do sistema radicular para a retirada do substrato, sendo as mudas seccionadas na altura do coleto, visando separar o sistema radicular da parte aérea, com posterior secagem do material em estufa à 75°C, até obtenção da massa seca constante, e pesagem do material em balança analítica, com precisão de 0,001 g (BÖHM, 1979).

5.2.4 Tratamentos e procedimentos estatísticos

A influência das diferentes dosagens do polímero e das lâminas de irrigação sobre a qualidade das mudas foi avaliada considerando um delineamento inteiramente casualizado, com 15 tratamentos dispostos em esquema de parcelas subdivididas 3x5, com três lâminas de irrigação nas parcelas e cinco dosagens do polímero hidroretentor nas subparcelas, sendo consideradas cinco repetições compostas por 8 mudas cada. Os tratamentos adotados foram: T1 = irrigação de 6 mm + 0 g L⁻¹ do polímero; T2 = irrigação de 6 mm + 1 g L⁻¹ do polímero; T3 = irrigação de 6 mm + 2 g L⁻¹ do polímero; T4 = irrigação de 6 mm + 3 g L⁻¹ do polímero; T5 = irrigação de 6 mm + 4 g L⁻¹ do polímero; T6 = irrigação de 9 mm + 0 g L⁻¹ do polímero; T7 = irrigação de 9 mm + 1 g L⁻¹ do polímero; T8 = irrigação de 9 mm + 2 g L⁻¹ do polímero; T9 = irrigação de 9 mm + 3 g L⁻¹ do polímero; T10 = irrigação de 9 mm + 4 g L⁻¹ do polímero; T11 = irrigação de 12 mm + 0 g L⁻¹ do polímero; T12 = irrigação de 12 mm + 1 g L⁻¹ do polímero; T13 = irrigação de 12 mm + 2 g L⁻¹ do polímero; T14 = irrigação de 12 mm + 3 g L⁻¹ do polímero; T15 = irrigação de 12 mm + 4 g L⁻¹ do polímero. Em todas as análises realizadas, os clones foram avaliados separadamente.

Depois de verificada a homogeneidade e normalidade dos dados, estes foram submetidos à análise de variância ($\alpha = 0,05$), sendo utilizado o pacote ExpDes do *software* R versão 2.13.1 (FERREIRA et al., 2013). Quando as interações entre os fatores foram significativas ($p < 0,05$), procedeu-se a análise de variância da regressão múltipla ($\alpha = 0,05$) utilizando o *software* Statistica 7 (STATSOFT INC, 2004), com análise gráfica em superfície de resposta. Nos casos em que a interação foi não significativa ($p > 0,05$), procedeu-se a regressão simples para cada parâmetro significativo. Porém, como todos os parâmetros analisados apresentaram baixa correlação com as fontes de variação ($R^2 <$

0,26), as regressões não foram apresentadas, sendo utilizado, portanto, o teste de Tukey ($\alpha = 0,05$) para comparar os fatores isolados.

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A qualidade das mudas de cada clone apresentou respostas diferenciadas em relação às diferentes dosagens do polímero e das diferentes lâminas de irrigação, bem como entre suas interações (Tabela 1).

Tabela 1. Análise de variância para os parâmetros avaliados em mudas clonais de eucalipto aos 95 dias após o estaqueamento.

Valores de quadrados médios											
	FV	GI	H	D	NF	H/D	MSA	MSR	MST	MAS/MSR	IQD
AEC 0144	I	2	146,21**	0,45**	39,59**	10,30**	0,33**	0,05**	0,59**	1,21**	0,002**
	P	4	10,41**	0,10**	2,61*	0,77	0,07**	0,01	0,14**	0,06	0,001*
	I x P	8	5,78**	0,06**	1,44	0,91*	0,05**	0,01*	0,11**	0,10	0,001*
	Média geral		21,19	2,02	10,36	10,63	0,79	0,38	1,17	2,10	0,09
	CVa %		10,11	7,16	15,14	8,80	18,34	22,59	18,79	14,52	19,24
	CVb %		5,52	6,87	8,74	5,52	16,55	18,95	15,89	17,14	17,81
Valores de quadrados médios											
	FV	GI	H	D	NF	H/D	MSA	MSR	MST	MAS/MSR	IQD
GG100	I	2	150,16**	0,051**	29,96**	6,10**	0,53**	0,12**	1,15**	0,14	0,005**
	P	4	47,82**	0,65**	3,50**	2,77**	0,68**	0,10**	1,29**	0,25*	0,009**
	I x P	8	2,14*	0,51**	0,39	0,55	0,04**	0,00	0,05**	0,19*	0,000
	Média geral		21,90	2,11	9,60	10,50	0,85	0,40	1,25	2,11	0,10
	CVa %		7,64	7,64	8,61	7,86	11,54	11,18	10,35	10,31	13,81
	CVb %		5,17	6,10	7,43	5,76	11,48	12,92	10,44	12,47	12,90
Valores de quadrados médios											
	FV	GI	H	D	NF	H/D	MSA	MSR	MST	MAS/MSR	IQD
VM01	I	2	15,12*	0,18*	8,14*	4,15**	0,14	0,02	0,26	0,04	0,00
	P	4	14,73**	0,24**	4,20**	0,33	0,12**	0,01*	0,10**	0,49**	0,002**
	I x P	8	2,59	0,05	1,29	0,42	0,02	0,01	0,03	0,26	0,00
	Média geral		15,85	2,22	7,81	7,19	0,69	0,30	0,99	2,34	0,10
	CVa %		10,73	8,89	14,53	8,82	30,58	36,18	31,85	12,90	34,20
	CVb %		7,41	7,27	12,02	6,63	17,02	17,97	16,09	14,92	16,56

FV = Fonte de variação; GI = Graus de liberdade; H = Altura da parte aérea; D = diâmetro do coleto; NF = número de folhas; H/D = relação entre altura e diâmetro; MSA = Massa seca da parte aérea; MSR = Massa seca das raízes; MST = Massa seca total; MSA/MSR = relação entre massa seca aérea e massa seca das raízes; IQD = índice de qualidade de Díckson; I = Lâminas de irrigação; P = Dosagens do polímero hidrorretentor; CV = coeficiente de variação experimental da parcela (a) e subparcela (b); ** = significativo a 1 %; * significativo a 5 %.

O clone AEC 0144 apresentou interação significativa entre os fatores para a maioria dos parâmetros avaliados, com exceção do número de folhas e da relação entre a massa seca aérea e a massa seca das raízes. Já o clone GG100 não apresentou interações

significativas também para o número de folhas, para a relação H/D, para a massa seca das raízes e para o índice de qualidade de Dickson, enquanto que o clone VM01 não apresentou interações significativas entre os fatores para nenhum dos parâmetros avaliados. De forma geral, os coeficientes de variação experimental foram baixos, indicando um elevado controle experimental.

