

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

**SOBREVIVÊNCIA E ENRAIZAMENTO DE ESTACAS DE  
*Eucalyptus* spp. EM MINITÚNEIS VEDADOS EM  
DIFERENTES SUBSTRATOS E QUANTIDADES DE  
POLÍMERO HIDRORRETENTOR.**

JEFFERSON HORNIG AZEVEDO

ORIENTADOR: ANDERSON MARCOS DE SOUZA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

BRASÍLIA

ABRIL, 2022

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

SOBREVIVÊNCIA NA PROPAGAÇÃO VEGETATIVA DE  
CLONES DE *Eucalyptus* spp. EM ESTRUTURA DE  
MINITÚNEIS VEDADOS.

JEFFERSON HORNIG AZEVEDO

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL DA  
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A  
OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE, NA ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM MANEJO  
FLORESTAL.

APROVADA POR:

---

Prof. Dr. ANDERSON MARCOS DE SOUZA (Orientador)

Professor do Departamento de Engenharia Florestal/Faculdade de Tecnologia/Universidade de Brasília  
[andersonmarcos@unb.br](mailto:andersonmarcos@unb.br)

---

Prof. Dr. REGINALDO SERGIO PEREIRA (Examinador interno)

Professor do Departamento de Engenharia Florestal/Faculdade de Tecnologia/Universidade de Brasília  
[reginaldosp@unb.br](mailto:reginaldosp@unb.br)

---

Prof. Dr. ALCIDES GATTO (Examinador suplente)

Professor do Departamento de Eng. Florestal/Faculdade de Tecnologia/Universidade de Brasília  
[alcidesgatto@unb.br](mailto:alcidesgatto@unb.br)

---

Dr. IVAR WENDLING (Examinador externo)

Engenheiro florestal, pesquisador da Embrapa Florestas, Colombo, PR.  
[ivar.wendling@embrapa.br](mailto:ivar.wendling@embrapa.br)

---

Dr. CÍCERO CÉLIO DE FIGUEIREDO (Examinador externo-suplente)

FAV/UnB.  
[cicerocf@unb.br](mailto:cicerocf@unb.br)

BRASÍLIA/DF, 19 de abril de 2022.

## FICHA CATALOGRÁFICA

AA994ss      Azevedo, Jefferson Hornig  
                 SOBREVIVÊNCIA E ENRAIZAMENTO DE ESTACAS DE Eucalyptus  
                 spp. EM MINITÚNEIS VEDADOS EM DIFERENTES SUBSTRATOS E  
                 QUANTIDADES DE POLÍMERO HIDRORRETENTOR. / Jefferson Hornig  
                 Azevedo; orientador Souza Anderson Marcos de. -- Brasília,  
                 2022.  
                 65 p.

                 Dissertação (Mestrado - Mestrado em Ciências Florestais)  
                 - Universidade de Brasília, 2022.

                 1. Produção de mudas. 2. Clones. 3. Viveiro florestal. 4.  
                 Irrigação. 5. Custos. I. Anderson Marcos de, Souza, orient.  
                 II. Título.

Aos meus amados pais, Doroti e José Edson  
Aos meus irmãos Cláudia, Júlio e Júnior. Essenciais.  
À minha companheira de vida, Larissa

DEDICO

## AGRADECIMENTOS

Ao professor Anderson Marcos de Souza pela orientação, sempre clara e objetiva, e pela amizade construída ao longo desta jornada.

Aos servidores da Fazenda Água Limpa, Sr. Geraldo, Sr. Sebastião e Daniel Franklin, que, mesmo disponíveis e ativos a vários outros projetos, sempre encontraram espaço e disposição para nos dar suporte ao desenvolvimento desta pesquisa.

Aos Professores Álvaro, Ricardo, Zé Roberto, Eraldo e Reginaldo, servidores Yuri e Patrícia, ao pessoal da limpeza, das portarias e das cantinas da UNB, alunos de graduação da Engenharia Florestal Yolanda e Luiza, ao pós-graduando Alexandro e todos que contribuíram para a execução deste trabalho.

Professor Rafael Antônio (Hospital Veterinário de Grandes Animais), FAV-UnB, pela oferta de casca de arroz para carbonização.

Aos viveiros em Cristalina e Planaltina que doaram as mudas dos clones para a formação do jardim clonal.

À Larissa Leite, a Lala, pelo inesgotável e resiliente incentivo e pelo amor irrenunciável.

Aos meus sogros Cidaléa e Dorival Leite e minha cunhada Fábria Leite pelo apoio e incentivo.

Carol e Pedro Mader pela amizade e entusiasmo com o projeto.

D. Altiva, Letice e Aguinaldo Lima, pela amizade e fraternal apoio.

Ao Sr. Cloves, sempre me apoiando e interessado no desenvolvimento desta pesquisa.

Aos membros da banca pelas valorosas contribuições.

A todos que direta ou indiretamente caminharam comigo nessa jornada.

Muito obrigado!

## RESUMO

SOBREVIVÊNCIA NA PROPAGAÇÃO VEGETATIVA DE CLONES DE *Eucalyptus* spp. EM ESTRUTURA DE MINITÚNEIS VEDADOS.

**Autor:** Jefferson Hornig Azevedo.

**Orientador:** Prof. Dr. Anderson Marcos de Souza.

**Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais.**

**Brasília/DF, abril, 2022.**

A produção de mudas para estabelecimento de plantios florestais prescinde de componentes que garantam a qualidade, como a água e o substrato. O substrato garante a sustentação, nutrição e hidratação das mudas e a água, a turgidez dos tecidos, solubilização e transporte de nutrientes, sendo essencial nos processos fisiológicos e metabólicos. A aplicação de técnicas e uso de novas tecnologias que tornem a utilização da água na produção de mudas, mais sustentável e de baixo custo, pode contribuir para a expansão desta atividade, mesmo em regiões onde este recurso seja limitado. Neste estudo foi investigada a sobrevivência de estacas de três genótipos de *Eucalyptus* spp – AEC 0144, VM01 e AEC 1528, plantados em diferentes substratos e com a utilização de diferentes quantidades de polímero hidrorretentor, incorporado ao substrato em um ambiente selado, sem irrigação constante. Dois experimentos foram conduzidos no viveiro florestal da UnB na Fazenda Água Limpa, no Distrito Federal. No primeiro, foram avaliados cinco substratos: casca de arroz carbonizada; casca de arroz carbonizada + fibra de côco ralada (50:50); substrato comercial BioPlant; solo de subsuperfície; e solo de subsuperfície + areia (60:40). No segundo, cinco concentrações do polímero hidrorretentor Forth Gel: 0,00; 1,00; 2,00; 3,00; e 4,00 g L<sup>-1</sup> incorporadas ao substrato comercial BioPlant. Como recipientes, foram utilizados tubetes de 55 cm<sup>3</sup>. Ambos os experimentos foram implantados em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições de 30 plantas por tratamento, clone sendo avaliado separadamente, totalizando 600 amostras por clone e 1800 estacas em cada experimento. A sobrevivência das estacas e parâmetros morfológicos do enraizamento foram avaliados para verificação da influência dos diferentes substratos bem como na investigação das dosagens do polímero hidrorretentor. As interações que resultaram significativas na análise de variância foram comparadas através do teste de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ) e, no experimento com a dosagens do polímero hidrorretentor, foi realizada a análise de regressão. Para o clone VM01, os tratamentos: solo, solo + areia e substrato comercial apresentaram as maiores taxas de sobrevivência, sem diferença estatística entre eles. A sobrevivência dos clones, não foi influenciada significativamente pela adição do polímero hidrorretentor, com taxas que variaram entre 60,7% e 76,5% para o clone AEC 1528, 70,8% e 87,5% para o clone VM01 e 68,3% e 76,8% no clone AEC 0144, o qual não apresentou diferenças significativas com as dosagens do polímero hidrorretentor para nenhum dos parâmetros morfológicos avaliados. A incorporação do polímero

hidrorretentor ao substrato comercial influenciou de maneira negativa o enraizamento no clone AEC 1528. Já no genótipo VM01 o hidrorretentor atuou significativamente no comprimento médio das raízes, com o maior valor obtido na ausência do polímero. Os resultados encontrados neste estudo indicam para o potencial do uso dos minitúneis selados quanto à sobrevivência e enraizamento de estacas de *Eucalyptus* spp., necessitando-se, porém, de ajustes para melhoria dos índices de enraizamento final.