5.3.1 Altura da parte aérea, diâmetro do coleto, relação H/D e número de folhas

A altura da parte aérea das mudas para os clones AEC 0144 e GG100 apresentou interação significativa entre os fatores dosagens do polímero e lâminas de irrigação, ajustando-se o modelo polinomial de regressão (Figura 3a e 3b). Por meio do estudo de superfície de resposta, foi possível constatar que, para ambos os clones, a dosagem do polímero de 2 g L⁻¹ associada à lâmina de irrigação de 12 mm proporcionaram os maiores valores para esse parâmetro no intervalo experimental. Já para o clone VM01, não foi observada significância na interação entre os fatores, sendo que mudas produzidas com lâmina de irrigação de 12 mm proporcionaram maiores valores para a altura das mudas, sendo diferente significativamente apenas da lâmina de 6 mm (Figura 4a), independente da dosagem do polímero utilizada. Quanto à dosagem do polímero, todos os tratamentos contendo o produto foram estatisticamente iguais entre si e diferentes da testemunha (Figura 4b), que não chegou a atingir 15 cm, que é a altura mínima recomendada para plantio de *E. grandis* no campo (GOMES et al., 1996).

Ramos (2012), avaliando a disponibilidade hídrica e hidrotentores na produção de mudas clonais de eucalipto, verificou interação significativa entre os fatores, sendo que a lâmina de 70 % apresentou valores maiores para a altura das mudas, em todas as dosagens do polímero (0,33; 0,66 e 1 g L⁻¹). Já Vervloet Filho (2011), ao utilizar o polímero (0; 1 e 2 g L⁻¹) no substrato de produção de mudas de quatro clones híbridos de *E. grandis* x *E. urophylla*, com duas lâminas de irrigação (100 % e 80 %), verificou para a altura da parte aérea que o uso do polímero somente apresentou maiores médias para o clone 11420 e que a redução de 20 % na lâmina de irrigação não afetou o crescimento das mudas dos clones 6466 e 11436.

Gomes (2013) também constatou interação entre as lâminas de irrigação (100 %, 75 % e 50 %) e as dosagens do polímero (0 e 0,5 g L⁻¹), mesmo que a altura das mudas clonais de *E. grandis* x *E. urophylla* tenham sofrido pequena variação. Já Lopes et al. (2007), constataram que o incremento em altura foi proporcional ao aumento da lâmina de irrigação para mudas de *E. grandis* em ambos os substratos analisados. Bernardi et al.

(2012), ao avaliarem o crescimento de mudas de *Corymbia citriodora* em função do uso do polímero (0 e 6 g L⁻¹) e doses de adubação, constataram efeito positivo com o uso de polímero hidroretentor (incremento de 22,99 % para altura da parte aérea e 23,12 % para o diâmetro), quando comparadas com mudas produzidas sem a adição do produto, na mesma adubação. Esses autores verificaram ainda que, a utilização do polímero permite a redução em, pelo menos, 20 % da adubação rotineira, utilizada pelo viveiro comercial.

Em relação ao diâmetro do coleto, observou-se no presente trabalho que a aplicação conjunta das dosagens do polímero com as diferentes lâminas de irrigação contribuiu positivamente para o aumento do diâmetro do coleto das mudas dos clones AEC 0144 e GG100, sendo que no primeiro, a dosagem do polímero de 2 g L⁻¹ associada à lâmina de irrigação de 12 mm proporcionaram os maiores valores (Figura 3c), enquanto que para o segundo, a utilização de 2 g L⁻¹ do polímero, permitiu obter diâmetros maiores utilizando a lâmina de irrigação de 9 a 12 mm (Figura 3d). Para o clone VM01 a influência dos fatores sobre o diâmetro das mudas foi avaliada separadamente, por não haver interação (Figura 4c e 4d). Mudas produzidas com a lâmina de 12 mm, proporcionaram mudas de maior diâmetro, sendo estatisticamente superior apenas da lâmina de 9 mm, independente da dosagem do polímero utilizada. A testemunha, sem o polímero obteve médias estatisticamente inferiores aos outros tratamentos, que não diferiram entre si, independentemente da lâmina de irrigação utilizada.

Em estudo desenvolvido por Maldonado-Benitez et al. (2011), o polímero hidroretentor em sua maior dosagem (4g L⁻¹), apresentou diâmetros superiores em relação aos tratamentos com 2 g L⁻¹ e sem o polímero, para mudas de *Pinus greggii*, divergindo dos resultados obtidos no presente trabalho, em que maiores dosagens tenderam a apresentar valores ligeiramente menores. Já Vervloet Filho (2011), constatou que não houve influência das dosagens do polímero no desenvolvimento em diâmetro das mudas de eucalipto, havendo apenas um menor ganho em diâmetro, quando utilizada lâmina reduzida para o clone 6466.

Gomes (2013) também não observou interação significativa entre as lâminas de irrigação e dosagens do polímero para o diâmetro das mudas, sendo que nem as dosagens do polímero, nem as lâminas de irrigação apresentaram diferenças significativas no decorrer do experimento, mesmo que 100 % da irrigação tenham produzido mudas de maior diâmetro. Em contrapartida, Ramos (2012) observou a interação significativa entre lâminas de irrigação e a combinação dosagens do polímero, sendo que mudas produzidas

com 70 % de irrigação com de dosagens de 0,33 e 0,66 g L⁻¹, proporcionaram as maiores médias.

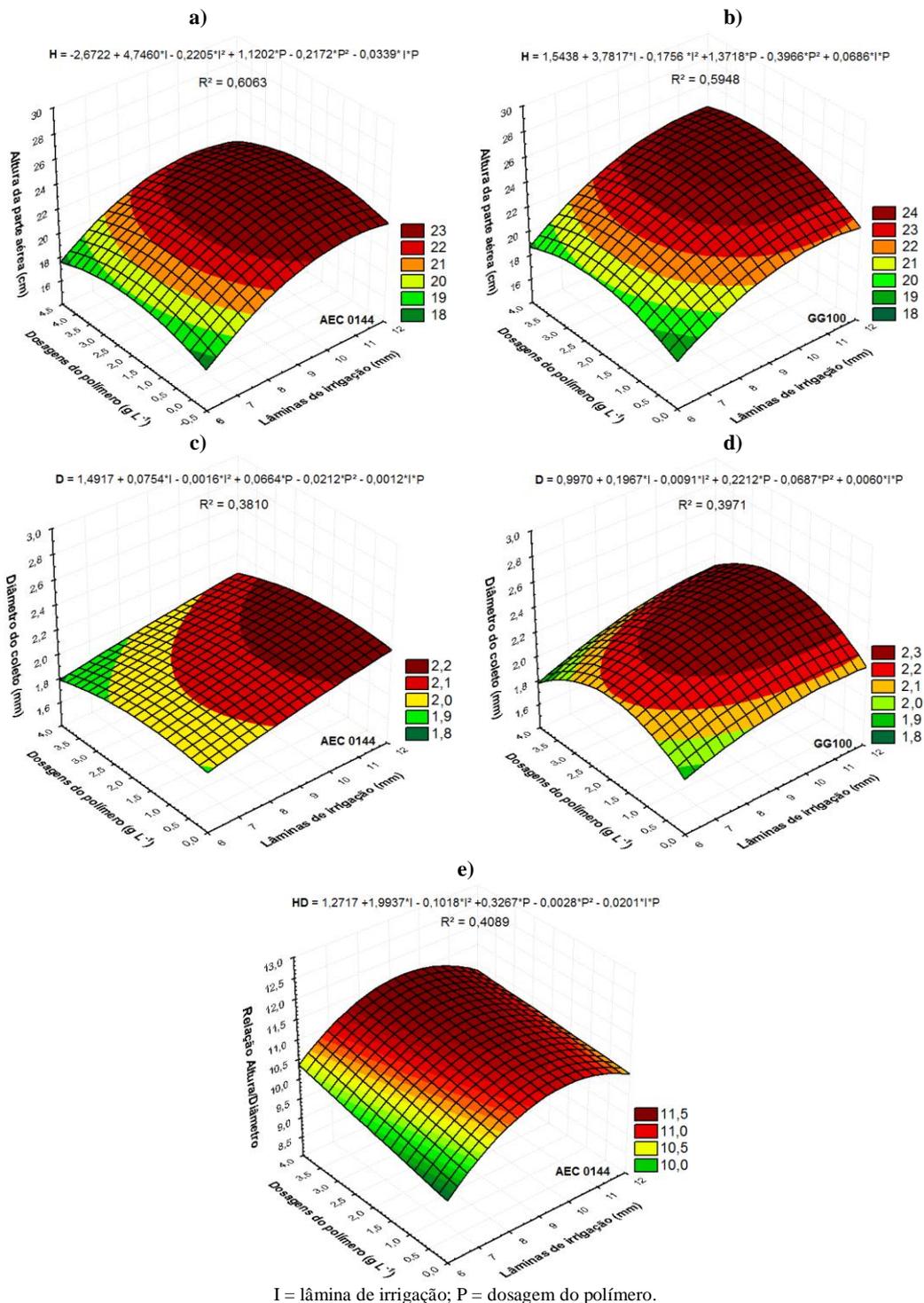


Figura 3. Superfície de resposta em função da combinação entre as dosagens do polímero e as lâminas de irrigação. a) Altura da parte aérea do clone AEC 0144; b) Altura da parte aérea do clone GG100; c) Diâmetro do coleto do clone AEC 0144; d) Diâmetro do coleto do clone GG100; e) Relação altura/diâmetro do clone AEC 0144, aos 95 dias após o estaqueamento.

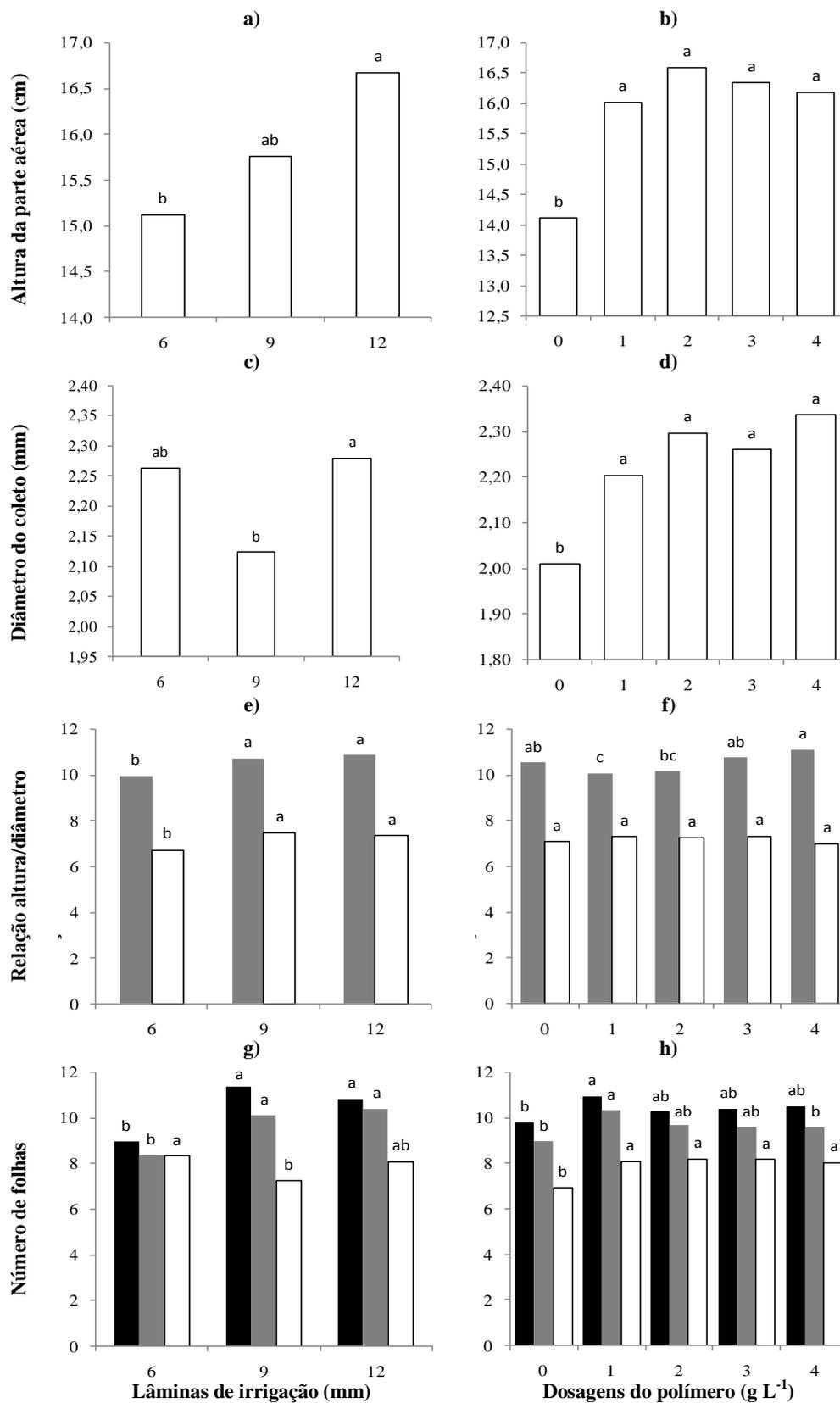


Figura 4. Resposta de mudas clonais de eucalipto aos fatores lâmina de irrigação e dosagens do polímero. Colunas pretas = Clone AEC 0144; colunas cinzas = Clone GG100; colunas brancas = Clone VM01. Colunas da mesma cor seguidas pela mesma letra não se diferenciam pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$).

Para a relação H/D, também denominado de quociente de robustez, quanto menor for o seu valor, maior será a capacidade das mudas sobreviverem e se estabelecerem em campo (GOMES e PAIVA, 2004). No presente trabalho, a relação H/D sofreu influência da interação entre os fatores, sendo que dosagens de 2 g L⁻¹ a 4 g L⁻¹ com lâmina de irrigação de 9 a 12 mm proporcionaram maiores valores para o clone AEC 0144, enquanto que mudas produzidas com a irrigação de 6 mm em todas as dosagens do polímero, promoveram a obtenção de mudas mais robustas (Figura 3e). Os clones GG100 e VM01 não apresentaram interação significativa e, médias estatisticamente inferiores foram observadas para esse parâmetro em mudas produzidas com lâmina de 6 mm, proporcionando mudas mais robustas, sendo que não houve diferenças estatísticas entre as outras lâminas (Figura 4e). Para o clone GG100 essa relação foi influenciada pelas diferentes dosagens do polímero, sendo que as maiores médias foram obtidas com a dosagem de 4 g L⁻¹, com mudas mais delgadas, que não se diferenciou da testemunha, que por sua vez se diferenciou somente da dosagem de 1 g L⁻¹, que propiciou a obtenção de mudas mais robustas. Já para o clone VM01, a relação H/D não foi influenciada pelas diferentes dosagens do polímero, não havendo diferenças significativas entre os tratamentos (Figura 4f).