**Palavras-chave:** Produção de mudas, clones, viveiro florestal.

## ABSTRACT

### SURVIVAL IN VEGETATIVE PROPAGATION OF CLONES OF *Eucalyptus* spp. IN STRUCTURE OF SEALED MINI-TUNNELS.

**Author:** Jefferson Hornig Azevedo.

**Supervisor:** Prof. Dr. Anderson Marcos de Souza.

**Postgraduate Programme in Forest Sciences.**

**Brasília/DF, 2022, April.**

The production of seedlings for the establishment of forest plantations require components that guarantee quality, such as water and substrate. The substrate assures the support, nutrition and hydration of seedlings and water promotes the tissue turgidity, solubilization and transport of nutrients, being essential in physiological and metabolic processes. The application of techniques and the use of new technologies that make the use of water in the production of seedlings more sustainable and low-cost, can contribute to the expansion of this activity, even in regions where this resource is limited. In this study we investigated the survival of cuttings of three genotypes of *Eucalyptus* spp – AEC 0144, VM01 and AEC 1528, planted in different substrates and using different amounts of water-retaining polymer, incorporated into the substrate in a sealed environment, without constant irrigation. Two experiments were carried out at the UnB forest nursery at Fazenda Água Limpa, in the Federal District. In the first one, five substrates were evaluated: carbonized rice husk; carbonized rice husk + grated coconut fiber (50:50); commercial substrate BioPlant; subsurface soil; subsurface soil + sand (60:40). In the second, five concentrations of the water-retaining polymer Forth Gel®: 0.00; 1.00; 2.00; 3.00; 4.00 g L<sup>-1</sup> incorporated into the commercial substrate BioPlant. As containers, were used 55 cm<sup>3</sup> tubes. Both experiments were implemented in a completely randomized design, with four replications of 30 plants per treatment, with each clone being evaluated separately, totalling 600 samples per clone and 1800 cuttings in each experiment. The survival of cuttings and morphological parameters of rooting were evaluated to verify the influence of different substrates as well as to verify the effect of incorporation of the water-retaining polymer. The interactions that were significant in the analysis of variance were compared using the Tukey test ( $\alpha = 0.05$ ) and, in the experiment with the dosages of the water-retaining polymer, regression analysis was performed. For the VM01 clone, the soil, soil + sand and commercial substrate treatments showed the highest survival rates, with no statistical difference among them. The survival of the clones was not influenced by the addition of the water-retaining polymer, with rates ranging from 60.75% for the AEC 1528 clone at the dose of 4 g L<sup>-1</sup> and 87.5% for the clone VM01 at the dose of 3 g L<sup>-1</sup>. The AEC 0144 clone did not show significant differences with the polymer dosages. The incorporation of the water-retaining polymer to the commercial substrate significantly influenced the rooting in clone AEC 1528, where it was observed that its addition decreased rooting rates. In the VM01 genotype, the hydro retainer acted significantly on the average root length (CMR), with the best result obtained in the absence of the polymer, being 21% higher than the best result for this parameter among the different concentrations. The results found in this study indicate the viability of the sealed mini-tunnels regarding the survival and rooting of cuttings of *Eucalyptus* spp.

**Keywords:** Seedling production, clones, forest nursery.

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS .....	xi
LISTA DE FIGURAS .....	xi
1 INTRODUÇÃO .....	1
2 Objetivos .....	4
2.1 Objetivo geral.....	4
2.2 Objetivos específicos.....	4
3 Referencial Teórico .....	5
3.1 Minitúneis vedados .....	5
3.2 Substratos.....	7
3.3 Hidrorretentores.....	10
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	13
4. CAPÍTULO 1 .....	20
SOBREVIVÊNCIA E ENRAIZAMENTO DE ESTACAS DE CLONES DE <i>Eucalyptus</i> spp. EM DIFERENTES SUBSTRATOS EM MINITÚNEIS VEDADOS.....	20
Resumo.....	20
Abstract.....	21
4.1 INTRODUÇÃO.....	22
4.2 MATERIAIS E MÉTODOS .....	24
4.2.1 Localização do estudo.....	24
4.2.2 Sistema de produção de mudas.....	24
4.2.3 Parâmetros avaliados.....	28
4.2.4 Tratamentos e procedimentos estatísticos.....	29
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	30
4.4 CONCLUSÕES.....	38
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	38
5. CAPÍTULO 2 .....	42
EFEITO DA INCORPORAÇÃO DE POLÍMERO HIDRORRETENTOR AO SUBSTRATO NA SOBREVIVÊNCIA E ENRAIZAMENTO DE ESTACAS DE CLONES DE <i>Eucalyptus</i> spp. EM MINITÚNEIS VEDADOS.....	42
Resumo.....	42
Abstract.....	43
5.1 INTRODUÇÃO.....	44
5.2 MATERIAIS E MÉTODOS .....	46

5.2.1 Localização do estudo.....	46
5.2.2 Sistema de produção de mudas.....	46
5.2.3 Parâmetros avaliados.....	50
5.2.4 Tratamentos e procedimentos estatísticos.....	51
5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	52
5.4 CONCLUSÕES.....	60
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	60
6 CONCLUSÕES GERAIS.....	63
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	64

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO 1

**Tabela 1.** Classificação utilizada na avaliação de sobrevivência de estacas de clones e *Eucalyptus* spp. .... 28

**Tabela 2.** Substratos usados na avaliação da sobrevivência e enraizamento de estacas de clones de *Eucalyptus* spp..... 30

**Tabela 3.** Valores médios para estacas enraizadas e com brotações - em desenvolvimento (DES), estacas com calogênese (CLG), estacas brotadas, mas sem raízes (BSR) e estacas com par de meias folhas originais, sem brotações e raízes (FOR) de três clones de híbridos de eucalipto estaqueadas em diferentes substratos aos 30 DAE. Substrato Comercial (SC); Casca de arroz carbonizada + Fibra de Côco (CAC+FC); Solo de subsolo (SS); Solo de Subsolo + Areia (SS+A); Casca de Arroz Carbonizada (CAC). Letras diferentes em cada coluna mostram as médias que resultaram significativamente diferentes a  $p < 0,5$ ..... 36

### CAPÍTULO 2

**Tabela 1.** Valores médios encontrados aos 30 DAE para: sobrevivência (S); estacas em desenvolvimento – brotadas e enraizadas (DES); estacas com par de meias folhas originais, sem brotações e raízes (FOR); brotadas sem raiz (BSR), de mudas de três clones de eucalipto, tratadas com diferentes concentrações de hidroretentor; em porcentagem (%). PHR, Polímero Hidrorretentor..... 53

**Tabela 2.** Valores médios encontrados aos 30 DAE para: massa seca das raízes (MSR); massa seca aérea (MSA); Maior raiz (MR); comprimento médio das raízes (CMR); número de raízes (NR); maior diâmetro de raiz (MDR); diâmetro médio da raiz (DMR) de mudas de três clones de eucalipto, tratadas com diferentes concentrações de polímero hidrorretentor. Notações: g, gramas; mm, milímetro; %, porcentagem..... 57

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO 1

**Figura 1.** Fonte de propágulos para o experimento. Jardim Clonal implantado na Fazenda Água Limpa. A: Preparo da área e marcação das covas; B: Plantio das mudas; C: Irrigação pós plantio; C.1: Sistema de irrigação, aspersores; C.2: Sistema de irrigação, gotejamento; D: Tratamento para proteção das cepas com calda bordalesa; E: Jardim clonal em produção; F: Coleta de material..... 25