Resultados semelhantes aos obtidos para o clone VM01 foram encontrados por Sousa et al. (2013), que ao avaliarem dosagens do polímero (de 0 a 8 g L⁻¹) na produção de mudas de *Anadenanthera peregrina*, não constataram diferenças significativas nos tratamentos, porém esse fato ocorreu em consequência desses autores não verificarem diferenças também nas variáveis altura da parte aérea e diâmetro do coleto. Para Bernardi et al. (2012), a utilização de 6 g L⁻¹ do polímero e as diferentes doses de adubo no substrato também não promoveram alterações na variável na relação H/D quando comparadas com a testemunha (sem o polímero e com 100 % da adubação) para mudas de *Corymbia citriodora*. Ao analisar diferentes lâminas de irrigação (8; 10; 12 e 14 mm) na produção de mudas de *Schinus terebinthifolius*, Morais et al. (2012) constataram que mudas produzidas com a menor e a maior lâmina de irrigação proporcionaram mudas com menores valores para essa relação, sendo portanto mais equilibradas.

O número de folhas das mudas em todos os clones foi influenciado pelos fatores isolados, não sendo constatadas interações significativas. As lâminas de irrigação de 9 e 12 mm proporcionaram médias superiores e sem diferenças estatísticas entre si e diferentes apenas das mudas produzidas com 6 mm para os clones AEC 0144 e GG100. Comportamento diferenciado foi observado para o clone VM01, em que o maior número

de folhas foi obtido em mudas produzidas com 6 mm de irrigação, sendo diferente estatisticamente apenas das mudas produzidas com lâmina de 9 mm (Figura 4g). Quanto às dosagens do polímero, para todos os clones avaliados, a não utilização proporcionou as menores médias (figura 4h), sendo que no clone AEC 0144 a dosagem de 1 g L⁻¹ foi estatisticamente superior apenas em relação à testemunha e no clone GG100, a dosagem de 1 g L⁻¹ foi estatisticamente superior da testemunha e da dosagem de 4 g L⁻¹. Já para o clone VM01, todas as dosagens foram superiores em relação à testemunha e iguais entre si.

Moreira et al. (2010), trabalhando com mudas de amoreira (*Morus* sp.), com diferentes dosagens do polímero (0; 3; 6 e 9 g L⁻¹) e dois diâmetros da estaca (7-10 mm e 4-7 mm), não observaram interação significativa para o número de folhas, sendo que não houve diferenças significativas para os diâmetros das estacas. Em relação ao polímero, o acréscimo para esse parâmetro foi de 15,78 %, na dosagem de 6,71 g L⁻¹, em relação às estacas que não tiveram o polímero incorporado ao substrato. Já Ramos (2012) não constatou efeito das lâminas de irrigação e da dosagem do polímero em mudas clonais de eucalipto, aos 90 dias, quanto ao número de folhas.

5.3.2 Massa seca da parte aérea, das raízes, total e relação MSA/MSR

Por meio do estudo de superfície de resposta, constatou-se que para os clones AEC 0144 e GG100, a massa seca da parte aérea apresentou os maiores valores quando utilizada a dosagem do polímero de 2 g L⁻¹, associada à lâmina de irrigação de 9 a 12 mm (Figura 5a e 5b). Para o clone VM01, não houve diferença significativa dos valores desse parâmetro em relação às lâminas de irrigação (Figura 6a), já para as dosagens do polímero, a testemunha apresentou valores estatisticamente inferiores aos demais tratamentos que foram iguais entre si (Figura 6b).

Para Lopes et al. (2007), o incremento da massa seca da parte aérea ocorreu conforme o aumento da lâmina da irrigação em ambos os substratos de produção das mudas de *E. grandis*, divergindo dos resultados obtidos no presente trabalho para o clone VM01. Rodrigues (2007) constatou que a interação entre as lâminas de irrigação (7,2; 9,6 e 12 mm) e as dosagens no polímero (0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 g L⁻¹) foi significativa, sendo as maiores médias da massa seca da parte aérea observadas com a maior lâmina de irrigação e com dosagens intermediárias do polímero. Gomes (2013) também observou interação significativa para as diferentes lâminas de irrigação e dosagens do polímero, sendo que mudas produzidas com 75 % da irrigação, sem o polímero, produziram maior massa seca da parte aérea para mudas clonais de *E. grandis* x *E. urophylla*. Já para a massa seca das

raízes, esses autores observaram que mudas com 100 % da irrigação e com o 0,5 g L⁻¹ do polímero promoveram maiores valores.