<b>Figura 2.</b> Sistema construtivo do minitúnel. A: Alinhamento das estacas da base para fixação dos arcos e fixação dos arcos de bambu às estacas da base; B: Alinhamento do filme plástico; C: Disposição dos tijolos para auxiliar na vedação; D: Irrigação aos 10 DAE; E: Brotações de estacas.....	26
<b>Figura 3.</b> Estacas quanto à condição na classificação da sobrevivência. A: Brotadas sem raiz (BSR); B: Calogênese (CLG); C: Folhas originais (FOR); Em desenvolvimento, brotadas e enraizadas (DES) .....	29
<b>Figura 4.</b> Correlação entre a Capacidade de Retenção de Água (CRA) dos substratos testados – literatura - e as respectivas porcentagens de sobrevivência – média entre os clones testados. Substrato comercial (SC); Casca de arroz carbonizada + Fibra de côco (CAC+FC); Solo de subsolo (SS); Solo de subsolo + Areia (SS+A); Casca de arroz carbonizada (CAC)...	31
<b>Figura 5.</b> Sobrevivência e enraizamento de três genótipos de eucalipto com estacas plantadas em diferentes substratos em ambiente vedado. Substrato Comercial (SC); Casca de arroz carbonizada + Fibra de Côco (CAC+FC); Solo de subsolo (SS); Solo de Subsolo + Areia (SS+A); Casca de Arroz Carbonizada (CAC). Letras diferentes em cada linha mostram as médias que resultaram significativamente diferentes a $p < 0,5$ .....	33

## CAPÍTULO 2

<b>Figura 1.</b> Sistema construtivo do minitúnel. A: Alinhamento das estacas da base para fixação dos arcos e fixação dos arcos de bambu às estacas da base; B: Alinhamento do filme plástico; C: Disposição dos tijolos para auxiliar na vedação; D: Irrigação aos 10 DAE; E: Brotações de estacas.....	48
<b>Figura 2.</b> A: Fechamento dos minitúneis: A: Minitúneis selados com utilização de areia e tijolos; B: Condensação da água nas paredes internas do minitúnel. ....	49
<b>Figura 3.</b> Avaliação do experimento: A: Equipamentos de medição e planilha de anotações; B: Avaliação visual de brotações e enraizamento; C: Plantas medidas e acondicionadas para transporte à estufa de secagem; D: balança analítica para pesagem de sistema radicular e aéreo após limpeza e secagem. ....	50
<b>Figura 4.</b> Curva de regressão para o enraizamento de estacas do clone AEC 1528.....	55
<b>Figura 5.</b> Curvas de regressão para o enraizamento de mudas do clone VM01. (a) Comprimento Médio da Raízes (CMR) e (b) Maior Raiz (MR) 30 dias após estaqueamento...58	58
<b>Figura 6.</b> Curvas de regressão para o enraizamento de mudas do clone AEC 1528. (a) Massa Seca das Raízes (MSR) e (b) Número de Raízes (NR) 30 dias após estaqueamento.....59	59

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

CRA	Capacidade de retenção de água
CRAD	Centro de Referência em Conservação da Natureza e Recuperação de Áreas Degradadas
DAE	Dias após a semeadura
CV	Coefficiente de variação
IQD	Índice de Qualidade de Dickson

## **LISTA DE SÍMBOLOS**

$\alpha$	Letra grega alfa, utilizada para expressar o nível de significância em uma análise estatística.
----------	---

# 1 INTRODUÇÃO

A silvicultura brasileira de florestas plantadas é reconhecida mundialmente por sua alta produtividade e constantes avanços tecnológicos, com destaque na área da pesquisa relacionada à seleção e melhoramento florestal (MONTEBELLO e BACHA, 2009).

A posição de destaque da indústria brasileira de base florestal em termos globais é evidenciada pelo superávit 12,9% superior em 2017 em relação ao ano anterior (IBÁ, 2018). Esta tendência se mantém, como mostram os resultados de 2019, quando este setor foi responsável por 1,2% do PIB nacional com uma receita bruta total de R\$97,4 bilhões, empregando 3,75 milhões de pessoas (IBÁ, 2020).

Neste cenário de expansão, a região centro-oeste, vem se destacando no panorama florestal brasileiro. Com 671 mil hectares de florestas plantadas em 2010, a região floresceu como um dos principais polos florestais no país, totalizando ao final de 2020, mais de 1,56 milhões de hectares de florestas plantadas. Deste total, 93,7% são florestas de eucalipto que abastecem fábricas de polpa de celulose e papel, de placas e para fins energéticos. O restante da área plantada é formado por populações de seringueira (*Hevea brasiliensis*), teca (*Tectona grandis*) e *Pinus spp* (IBÁ, 2021).

Inserido nesta região, o Distrito Federal é um dos responsáveis pelo incremento da demanda local por produtos de base florestal. A região vem experimentando um crescimento populacional ao longo dos últimos anos, que, somado à posição de maior renda *per capita* no país (IBGE, 2021), refletem no aumento da demanda por produtos de origem na cadeia florestal.

Assim, para atender ao constante aumento da área florestal comercial plantada, é imperativo que o mercado de produção de mudas responda à esta dinâmica com a mesma intensidade.

Apesar da diversidade de modelos e escalas de produção de mudas florestais, o Brasil ainda apresenta potencial para pesquisas nesta área, sobretudo para a produção assexuada em viveiros de pequeno e médio porte. A propagação vegetativa, em suas diversas modalidades, é, sem dúvida, uma das principais ferramentas no processo de seleção, que nos auxiliaram a alcançar os atuais níveis de produtividade,

resistência a pragas e doenças e adaptação climática como também na depuração dos principais atributos físico-químicos da madeira (XAVIER e SILVA, 2009).

O alto custo das estruturas para propagação vegetativa em maior escala, pode ser um obstáculo para que viveiros de menor porte ingressem nesta modalidade de produção de plantas e, com isso, possam contribuir para o aumento da produtividade nas pequenas propriedades florestais ao ofertar materiais de melhor desempenho originados de clones que já façam parte do acervo de domínio público.

Considerando o potencial florestal, a posição que o Brasil ocupa neste mercado em nível mundial e a expectativa de incremento em área plantada para atender às demandas internas e internacionais por nossos produtos de origem florestal, é importante a pesquisa de alternativas eficientes e de menor custo, que se posicionem como opção à estas estruturas de produção de plantas de custos elevados e eventualmente inviáveis para produtores rurais e viveiristas que enfrentem restrições de recursos. Soma-se à este aspecto a escassez de água em determinadas regiões, como a centro-oeste brasileira, com períodos de estiagem bastante marcados (SILVA et al., 2021), tornando o acesso e manejo da água, fatores de fundamental importância para a viabilidade e sucesso na produção de mudas.

A experimentação de um sistema de propagação simples, de baixo custo, e de reduzida demanda de água e energia, tem sua importância validada ao auxiliar no desenvolvimento de protocolos de multiplicação de plantas em regiões com recursos escassos, como água e energia. Como resultado, espera-se que esta tecnologia de produção de mudas seja uma alternativa acessível tanto à pequenos produtores rurais como também a viveiristas que busquem opções mais sustentáveis e de menores custos para produção de mudas florestais.

A utilização de minitúneis vedados é uma técnica de baixo custo já utilizada no enraizamento de algumas espécies arbóreo-arbustivas, entre elas o cacaueteiro (SODRÉ e MARROCOS, 2009), o cafeeiro (PEREIRA et al., 2001) e outras culturas. Contudo, ainda é pouco explorada como alternativa de menor custo, na propagação de espécies florestais madeireiras de interesse econômico, e mesmo como alternativa à multiplicação de espécies florestais com baixa produção de sementes, ou com mecanismos de dormência de difícil manejo.

Os minitúneis se baseiam no conceito de que a condensação da água no ambiente interno, resultado da transpiração das folhas das estacas neste ambiente selado, somada à evaporação da camada superior do substrato nos tubetes, sejam suficientes para manter a umidade do sistema. Espera-se que as condições internas do minitúnel possibilitem a sobrevivência e as atividades fisiológicas em níveis que permitam o enraizamento destes materiais, se apresentando assim, como uma alternativa a ser considerada, sobretudo em regiões onde a água seja escassa e a energia elétrica inconstante ou mesmo indisponível (MWANIKI, 2008).

O manejo hídrico é composto por vários fatores, sendo o substrato o componente que armazena e disponibiliza a água para as raízes da planta, portanto, de importância central no processo de produção de mudas (WENDLING et al., 2020). A combinação de substratos com polímeros hidrorretentores, substâncias capazes de absorver água e libera-la lentamente, vem sendo amplamente estudada em viveiros convencionais e nas mais variadas espécies (VIEIRA, 2015; AZEVEDO, 2018; CARVALHO et al., 2021). Espera-se que no sistema de minitúneis vedados, onde o aporte de água é limitado, a interação entre estes dois elementos favoreça a sobrevivência das estacas de eucalipto ao diminuir a percolação da água no perfil do substrato.

A dissertação é estruturada em dois capítulos:

**Capítulo 1:** ‘Sobrevivência e enraizamento de estacas de clones de *Eucalyptus* spp. em diferentes substratos em minitúneis vedados’. O capítulo trata da influência do tipo de substrato na sobrevivência de estacas de três clones de eucalipto em sistema vedado sem nebulização.

**Capítulo 2:** ‘Efeito da incorporação de polímero hidrorretentor ao substrato na sobrevivência e enraizamento de estacas de clones de *Eucalyptus* spp. em minitúneis vedados’. Busca-se analisar qual a influência na sobrevivência e enraizamento de estacas de clones de eucalipto com a adição do hidrorretentor ao substrato em um sistema fechado sem nebulização.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo geral

Avaliar a sobrevivência e enraizamento de estacas de clones de *Eucalyptus* spp. em túneis plásticos sem nebulização (*non-misting*), em resposta à diferentes tipos de substratos e quantidades de polímero hidrorretentor incorporados ao substrato, com vistas à produção clonal de mudas de genótipos de *Eucalyptus* spp.

### 2.2 Objetivos específicos

- Analisar a resposta do uso de diferentes substratos nas taxas de sobrevivência e enraizamento das estacas;
- Avaliar se a incorporação de polímero hidrorretentor ao substrato influencia na sobrevivência das estacas e no processo de rizogênese;
- Verificar se os minitúneis vedados fornecem as condições ambientais necessárias à sobrevivência e ao enraizamento de estacas de *Eucalyptus* spp.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 Minitúneis vedados

A produção de mudas florestais encontra na propagação vegetativa uma importante tecnologia de apoio ao possibilitar a multiplicação em alta escala de genótipos de interesse (FERREIRA e SANTOS, 1997). A esses materiais propagados vegetativamente, dá-se o nome de clones que têm, como uma de suas principais vantagens, a manutenção dos atributos desejados identificados nos indivíduos a serem multiplicados (FONSECA et al., 2008).

Dentro da multiplicação de plantas, a silvicultura brasileira se beneficia largamente das técnicas de propagação por estaquia, mini estaquia e micro estaquia (*in vitro*). Entretanto, ainda são procedimentos que demandam um volume importante de recursos, como mão de obra e estruturas especializadas (DUTRA; WENDLING; BRONDANI, 2009) e suprimento de água e energia constantes (ADONGO; ONYANGO; WERE, 2019).

Embora a utilização de estruturas vedadas e de baixo custo para enraizamento de estacas já seja conhecida, como para *Coffea arabica* (PEREIRA, 2000) e *Theobroma cacao* (TEE, Y.K. e LAMIN, 2015), na propagação vegetativa de essências florestais madeireiras, esta técnica ainda é pouco documentada. O cenário de alta demanda por fatores de produção, tais como, mão-de-obra especializada, investimento financeiro, acesso constante à água e energia, conduz à necessidade da busca por alternativas eficientes e economicamente mais acessíveis.

Os minitúneis vedados são estruturas desenvolvidas para manter um ambiente de alta umidade no estágio de enraizamento de estacas, onde, através da sua vedação, a água inicial presente no sistema, será mantida através da condensação do vapor d'água presente na transpiração das folhas e na evaporação da água superficial do substrato nas paredes internas do minitúnel (MWANIKI, 2008).

Fisiologicamente, as plantas necessitam de diversos fatores internos e externos para seu desenvolvimento e multiplicação. O acesso à água no ambiente radicular, para nutrição e manutenção de diversos processos fisiológicos, a luz, e

dióxido de carbono no ambiente foliar, são responsáveis por gerar a energia necessária para diversos e complexos processos no desenvolvimento vegetal, sendo o principal, a fotossíntese (PIMENTEL, 2004). Do total de água absorvido pelas plantas, apenas 2% são utilizados para o crescimento da planta e cerca de 1% para garantir processos metabólicos e as reações bioquímicas da fotossíntese. O restante da água absorvida, voltará à atmosfera através da transpiração (TAIZ et al., 2017). Como componentes internos, hormônios como as giberelinas, etileno, ácido absísico e auxinas regulam vários processos, da diferenciação e multiplicação celular para formação dos diversos tecidos à maturação de frutos e abscisão de folhas e frutos (VERMA; RAVINDRAN; KUMAR, 2016).

Leakey (1991) desenvolveu um procedimento para enraizamento de estacas em sistema vedado, de baixo custo e reproduzível, inicialmente voltado para propagação de árvores tropicais e que se tornou referência para trabalhos na propagação vegetativa em várias espécies como *Milicia excelsa* (OFORI et al., 1996), *Podocarpus neriifolius* (HOSSAIN; ISLAM; ABUL, 2019) e *Anacardium occidentale* (CAMILLE et al., 2021). A principal diferença de manejo entre este sistema proposto pelo autor e o sistema de minitúneis vedados, é que no primeiro, há uma tubulação por onde se verifica o nível de água no substrato, podendo ser realizada sua adição quando o volume interno de água é pequeno. A estrutura aqui estudada é mantida fechada entre uma irrigação e outra, não havendo nenhuma comunicação com o ambiente externo.

Estas estruturas podem ser construídas com diversos tipos de materiais, tais como, madeira, bambu, tubos plásticos e perfis de metal, em diferentes formatos, semiarco ou ângulos retos (MBILE et al., 2004; JERUTO et al., 2008; MARREIROS, 2010). Na utilização de madeira para a estrutura, cuidados podem ser necessários devido à alta umidade do ambiente. Comunidades de regiões do Camarões, ao testarem a viabilidade dos minitúneis, relataram problemas com infestação de cupins nas estruturas (MBILE et al., 2004).

Para a cobertura e vedação, os minitúneis obtiveram bons resultados com a utilização de filme plástico translúcido na propagação de *Theobroma cacao* - cacau, (TEE, Y.K. e LAMIN, 2015), *Warburgia ugandenses* - coração verde de Uganda, (AKWATULIRA et al., 2011), *Rosa odorata* - rosa, variedade "carola", (MARREIROS,

2010), *Eucalyptus* spp - eucalipto, (MWANIKI et al., 2009) ou na cor azul com Sodré, (2009) na propagação de *Theobroma cacao* – cacau.

A manutenção da umidade relativa interna é aspecto fundamental desta técnica. Newton e Jones (2016) ao compararem o microclima entre um sistema convencional com irrigação e o sistema de minitúneis vedados ao longo de dois anos, encontraram que ambos os sistemas têm capacidade de manter a umidade relativa (UR) do ar acima de 90% a maior parte do tempo, com sua diminuição nos horários de maior irradiância. Mwaniki (2008), obteve média de 93,5%, com variações entre 80% e 97% de UR ao estudar a propagação de clones de *Eucalyptus* spp sob o sistema de minitúneis vedados no Quênia.

Diferentes frequências de irrigação dentro dos minitúneis vedados foram utilizadas na experimentação na propagação vegetativa nas mais variadas espécies. Ao utilizar essa técnica na propagação de *Warburgia ugandenses*, Akwatulira et al., (2011) abriram o sistema para irrigação duas vezes por semana, assim como na experimentação para propagação de três espécies de uso medicinal no Quênia por Jeruto et al., (2008). Já na experimentação conduzida por Tee e Lamin, (2015) na propagação de estacas de cacau (*Theobroma cacao*), as irrigações foram realizadas uma vez por semana.

A importância dos minitúneis está essencialmente ligada, à dinâmica da água em um ambiente voltado ao enraizamento de estacas e à acessibilidade e simplicidade no manejo (LEAKEY, 1991; MWANIKI, 2008). Neste fato, encontra-se o espaço para a experimentação de sistemas fechados para propagação de plantas, suportada pelo conceito de circularidade da água presente no ambiente: absorção, transpiração, condensação, absorção (MWANIKI et al, 2009).

### 3.2 Substratos

Responsável, entre outras funções, por fornecer suporte mecânico ao desenvolvimento da plântula e pela retenção e disponibilização de água e nutrientes para absorção pelo sistema radicular, o substrato é um dos principais insumos no

processo de produção de plantas (KLEIN, 2015; KRATZ; WENDLING, 2016; WENDLING et al., 2021).