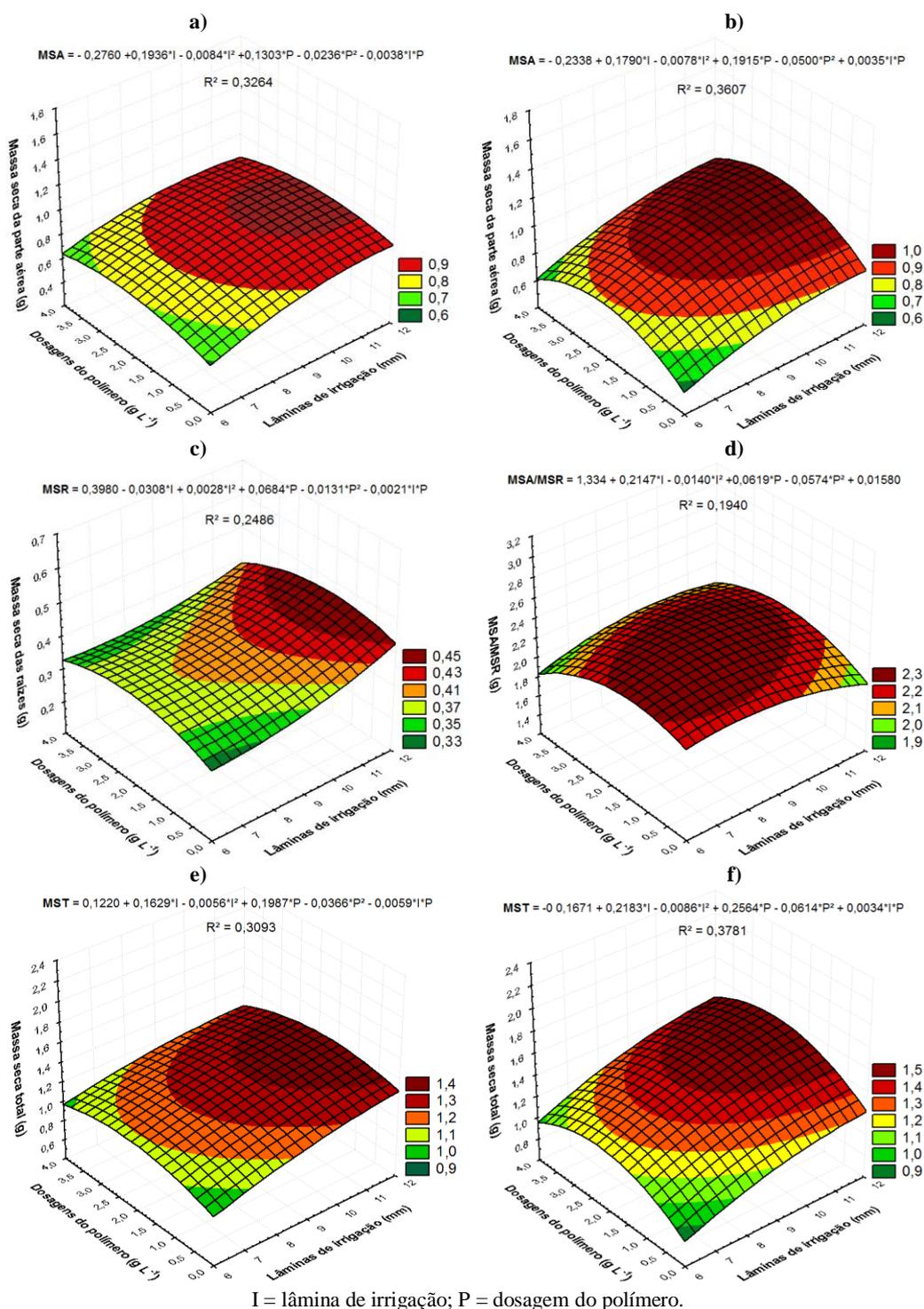


Figura 5. Superfície de resposta em função da combinação entre as dosagens do polímero e as lâminas de irrigação. a) Massa seca da parte aérea do clone AEC 0144; b) Massa seca da parte aérea do clone GG100; c) Massa seca das raízes do clone AEC 0144; d) Relação da massa seca aérea e massa seca das raízes do clone GG100; e) Massa seca total do clone AEC 0144; f) Massa seca total do clone GG100, aos 95 dias após o estaqueamento.

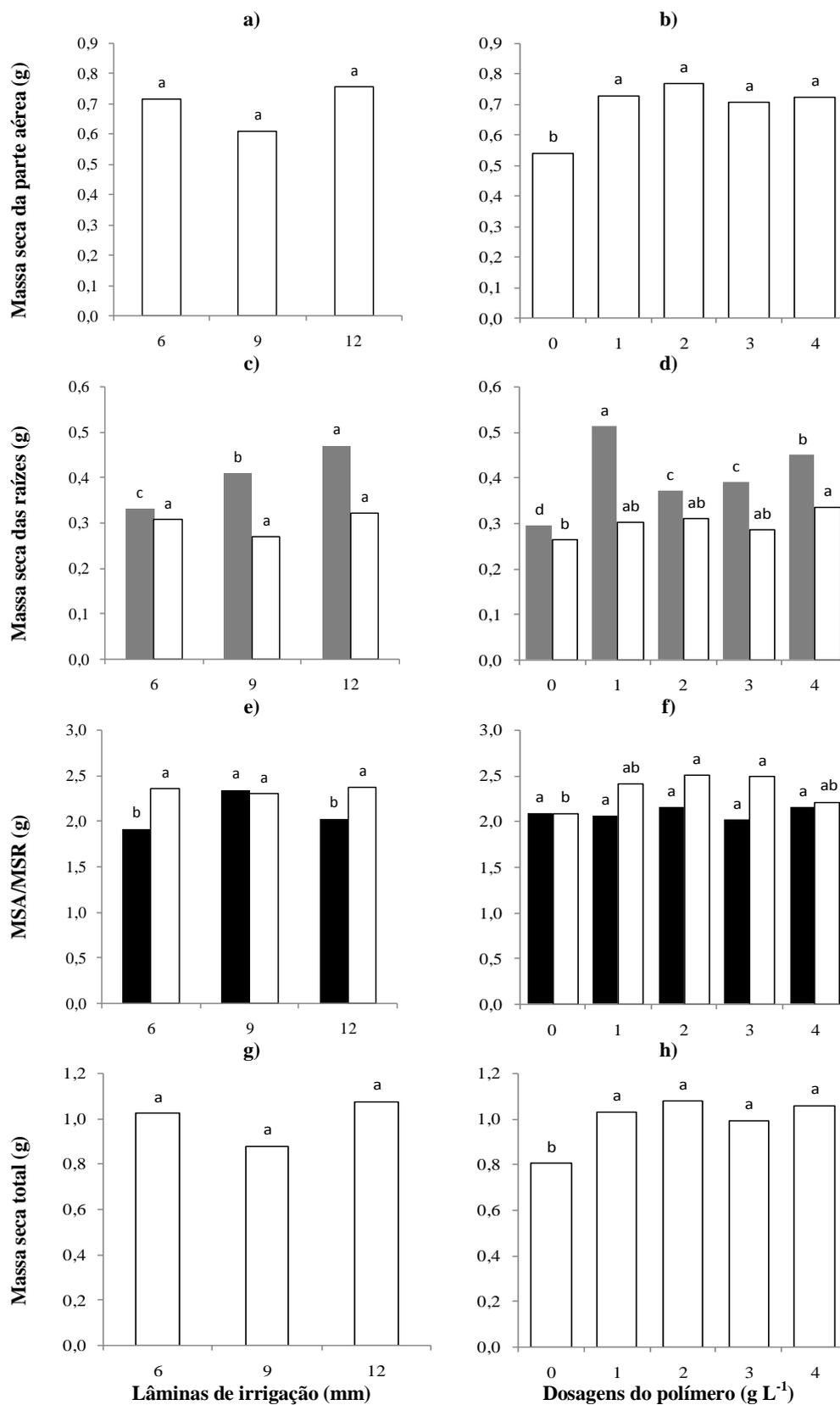


Figura 6. Resposta de mudas clonais de eucalipto aos fatores lâmina de irrigação e dosagens do polímero analisados separadamente. Colunas pretas = Clone AEC 0144; colunas cinzas = Clone GG100; colunas brancas = Clone VM01. Colunas da mesma cor seguidas pela mesma letra não se diferenciam pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$).

Apenas a massa seca das raízes do clone AEC 0144 apresentou interação significativa, sendo que a aplicação conjunta das dosagens do polímero com as lâminas de irrigação contribuiu positivamente com a produção de massa seca das raízes, sendo que o valor máximo foi obtido na lâmina de 12 mm, com 2 g L⁻¹ do polímero (Figura 5c). O efeito isolado dos fatores foi observado para a massa seca das raízes nos clones GG100 e VM01, sendo que no primeiro, todos os tratamentos foram diferentes entre si, com maiores médias para mudas produzidas com 12 mm de irrigação e as menores médias com 6 mm, e no segundo não houve diferenças para esse fator (Figura 6c). Quanto às dosagens do polímero, para o clone GG100 a utilização de 1 g L⁻¹ promoveu médias estatisticamente superiores aos demais tratamentos, enquanto que, mudas produzidas sem o produto proporcionaram mudas estatisticamente inferiores aos outros tratamentos. Já para o clone VM01, a dosagem de 4 g L⁻¹ proporcionou médias estatisticamente superiores apenas à testemunha (Figura 6d).