Dentre os vários atributos necessários a um substrato eficiente, pode-se destacar sua capacidade em reter água para hidratação da planta, para solubilização dos nutrientes para sua absorção pelas raízes e a capacidade de drenagem. Ou seja, precisa apresentar equilíbrio entre a sua capacidade em reter água e a drenagem, que, ao liberar poros para o ar, irá proporcionar a oxigenação do sistema radicular (VENCE, 2008).

A capacidade de retenção de água – CRA, é uma medida fundamental pois explica o quanto do volume de água aplicada será retido no perfil do substrato para uso pela planta e indicando, por relação implícita, a porosidade disponível à oxigenação. A seguir são listadas a CRA média de alguns tipos de substratos e composições, comumente usados na produção de plantas no Brasil. Substrato comercial 67%, fibra de coco moída 65%, casca de arroz carbonizada 12%, Fibra de coco ralada + casca de arroz carbonizada 39%, solo 34%, areia 15%, solo+areia 23% (BARBOSA et al., 2018; ZORZETO et al., 2014).

Em um sistema de propagação como o proposto, onde a manutenção da água dentro do ambiente vedado é fundamental, a Capacidade de Retenção de Água de um substrato talvez seja uma das características mais importantes, ao reduzir a percolação da água para fora do sistema. Por outro lado, é necessário que também possibilite suficiente porosidade para a aeração necessária ao sistema radicular e boa formação das raízes (ALFENAS, 2009) .

Souza Junior et al. (2005), avaliando a sobrevivência e desenvolvimento de mudas seminais de Cambará - *Gochnatia polymorpha* , semeadas em diferentes combinações entre os substratos: comercial à base de casca de pínus e vermiculita formulação para pínus, casca de arroz carbonizada, casca de pínus semidecomposta peneirada , terra de subsuperfície e terra coletada sob a copa de uma árvore matriz, defendem que a concentração da casca de arroz carbonizada influência nas características morfométricas das mudas de cambará repicadas pois, apesar de proporcionar boa aeração e drenagem ao substrato, por outro lado apresenta alto relação Carbono/Nitrogênio, pH elevado e baixa capacidade de retenção de água.

Avaliando o crescimento de mudas seminais de *Eucalyptus camaldulensis* semeadas em substratos compostos por variações granulométricas de casca de arroz carbonizada com fibra de coco, vermiculita, substrato comercial à base de pinus, Kratz e Wendling (2016) concluíram que a casca de arroz carbonizada pura é viável para a produção de mudas da espécie estudada e que a sua combinação com a vermiculita a proporções iguais, resultou em maior desenvolvimento das mudas. A capacidade de retenção de água da vermiculita associada à baixa densidade e boa aeração da casca de arroz carbonizada possivelmente são as características que explicam o resultado, evidenciando a importância destes dois importantes atributos na formulação de bons substratos.

Para Fonseca (2001) os principais atributos de um substrato e que têm relação direta na qualidade na produção de mudas de determinada espécie são avaliados nos aspectos físico e químico, como também sua disponibilidade e custos. Como características físicas, a granulometria, densidade e arranjo das partículas de determinado substrato irão refletir na macro e microporosidades (KRATZ; WENDLING, 2016), influenciando umidade e a aeração do sistema. Da mesma forma, o potencial hidrogeniônico (pH) e a condutividade elétrica (CE) são características de grande importância devido a sua influência na disponibilização dos nutrientes e água às raízes ( MENDONÇA et al., 2013; KRATZ et al., 2017; MOTA et al., 2011).

Diversos outros materiais são também utilizados com este fim, como a perlita, a vermiculita em suas diferentes granulometrias, ou mesmo resíduos de diversos processos, como a casca de árvores (pínus, acácias, eucalipto), que, após a colheita e descascamento, e sujeitas à determinados processos de aceleração da decomposição e padronização da granulometria e estabilização, servirão como excelentes substratos ou mesmo na composição de substratos compostos com mais de um material (FERMINO; TREVISAN; BUSNELLO, 2015; GUERRINI; TRIGUEIRO, 2004; SOUZA, 2001).

Compostos orgânicos, como o estrume e palhadas, também podem ser adicionados na composição de substratos, além de resíduos de esgoto ou outros efluentes com características desejáveis e que possam ser tratados para este fim (FAUSTINO; KATO, 2005; LAMBERT et al., 1985; MAIA et al., 2022).

Ao avaliar o crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* e *Eremanthus erythropappus* (candeia), Melo et al. (2014) encontraram efeitos diferentes na utilização do estrume adicionado ao substrato entre as duas espécies, influenciando de forma negativa o desenvolvimento das mudas de candeia e, em contraste, com efeitos positivos para as mudas de eucalipto.

O substrato tem função importante no enraizamento e qualidade das mudas na propagação vegetativa de espécies florestais. Ao testar substratos compostos por diferentes proporções de fibra de côco, casca de arroz carbonizada e vermiculita e sua influência sobre a qualidade de mudas de clone do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis*, Silva et al. (2021) identificaram que os substratos com maior porosidade total somada à suficiente Capacidade de Retenção de Água (CRA), proporcionaram maior qualidade ao sistema radicular, resultando em mudas de maiores diâmetro, massa seca aérea e radicular e Índice de Qualidade de Dickson (IQD).

A experimentação com novos materiais e novas formulações de substratos, sejam eles produzidos para este fim ou através da utilização de resíduos urbanos, industriais ou da agricultura, é de extrema importância, considerando a escala da atividade de produção de mudas no mundo e seu constante incremento, pois é diretamente ligado ao crescimento populacional no planeta e sua proporcional demanda por alimentos e produtos de origem florestal.

### 3.3 Hidrorretentores

Polímeros naturais produzidos a partir de cadeias de amido ou sintéticos, derivados do petróleo, os hidrorretentores encontram uso nos mais variados segmentos, da agricultura à indústria da higiene pessoal (VALE; CARVALHO; PAIVA, 2006).

Desde a década de 50, a acrilamida, um composto orgânico do grupo das amidas, passou a ser produzida industrialmente nos Estados Unidos, sendo o suporte para a industrialização da poliacramida, um polímero desenvolvido para tratamento de águas residuais, que, ao aumentar a densidade de partículas sólidas presentes na água, favorecia a sua decantação (BIKALES, 1973). De acordo com Azevedo et.

(2002), apenas ao final da década de 90 é que se aprofundaram os estudos destas substâncias como condicionadores do solo no armazenamento de água, através de trabalhos de Balena (1998) e Azevedo (2000).

Os hidrorretentores são grânulos secos que, em contato com a água, a absorvem. Neste processo, adquirem consistência gelatinosa, aumentando seu peso em dezenas a centenas de vezes, a depender do tipo de polímero, quantidade de sais na solução e composição químico/física do meio ao qual foi adicionado (MENDONÇA et al., 2013; VALE; CARVALHO; PAIVA, 2006).

Os polímeros hidrorretentores atuais, também conhecidos como hidrogéis ou mesmo polímeros superabsorventes - *Superabsorbent Polymers* (SAPs), com sua grande capacidade de absorção e retenção de água, liberando-a aos poucos para absorção pelas raízes, encontraram na agricultura, na silvicultura e na produção de plantas, campos onde seu uso é largamente demandado e objeto de inúmeras pesquisas (AZEVEDO; BERTONHA; GONÇALVES, 2002; KASWALA et al., 2018; ASHRAF; RAGAVAN; BEGAM, 2021).

A pesquisa para o uso destas substâncias na produção de mudas de espécies arbóreas, hortaliças, flores e outros vegetais, com o objetivo de diminuir a frequência das irrigações e, portanto, economizar o recurso água, já realizou diversos trabalhos em ambiente irrigado como a cultura da berinjela (SALLES et al., 2020), maracujá (HAFLE et al., 2008), pinhão-manso (DRANSKI et al., 2013), rosa-do-deserto (MAIA et al., 2018), bracinga (KONZEN et al., 2017), guavirova (SANTOS et al., 2021), mogno e jenipapo (AZEVEDO, 2018), eucalipto em viveiro (AZEVEDO, 2014), e eucalipto a campo (BARTIERES et al., 2016). Contudo, o uso de polímeros hidrorretentores adicionados ao substrato de produção de mudas em um ambiente fechado e sem aporte regular de água ainda é pouco estudado.

Na produção de mudas, várias características físico-químicas do ambiente rizogênico são bastante importantes e o uso de hidrogéis, por atuarem precisamente neste espaço, prescinde de refinada pesquisa. Fatores como excesso de umidade provocado pelo uso de doses inadequadas do polímero (HAFLE et al., 2008), salinização pela não biodegradabilidade de alguns hidrogéis (MENDONÇA et al., 2013), extravasamento do substrato do contentor (NAVROSKI et al., 2014) devem ser

explorados através da experimentação, para que seja possível a captura das vantagens advindas de sua utilização.

No ambiente dos minitúneis vedados, a água e a manutenção de sua disponibilidade são fatores chave para a sobrevivência e desenvolvimento dos propágulos. A interação entre lâminas de irrigação e diferentes concentrações de hidrogéis já conta com pesquisas para algumas espécies como eucalipto (AZEVEDO, 2015), maracujá (FERNANDES; ARAUJO; CAMILI, 2015), café (LIMA et al., 2003) e abrunheiro-de-jardim (ATIYEH; EBRAHIM, 2013). Contudo, sob regime sem irrigação constante, como o sistema de minitúneis vedados, a literatura é escassa.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADONGO, W.; ONYANGO, L.; WERE, P. J. **Community Tree Seedling Production in Maseno**. International Journal of Research and Innovation in Applied Science (IJRIAS), v. IV, n. VII, p. 86–96, 2019.

AKWATULIRA, F. et al. **Influence of rooting media and indole-3-butyric acid (IBA) concentration on rooting and shoot formation of *Warburgia ugandensis* stem cuttings**. African Journal of Plant Science, v. 5, n. 8, p. 421–429, 2011.

ALFENAS, A. C. et al. **Clonagem e doenças do eucalipto**. 2.ed. Viçosa, MG, Ed. UFV, 2009.

ASHRAF, A. M.; RAGAVAN, T.; BEGAM, S. N. **Superabsorbent Polymers (SAPs) Hydrogel: Water Saving Technology for Increasing Agriculture Productivity in Drought Prone Areas: A Review**. Agricultural Reviews, v. I, n. Of, p. 1–7, 2021.

ATIYEH, O.; EBRAHIM, G. M. **The effect of different levels of irrigation with superabsorbent (S.A.P) treatment on growth and development of Myrobalan (*Prunus cerasifera*) seedling**. African Journal of Agricultural Research, v. 8, n. 17, p. 1813–1816, 2013.

AZEVEDO, G. T. O. S. **Qualidade de mudas de espécies florestais com hidrogel incorporado ao substrato**. 2018. 52p. (Tese de Doutorado em Ciências Florestais). Universidade de Brasília, Brasília, 2018.

AZEVEDO, G. T.O. S. et al. **Enraizamento de miniestacas de eucalipto com diferentes doses de polímero hidrotentor incorporado ao substrato**. Scientia Forestalis, v. 43, n. 108, p. 773–780, 2015.

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.

BARTIERES, E. M. M. et al. **Hidrogel, calagem e adubação no desenvolvimento inicial, sobrevivência e composição nutricional de plantas híbridas de eucalipto**. Pesquisa Florestal Brasileira, v. 36, n. 86, p. 145, 2016.

BIKALES N.M. **Preparation of Acrylamide Polymers**. In: Soluble Polymers. Polymer Science and Technology. Springer, Boston, MA, 1973. v. 2p. 422.

CAMILLE, K. et al. **Clonal propagation of cashew (*Anacardium occidentale* L.) by stem cuttings and in vitro adventitious shoots and roots formation**. v. 49, n. 2, p. 8845–8855, 2021.

CARVALHO, J. M. et al. **Crescimento inicial de mudas de *Sapindus saponária* com uso de hidrogel e lâminas de água**. Scientific Electronic Archives, v. 15, n. 1, 2021.

DRANSKI, J. A. L. et al. **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.

DUTRA, L. F.; WENDLING, I.; BRONDANI, G. E. **A Micropropagação de Eucalipto**. Pesquisa Florestal Brasileira, v. 0, n. 58, 2009.

FAUSTINO, R. et al. **Lodo de esgoto como substrato para produção de mudas de *Senna siamea* Lam.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.9, (Suplemento), p.278-282, 2005.

FERMINO, M. H.; TREVISAN, M.; BUSNELLO, A. C. **Cascas de tungue e de noz pecan como alternativa de substrato para horticultura**. Horticultura Brasileira, v. 33, n. 4, p. 459–464, 2015.

FERNANDES, D. A.; ARAUJO, M. M. V.; CAMILI, E. C. **Formação de plântulas de maracujazeiro-amarelo sob diferentes lâminas de irrigação e uso de hidrogel**. Brazilian journal of agriculture - Revista de Agricultura, v. 90, n. 3, p. 229, 2015.

FERREIRA, M.; SANTOS, P.E.T. **Melhoramento genético florestal dos *Eucalyptus* no Brasil: breve histórico e perspectivas**. In: IUFRO-Conference on silviculture and improvement of eucalypts, Salvador, 1997. Proceedings. Colombo: Embrapa/ CNPF, 1997. v.1, p.14-34.

FONSECA, A. F. A. et al. **Cultivares de café robusta**. In: CARVALHO, C. H. (Ed.). Cultivares de café: origem, características e recomendações. Brasília: Embrapa Café, 2008. Cap. 11, p. 255-279.

- FONSECA, T. **Produção de mudas de hortaliças em substratos de diferentes composições com adição de CO<sub>2</sub> na água de irrigação**. 2001. 85 p. (Dissertação de Mestrado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2001.
- GUERRINI, I. A.; TRIGUEIRO, R. M. **Atributos físicos e químicos de substratos compostos por biossólidos e casca de arroz carbonizada**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 28, n. 6, p. 1069–1076, 2004.
- HAFLE, O. M. et al. **Produção de mudas de maracujazeiro-doce através da estaquia utilizando polímero hidrorretentor**. Revista de Ciências Agrárias, v. 3, n. 3, p. 232–236, 2008.
- HOSSAIN, M. A.; ISLAM, M. A.; ABUL, M. **Propagation of an Endangered Gymnosperm Tree Species (*Podocarpus neriifolius* D. Don) by Stem Cuttings in Non-mist Propagator**. Pertanika Journal, v. 42, n. 1, p. 237–250, 2019.
- IBÁ [Indústria Brasileira de Árvores]. **Brazilian tree industry annual report - base year 2019**. Associação Brasileira de Árvores, p. 160, 2020.
- JERUTO, P. et al. **Propagation of some endangered indigenous trees from the south Nandi district of Kenya using cheap, non-mist technology**. ARPN Journal of Agricultural and Biological Science, v. 3, n. 3, p. 1–6, 2008.
- KASWALA, A. et al. **Organic farming for climate smart horticulture Prospects and Applications of Hydrogel Technology in Agriculture**. Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci, v. 7, n. 5, p. 3155–3162, 2018.
- KLEIN, C. **Substratos Alternativos Para Produção De Mudas**. Revista Brasileira de Energias Renováveis, v. 4, n. 3, p. 43–63, 2015.
- KONZEN, E. R. et al. **O uso de hidrogel combinado com substrato e fertilizante adequados melhoram a qualidade e crescimento de mudas de *Mimosa scabrella* Benth**. Cerne, v. 23, n. 4, p. 473–482, 2017.
- KRATZ, D. et al. **Physic-chemical properties and substrate formulation for *Eucalyptus* seedlings production**. Scientia Forestalis/Forest Sciences, v. 45, n. 113, p. 63–76, 2017.