Para Lopes et al. (2007), o regime hídrico influenciou no desenvolvimento radicial, ocorrendo o aumento gradativo da sua massa seca em ambos os substratos, à medida que a lâmina de irrigação foi maior, em mudas de *E. grandis*. Para Rodrigues (2007), mudas clonais de eucalipto produzidas com lâminas de irrigação e dosagens do polímero não tiveram sua massa seca das raízes influenciadas pelos fatores, nem em relação à interação e nem isoladamente.

Em mudas de cafeeiro, Marques et al. (2013) constataram que aos 240 dias, mudas produzidas com 2 g do polímero por saco (20 x 11 x 7 cm) apresentaram as maiores médias, sendo estatisticamente superiores aos tratamentos sem o polímero (com e sem irrigação) e às demais dosagens do polímero (1 e 3 g por saco, sem irrigação) para a massa seca das raízes. Sousa et al. (2013) verificaram que, apesar de não haver diferenças em relação aos parâmetros relacionados a parte aérea, para a massa seca das raízes e massa seca total, dosagens acima de 4 g L⁻¹ influenciaram negativamente, afetando a formação do sistema radicular e, conseqüentemente a qualidade das mudas de *Anadenanthera peregrina*.

Os clones AEC 0144 e GG100 apresentaram interação significativa entre os fatores, sendo observado em ambas as superfícies de resposta que lâminas de irrigação superiores a 9 mm, juntamente com a dosagem de 2 g L⁻¹, proporcionaram os maiores valores para a massa seca total das mudas (Figura 5e e 5f). Já o clone VM01 não apresentou diferenças entre as lâminas de irrigação (Figura 6g) e a utilização do polímero, a partir de 1 g L⁻¹, proporcionaram médias estatisticamente superiores à testemunha para

esse parâmetro (Figura 6h). Ao avaliar o efeito de lâminas de irrigação na produção de mudas de *E. grandis* em substratos compostos por fibra de coco, Lopes et al. (2005b), constataram que a massa seca total das mudas aumentou gradativamente com o aumento da quantidade de água. Para Silva (2003) em estudos sobre a eficiência do uso da água, a produção da massa seca total é linearmente proporcional a quantidade de água utilizada.

Na relação MSA/MSR, quanto menor for o valor obtido, melhor é a qualidade das mudas. Somente para o clone GG100 houve interação significativa entre os fatores para essa relação, sendo que para a maioria das combinações entre os fatores essa relação sofreu pouca alteração, sendo observados decréscimos apenas quando combinadas a lâmina de irrigação de 12 mm com a não utilização do polímero e a lâmina de 6 mm com a utilização de 4 g L⁻¹ do produto (Figura 5 d). Ao analisar os fatores separadamente para os clones AEC 0144 e VM01, foram verificadas diferenças significativas entre as lâminas de irrigação apenas para o clone AEC 0144, onde a lâmina de 9 mm foi estatisticamente superior às demais (Figura 6e). Para as dosagens do polímero, foram observadas diferenças significativas apenas para o clone VM01, em que apenas os tratamentos com 2 e 3 g L⁻¹ foram estatisticamente superiores à testemunha (Figura 6f).

Ao avaliar o polímero hidrorretentor como substituto da irrigação complementar em viveiro de mudas de cafeeiro, Marques et al. (2013) constataram que ao final do experimento, os maiores valores da relação MSA/MSR foram encontrados para o tratamento irrigado (sem o polímero e com irrigação) em comparação com os outros tratamentos não irrigados contendo o polímero. Para os autores, esses resultados poderiam indicar que os demais tratamentos sofreram os efeitos do estresse hídrico, sendo que a utilização do polímero sem irrigação não foi suficiente para compensar a falta de água.

5.3.3 Índice de qualidade de Dickson

O índice de qualidade de Dickson dos clones GG100 e VM01 não foi influenciado pela interação entre os fatores, mas sim por esses isoladamente. Em relação à lâmina de irrigação, para o clone GG100, a lâmina de 12 mm promoveu a obtenção de mudas de maior qualidade, sendo estatisticamente superior às demais, que foram diferentes entre si. Já para o clone VM01, as lâminas de irrigação não se diferenciaram estatisticamente (Figura 7a). Quanto à dosagem do polímero, para o clone GG100, as maiores médias de IQD foram obtidas em mudas produzidas com 1 g L⁻¹, que foi significativamente superior às demais, sendo que mudas produzidas sem a presença do polímero foram

estatisticamente inferiores. Para o clone VM01 as dosagens de 2 e 4 g L⁻¹ foram iguais entre si e superiores apenas da testemunha (Figura 7b).