- KRATZ, D.; WENDLING, I. **Crescimento de mudas de *Eucalyptus camaldulensis* em substratos à base de casca de arroz carbonizada.** Revista Ceres, v. 63, n. 3, p. 348–354, 2016.
- LAMBERT, D. H. et al. **Use of sewage sludge for forest-tree seedling production.** National Technical Information Service, Water Engineering Research Laboratory, USA, 1985.
- LEAKEY, R. R. B. **Low-tech cloning of tropical trees.** Botanic Gardens Conservation New, v. 1, n. 9, p. 39–40, 1991.
- BARBOSA, J. R. L. et al. **Caracterização de atributos físicos de substratos para fins de produção de mudas.** Revista Cultivando o Saber, v. 11, p. 13–25, 2018
- LIMA, L. M. L. et al. **Produção de mudas de café sob diferentes lâminas de irrigação e doses de um polímero hidroabsorvente.** BioScience Journal, v. 19, n. 3, p. 27–30, 2003.
- MAIA, M. M. et al. **Incorporação de lodo de esgoto ao substrato de produção de mudas de *Bambusa vulgaris* via estaquia.** Revista Forestal Mesoamericana - KURU, v. 19, n. 44, p. 21–28, 2022.
- MAIA, S. D. S. et al. **Hidrogel como alternativa à irrigação convencional na produção de mudas de rosa do deserto.** Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia, CONTECC, Maceió, 2018.
- MARREIROS, E. D. O. **Influência de Substratos no Enraizamento das Estacas e na Produtividade da Roseira.** 2010. 50p. (Mestrado em Agronomia) Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010
- MBILE, P. et al. (2004) **Non-mist vegetative propagation by resource-poor, rural farmers of the forest zone of Cameroon:** Some technology adaptations to enhance practice. Forests, Trees and Livelihoods, 14:1, 43-52.
- MELO, L. A. et al. **Crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* e *Eremanthus erythropappus* sob diferentes formulações de substrato.** Floresta e Ambiente, v. 21, n. 2, p. 234–242, 2014.

- MENDONÇA, T. G. et al. **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.
- MONTEBELLO, A. E. S., & BACHA, C. J. C. (2009). **Avaliação das pesquisas e inovações tecnológicas ocorridas na silvicultura e na produção industrial de celulose no Brasil**. Revista de Economia e Sociologia Rural, 47(2), 485–517.
- MOTA, P. R. D. et al. **Avaliação do pH e da condutividade elétrica do substrato sob níveis de fertirrigação e métodos de extração da solução**. Revista Brasileira de Horticultura Ornamental, v. 17, n. 2, p. 121, 2011.
- MWANIKI, F. et al. **Development of a Non-Mist Vegetative Propagation Protocol for Eucalyptus**. Journal of East African Natural Resources Management, n. January, p. 3: 283-295, 2009.
- MWANIKI, F. **Use of a non-mist propagation system to vegetatively propagate 12 varieties of e. grandis x e. camaldulensis hybrids**. 2008. 95 p. Master Thesis, Kenyatta University, Kenya, 2008.
- NAVROSKI, M.C. et al. **Influência do hidrogel no crescimento e no teor de nutrientes das mudas de *Eucalyptus dunnii***. Revista Floresta. p. 315–328, 2014.
- NEWTON, A. C.; JONES, A. C. **Characterization of microclimate in mist and non-mist propagation systems**. Journal of Horticultural Science, v. 68, n. 3, p. 421–430, 2016.
- OFORI, D. A. et al. **Vegetative propagation of *Milicia excelsa* by leafy stem cuttings: Effects of auxin concentration, leaf area and rooting medium**. Forest Ecology and Management, v. 84, n. 1–3, p. 39–48, 1996.
- PEREIRA, A. B. **Enraizamento de estacas em *Coffea arabica* L.** 2000. 86 p. (Tese de Doutorado em Agronomia). Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000.
- PEREIRA, A. B. et al. **Enraizamento de estacas de *Coffea arábica* em estufim**. II Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, 2001, Vitória, ES. Resumos. Brasília, D.F.: Embrapa Café, 2001. 181p.: il.

PIMENTEL, C. **A Relação da Planta com a Água**. EDUR - Editora Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2004. 191p.: il.

SALLES, J. S. et al. **Use of Nanocomposite Hydrogel with N-Urea in the Production of Eggplant Seedlings**. Revista De Agricultura Neotropical, v. 7, n. 4, p. 80–85, 2020.

SILVA L.D. et al. **Clima no Bioma Cerrado**. In: Embrapa Agricultura Digital (ALICE). p. 12–29, 2021.

SODRÉ, G. A.; MARROCOS, P. C. L. **Manual da produção vegetativa de mudas de cacaueteiro**. EDITUS - Editora da Universidade Estadual de Santa Cruz, p. 47, 2009

SOUZA, F. X. DE. **Materiais para formulação de substratos na produção de mudas e no cultivo de plantas envasadas**, 2001. 22 p. Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE.

SOUZA, L.J., WENDLING, I., CUNHA, A.C.M.C.M., ROSA, L.S., QUOIRIN, M.; **Substratos e Planta Matriz na Sobrevivência e Crescimento de Mudanças de Cambará**. Comunicado Técnico 148, EMBRAPA, 2005

TAIZ, L. et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.

TEE, Y.K., LAMIN, K. **Vegetative Propagation in Cocoa (*Theobroma cacao*): Effects of Propagation Environment and Rooting Substrates on Rooting Behaviour of Cocoa Stem Cuttings** in Enhancing Strategic Plant Physiological Research and Technologies for Sustainable Resources. Anais, 2015. Disponível em: <<http://mspp.org.my>>

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

VENCE, L. B. **Disponibilidad de agua-aire en sustratos para plantas**. Ciencia del Suelo, v. 26, n. 2, p. 105–114, 2008.

VERMA, V.; RAVINDRAN, P.; KUMAR, P. P. **Plant hormone-mediated regulation of stress responses**. BMC Plant Biology, p. 1–10, 2016.

VIEIRA, A. C. M. **Hidrogéis superabsorventes de biomassa do cerrado: síntese e caracterização**, 2015. 98 p. (Dissertação de Mestrado em Tecnologias Químicas e Biológicas). Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

WENDLING, I., DUTRA, L. F., GABIRA, M. M., VIEIRA, L. M., & DEGENHARDT, J. (2021). **Produção de mudas de eucalipto**. In: OLIVEIRA, EB de; PINTO JUNIOR, JE (Ed.). O eucalipto e a Embrapa: quatro décadas de pesquisa e desenvolvimento. Brasília, DF: Embrapa, 2021. cap. 22.

ZORZETO, T. Q. et al. **Caracterização física de substratos para plantas**. *Bragantia*, v. 73, n. 3, p. 300–311, 2014.

## 4. CAPÍTULO 1

# **SOBREVIVÊNCIA E ENRAIZAMENTO DE ESTACAS DE CLONES DE *Eucalyptus* spp. EM DIFERENTES SUBSTRATOS EM MINITÚNEIS VEDADOS**

**Jefferson H. Azevedo, Eng. Florestal – Mestrando, Universidade de Brasília**

**Anderson Marcos de Souza – Professor Doutor – Universidade de Brasília**

### **Resumo**

A fase do enraizamento na propagação vegetativa de espécies florestais, pressupõe a utilização de ambientes com umidade elevada e temperatura controlada, parâmetros definidos pelas características fisiológicas de cada espécie e tipo de material propagativo. Cinco tipos de substratos foram avaliados na propagação de estacas de três clones de eucalipto em ambiente de minitúneis vedados, sem nebulização. Foi observada alta variabilidade entre os clones e entre os substratos. O substrato comercial proporcionou a maior homogeneidade na sobrevivência entre os clones, com média de 74,4%. Apesar de o clone AEC 1528 ter apresentado a maior taxa de sobrevivência, 83,3% em substrato comercial, o clone VM01 obteve 80,0% de sobrevivência nesse substrato e a maior média, 52,5% entre os clones, considerando todos os substratos testados. Este clone, possivelmente por trazer em sua genética o *Eucalyptus camaldulensis*, material adaptado a regiões com restrições hídricas, apresentou resultados promissores de sobrevivência quando estaqueado em substrato composto por solo de subsolo como também na adição deste à areia fina (50:50 v/v), nos quais foram observadas taxas de sobrevivência sem diferença significativa em relação ao substrato comercial. Os resultados encontrados indicaram para a viabilidade da estrutura de minitúneis quanto à sobrevivência dos propágulos quando estaqueados em substrato comercial para todos os clones e, no caso do clone VM01, há a possibilidade também de uso de terra, tornando a operação mais acessível economicamente. A alta taxa de sobrevivência proporcionada pelos minitúneis, indica para o potencial da tecnologia e continuidade da experimentação para ampliação das taxas de enraizamento.