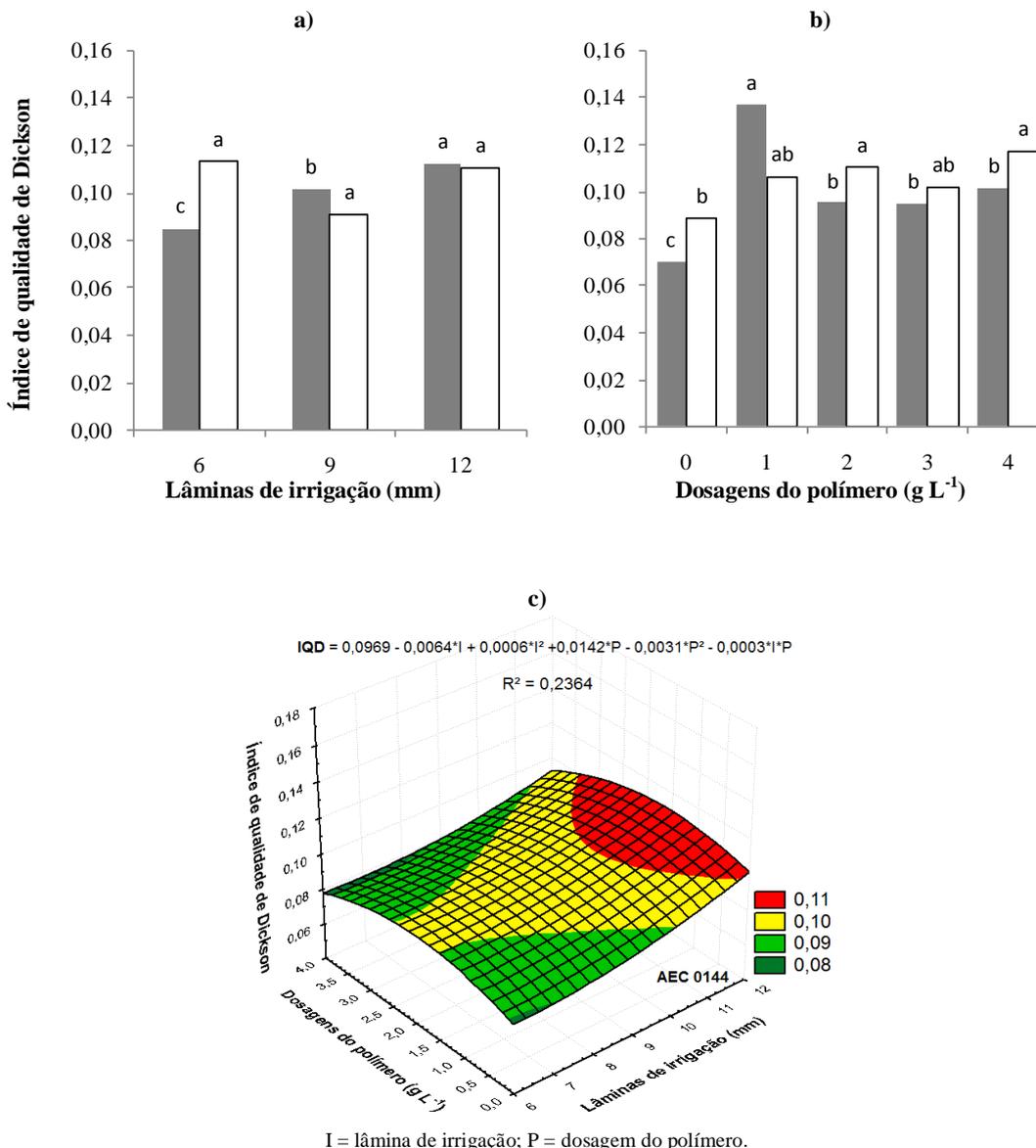


Figura 7. Índice de qualidade de Dickson para mudas clonais de eucalipto. Resposta isolada dos fatores lâmina de irrigação (a) e dosagens do polímero (b) para mudas do clone GG100 (colunas cinza) e VM01 (colunas brancas). Superfície de resposta em função da combinação entre as dosagens do polímero e as lâminas de irrigação para o clone AEC 0144 (c). Colunas da mesma cor seguidas pela mesma letra não se diferenciam pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$).

A interação entre os fatores foi observada para o clone AEC 0144, sendo que mudas produzidas com 12 mm de irrigação com 2 g L⁻¹ proporcionaram melhor qualidade às mudas (Figura 7c). Para Maldonado-Benitez et al. (2011), o IQD, por combinar as relações H/D e MAS/MSR, os resultados se tornam lógicos, uma vez que refletem o equilíbrio no crescimento já descrito. Sousa et al. (2013) observaram que o IQD foi influenciado negativamente pela utilização do polímero hidroretentor em mudas de *Anadenanthera peregrina*, sendo que as mudas produzidas sem a adição do polímero obtiveram o maior valor, que foi estatisticamente superior aos das dosagens de 4, 6 e 8 g L⁻¹, representado em um comportamento linear decrescente sobre seu valor quando aumentadas as dosagens. Para Moraes et al. (2012), apesar da amplitude das lâminas (8; 10; 12 e 14 mm), o IQD das mudas de *Schinus terebinthifolius* não apresentou diferenças estatísticas entre os tratamentos.

5.3.4 Discussão integrada dos parâmetros

Nas condições em que foi realizado o presente estudo, para os clones AEC 0144 e GG100 a produção de mudas com dosagem de 2 g L⁻¹ do polímero incorporado ao substrato, com lâmina de irrigação diária a partir de 9 mm é recomendada por proporcionar a maior qualidade, quando conjugados todos os parâmetros. Já para o clone VM01, a utilização de 1 g L⁻¹ é a mais recomendada, por esta apresentar diferenças significativas, na maioria dos parâmetros, apenas da testemunha. Portanto, a utilização dessa dosagem permite maior economia em relação às demais. Em relação à lâmina de irrigação, para todos os clones AEC 0144 e GG100, a utilização do polímero permitiu a redução em 25 % da lâmina diária de irrigação, sem afetar a qualidade das mudas, já para o clone VM01, como a interação não foi significativa, o polímero não influenciou nessa redução. Porém, a redução em 25 % da irrigação também não afetou a qualidade das mudas desse clone. Portanto, para todos os clones, a lâmina de 9 mm diários é a mais indicada.

Os resultados obtidos no presente trabalho apontam que a utilização do polímero hidroretentor incorporado ao substrato na produção de mudas clonais de eucalipto é bastante promissora, uma vez que promoveu a obtenção de mudas de maior qualidade e a redução da lâmina diária de irrigação. Por ser um material relativamente fácil de ser encontrado no mercado e possuir preço acessível, mesmo em escala comercial, pode ser utilizado nos viveiros florestais, uma vez que é recomendada uma pequena quantidade do produto por litro de substrato (de 1 a 2 g), apresentando o benefício da redução de 25 % da

lâmina de irrigação, acarretando no menor uso da água, de energia e, conseqüentemente, em economia para o viveiro.

Portanto, a utilização desse produto é recomendada para locais, como os do presente estudo, que apresentam estações secas bem definidas em que a irrigação se faz necessária em grandes quantidades, e que muitas vezes apresentam disponibilidade hídrica reduzida, ou em lugares onde se deseje a redução da utilização da água.

É importante ressaltar que diferentes materiais genéticos, em condições ambientais diferenciadas, podem não apresentar as mesmas respostas obtidas no presente trabalho. Portanto, sugere-se que futuros estudos sejam desenvolvidos, para outros materiais genéticos, buscando adaptar as dosagens utilizadas às diferentes práticas de manejo adotadas pelos viveiros. Também é importante ressaltar a necessidade da avaliação do comportamento das mudas produzidas com o polímero hidroretentor em campo.

5.4 CONCLUSÕES

Para os clones AEC 0144 e GG100, a dosagem de 2 g L⁻¹ proporcionou a obtenção de mudas de maior qualidade, enquanto que para o clone VM01, essa dosagem foi de 1 g L⁻¹. A incorporação do polímero hidroretentor ao substrato mostrou-se uma alternativa promissora para a produção de mudas clonais de eucalipto, pois proporcionou a melhoria da qualidade das mudas dos três clones avaliados, além de permitir a redução em 25 % da lâmina diária de irrigação no viveiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAF. Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. **Anuário Estatístico ABRAF 2013: ano base 2012**. Brasília, 2013. 148p.

AJALA, M. **Efeito do volume do recipiente na formação de mudas e de hidrogel na implantação de *Jatropha curcas* L.** 2009. 57p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2009.

AZEVEDO, T. L. F. **Avaliação da eficiência do polímero agrícola de poliacrilamida no fornecimento de água para o cafeeiro (*Coffea arabica* L.) cv. Tupi.** 2000. 38p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2000.

AZEVEDO, T. L. F.; BERTONHA, A.; FREITAS, P. S. L.; GONCALVES, A. C. A.; REZENDE, R.; DELLACORT, R.; BERTONHA, L. C. Retenção de soluções de sulfatos

por hidrogéis de poliacrilamida. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 28, n. 2, p. 287-290, 2006.

AZEVEDO, T. L. F.; BERTONHA, A.; GONÇALVES, A. C. A. Uso de hidrogel na agricultura. **Revista do Programa de Ciências Agro-Ambientais**, v.1, n.1, p. 23-31, 2002a.

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

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

BENIN, C. C.; PERES, F. S. B.; GARCIA, F. A. O. Enraizamento de miniestacas apicais, intermediárias e basais em clones de *Eucalyptus benthamii*. **Floresta**, v. 43, n. 3, p. 421-428, 2013.

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

BÖHM, W. **Methods of studying root systems**. Berlin: Springer- Verlag, 1979. 188 p.

BOLFE, E. L.; PEREIRA, R. S.; MADRUGA, P. R. A.; FONSECA, E. L. Avaliação da classificação digital de povoamentos florestais em imagens de satélite através de índices de acurácia. **Revista Árvore**, v. 28, n. 1, p. 85-90, 2004.

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

CAMARA, G. R.; REIS, E. F.; ARAÚJO, G. L.; CAZOTTI, M. M.; DONATELLI JÚNIOR, E. J. Avaliação do desenvolvimento do cafeeiro conilon robusta tropical mediante uso de polímeros hidroretentores e diferentes turnos de rega. **Enciclopédia Biosfera**, v.7, n.13, p.135-141, 2011.

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

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

DAVIDE, A. C.; FARIA, J. M. R. Viveiros florestais. In: DAVIDE, A. C.; SILVA, E. A. A. (Eds) **Produção de sementes e mudas de espécies florestais**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2008. p. 83-124.

DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forest Chronicle**, v. 36, p. 10-13, 1960.

DRANSKI, J. A. L. **Sobrevivência e crescimento inicial de pinhão-mansão em função da época de plantio e do uso de hidrogel**. 2010. 57p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2010.

DRANSKI, J. A. L.; PINTO JUNIOR, A. S.; CAMPAGNOLO, M. A.; MALAVASI, U. C.; MALAVASI, M. M. Sobrevivência e crescimento do pinhão-mansão em função do método de aplicação e formulações de hidrogel. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.5, p.537-542, 2013.

FERREIRA, E. B.; CAVALCANTI, P. P.; NOGUEIRA, D. A. **ExpDes: Experimental Designs package. R package version 1.1.2**. 2013.

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

GOMES, D. R. **Resposta de mudas clonais de eucalipto cultivadas com hidrorretentor em diferentes níveis de disponibilidade hídrica**. 2013. 89f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2013.

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

GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. **Viveiros florestais (propagação sexuada)**. Viçosa: Editora UFV, 2004.116p. (Caderno didático,72).

LOPES, J. L. W.; GUERRINI, I. A.; SAAD, J. C. C. Efeitos de lâminas de irrigação na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. (Hill ex. Maiden) em substrato de fibra de coco. **Irriga**, v.10, n.2, p.123-134, 2005b.

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**, v.31, p.835-843, 2007.

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

MALDONADO-BENITEZ, K. R.; ALDRETE, A.; LÓPEZ-UPTON, J.; VAQUERA-HUERTA, H.; CETINA-ALCALÁ, V. M. Producción de *Pinus greggii* Engelm. en mezclas de sustrato com hidrogel y riego, en vivero. **Agrociencia**, v.45, p. 389-398, 2011.

MARQUES, P. A. A.; CRIPA, M. A. M.; MARTINEZ, E. H. Hidrogel como substituto da irrigação complementar em viveiro telado de mudas de cafeeiro. **Ciência Rural**, v.43, n.1, p. 1-7, 2013.

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**, v. 32, n. 69, p.23-28, 2012.

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

OLIVEIRA, R. B.; LIMA, J. S. S.; SOUZA, C. A. M.; SILVA, S. A.; FILHO, S. M. Produção de mudas de essências florestais em diferentes substratos e acompanhamento do desenvolvimento em campo. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, n.1, p.122-128, 2008.

PIEVE, L. M. **Uso de polímero hidrorretentor na implantação de lavouras cafeeiras**. 2012. 66p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

RAMOS, K. A. **Disponibilidade hídrica e hidrorretentores na produção de mudas clonais de eucalipto**. 2012. 69p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2012.

RODRIGUES, S. B. S. **Análise do uso da água em unidades de produção de mudas de eucaliptos**. 2007. 93p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

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

SEPLAN GO. **Zoneamento ecológico-econômico da área do entorno do Distrito Federal**. Goiânia: Secretaria de Planejamento e Coordenação, 1994. 192p.

SFB (Serviço Florestal Brasileiro). **Florestas do Brasil em resumo - 2013: dados de 2007-2012**. Brasília: SFB, 2013.

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

SOUSA, G. T. O.; AZEVEDO, G. B.; SOUSA, J. R. L.; MEWS, C. L. SOUZA, A. M. Incorporação de polímero hidrorretentor no substrato de produção de mudas de *Anadenanthera peregrina* (L.) Speg. **Enciclopédia Biosfera**, v.9, n.16, p. 1270-1278, 2013.

STATSOFT, INC. **STATISTICA (data analysis software system), version 7.0**. www.statsoft.com.

VERVLOET FILHO, R. H. **Utilização de hidrorretentor em substrato semi-saturado na produção de mudas de eucalipto**. 2011. 91f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2011.

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

WENDLING, I.; DUTRA, L. F. Produção de mudas de eucalipto por estaquia e miniestaquia. In: WENDLING, I.; DUTRA, L. F. **Produção de mudas de eucalipto**. Colombo: Embrapa Florestas, 2010a. p. 50-80.

WENDLING, I.; DUTRA, L. F. Produção de mudas de eucalipto por sementes. In: WENDLING, I.; DUTRA, L. F. **Produção de mudas de eucalipto**. Colombo: Embrapa Florestas, 2010b. p. 13-48.

6. CONCLUSÕES FINAIS

A utilização do polímero hidroretentor incorporado ao substrato de produção das mudas mostrou-se favorável para a melhoria do enraizamento das miniestacas dos três clones avaliados. No entanto, cada clone respondeu de forma diferenciada quanto à incorporação do polímero. Para os clones AEC 0144 e GG100, a maioria dos parâmetros avaliados não foram influenciados pela utilização do polímero. Já para o clone VM01, quando comparado com a testemunha, a utilização do polímero proporcionou melhor enraizamento das miniestacas, sendo observadas melhorias em praticamente todos os parâmetros avaliados. Uma vez que esse clone apresenta dificuldades no enraizamento, a utilização do polímero pode ser uma forma de amenizar esse problema, se tornando uma alternativa eficiente para a melhoria do enraizamento. Dessa forma, novos estudos são recomendados para materiais genéticos que apresentem baixas taxas de enraizamento.

A utilização do polímero hidroretentor incorporado ao substrato de produção das mudas clonais de eucalipto mostrou-se promissor para a melhoria da qualidade das mudas, além de permitir a otimização do uso da água, possibilitando a redução de 25 % da lâmina diária de irrigação utilizada no viveiro. No entanto, vale ressaltar que podem ser obtidos resultados diferenciados, aos do presente trabalho, quando adotadas diferentes técnicas de produção, bem como a utilização de outros materiais genéticos. Portanto, cabe a cada viveiro florestal adequar as dosagens do polímero ao seu sistema de produção.

O polímero hidroretentor é um produto de preço acessível e pode ser facilmente encontrado no mercado. A sua incorporação ao substrato pode ser uma técnica a ser adotada nos viveiros florestais, uma vez que é recomendada uma pequena quantidade do produto por litro de substrato (de 1 a 2 g), apresentando o benefício da melhoria do enraizamento das miniestacas, do aumento da qualidade das mudas, bem como na redução da lâmina de irrigação, acarretando na otimização e no menor uso da água, e, conseqüentemente, em redução de custos para o viveiro.