Palavras-chave: Estaquia, produção de mudas, enraizamento.

# ***Eucalyptus* spp. CLONES SURVIVAL AND ROOTING ON DIFFERENT SUBSTRATES IN SEALED MINI-TUNNELS**

## **Abstract**

The rooting stage in the vegetative propagation of forest species presupposes the use of environments with high humidity and controlled temperature, parameters defined by the physiological characteristics of each species and type of propagating material. Five types of substrates were evaluated in the propagation of cuttings of three eucalyptus clones in an environment of sealed mini tunnels, without fogging. High variability was observed between clones and between substrates. The commercial substrate provided the greatest homogeneity in survival among clones, with an average of 74.4%. Although the AEC 1528 clone had the highest survival rate, 83.3% on commercial substrate, the VM01 clone had 80.0% survival on this substrate and the highest average, 52.5% among the clones, considering all tested substrates. This clone, possibly because it brings *Eucalyptus camaldulensis*, in its genetics, adapted species to regions with water restrictions, showed promising results of survival when planted in substrate composed of subsoil soil as well as in the addition of this to fine sand (50:50 v/v), in which survival rates were observed with no significant difference in relation to the commercial substrate. The results found indicated the viability of the mini tunnel structure regarding the survival of the propagules when planted in commercial substrate for all clones and, in the case of clone VM01, there is also the possibility of land use, making the operation more affordable. The high survival rate provided by the mini tunnels indicates the potential of the technology and continuity of experimentation to increase rooting rates.

Keywords: Cuttings, seedling production, rooting.

## 4.1 INTRODUÇÃO

As florestas plantadas com fins industriais contam com 9,55 milhões de hectares, distribuídos principalmente nas regiões sul e centro-oeste brasileiras. Dois gêneros predominam, *Eucalyptus* com 78% e *Pinus* com 18% do total plantado. O setor foi responsável, na média da década entre 2010 e 2020, por 1% do PIB brasileiro, ocupando a 22ª posição dentre as 50 principais atividades econômicas na média deste período (IBÁ, 2021). Com a produtividade e rendimento em clara evolução já há algumas décadas, sobretudo com a introdução da silvicultura clonal (XAVIER e SILVA, 2009), a indústria de base florestal brasileira vem se desenvolvendo e ganhando maior espaço em mercados de interesse.

A evolução das técnicas de melhoramento genético e na propagação vegetativa do eucalipto, é fator basilar para que o setor de produção de mudas pudesse responder à crescente demanda da indústria florestal por plantas, tanto para formação de novas florestas, com para reformas em áreas plantadas com materiais de menor produtividade (ALFENAS, 2009; DUTRA; WENDLING; BRONDANI, 2009; GOLLE et al., 2009). Toda floresta plantada inicia em um viveiro de produção de mudas. Sob este prisma, fica evidenciada a importância desta etapa dentro da cadeia produtiva das florestas para fins industriais.

A escolha do substrato a ser utilizado na propagação de determinada espécie desempenha papel central na clonagem, e deverá levar em conta determinadas características físico-químicas, as quais trazem relação com alguns aspectos inerentes à espécie e tipo de propágulo a ser multiplicado, como o tipo de raiz a ser formado, arquitetura radicular e dimensões dos propágulos (ALFENAS, 2009; BRAUN et al., 2010). Para Landis et al., (1990), substrato é um material em que as raízes das plantas devem se desenvolver e serem capazes de extrair água e nutrientes deste meio.

As pesquisas com diferentes substratos ocorrem em ambientes com lâminas de irrigação constantes (MADHAVI et al., 2021; MOHAMED, 2018), como também, combinando formulações de substratos com diferentes lâminas de irrigação (LOPES; GUERRINI; SAAD, 2007; EZENWANKWO et al., 2020; PINTO et al., 2021).

Estudos com diferentes substratos e sua resposta à ambientes sem irrigação constante, como os minitúneis aqui testados, são praticamente inexistentes. Alguns experimentos exploram materiais como solo, areia, serragem, pó de côco ou ainda combinações entre estes materiais (OFORI et al., 1996; MWANIKI et al., 2009; MARREIROS, 2010;).

Entre os atributos necessários à um bom substrato, a capacidade de retenção de água (CRA) e a aeração (WENDLING et al., 2021) podem ser ainda mais importantes no ambiente de minitúneis vedados. Embora o objetivo principal deste trabalho, trate da sobrevivência de estacas de três genótipos de eucalipto plantadas em diferentes substratos, com características físicas bastante distintas, em ambiente vedado sem nebulização, Alfenas (2009), ressaltou que o enraizamento, etapa fundamental em um processo de produção clonal, prescinde de condições adequadas de acesso à água, onde tanto a falta como o excesso poderão resultar em perdas de estacas.

Os minitúneis vedados, têm no baixo consumo de água, na não necessidade de energia elétrica e a simplicidade de construção e manejo, suas principais características, se apresentando como uma importante tecnologia a ser explorada por comunidades rurais, pequenos produtores ( LEAKEY, 1991; MWANIKI et al., 2009) e mesmo viveiros de pequeno e médio porte para atender demandas extras à sua capacidade instalada. A viabilidade técnica dos minitúneis vedados é diretamente ligada à capacidade de se manter a umidade alta e a fitossanidade dentro da câmara, tornando importante a experimentação de substratos que potencializem esse aspecto.

Diante ao que foi tratado acima, valida-se a importância na avaliação de substratos distintos na sobrevivência de estacas de clones de eucalipto neste sistema sem nebulização, dada a importância central deste insumo tanto na propagação vegetativa, como na produção seminal de mudas. Assim, este trabalho avaliou diferentes substratos (solo de subsuperfície, areia média, fibra de côco, casca de arroz carbonizada e substrato comercial) quanto à sobrevivência e enraizamento de estacas de três genótipos de eucalipto (VM01, AEC 0144 e AEC 1528) com vistas à produção de mudas clonais de *Eucalyptus* spp.

## 4.2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.2.1 Localização do estudo

Os experimentos foram realizados na área do viveiro florestal da Fazenda Água Limpa - FAL, às coordenadas -15,948747, -47.934030, 1093 m (Google Earth). De acordo com a classificação de Köppen, o clima é Cwa, tropical chuvoso com verões chuvosos e invernos secos. Segundo dados fornecidos pelo INMET (2021), a estação seca, de maio a setembro, apresenta temperatura média anual entre 15°C e 30°C e umidade relativa do ar de até 15%. A estação chuvosa ocorre entre os meses de outubro e abril com temperaturas médias entre 17°C e 26°C. A precipitação média anual é de 1.468 mm.

### 4.2.2 Sistema de produção de mudas

Fontes de propágulos: Entre maio e junho de 2018 foi preparada uma área de 180 m<sup>2</sup>, onde foram plantadas mudas obtidas em viveiros florestais da região do Brasil Central, de três clones de eucalipto ao espaçamento de 0,6 m x 0,6 m entre plantas em fila dupla e de 1,0 m entre as filas duplas, formando assim o jardim clonal que forneceu os propágulos para o experimento (Figura 1). Os genótipos testados são os híbridos de *Eucalyptus* spp: AEC 0144 (*Eucalyptus urophylla* S. T. Blake, registro nº 21847), VM01 (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. x *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake, registro nº 20766) e o clone AEC 1528 (*E. grandis* x *E. urophylla*), conhecido também como “super clone”, (RIBEIRO et al, 2015). Cada um destes clones apresenta características para específicos usos, desde a produção de fibra para celulose ao carvão e madeira para serraria. Os clones avaliados são genótipos produzidos em

viveiros localizados no planalto central e que fazem parte dos materiais em uso na região.



**Figura 1.** Fonte de propágulos para o experimento. Jardim Clonal implantado na Fazenda Água Limpa. A: Preparo da área e marcação das covas; B: Plantio das mudas; C: Irrigação pós plantio; C.1: Sistema de irrigação, aspersores; C.2: Sistema de irrigação, gotejamento; D: Tratamento para proteção das cepas com calda bordalesa; E: Jardim clonal em produção; F: Coleta de material.

**Minitúneis:** Foram construídos minitúneis em forma de semiarco com filme plástico difusor de 150 micra com as dimensões 1,10 m x 4,0 m x 0,50 m, com área de 4,4 m<sup>2</sup> e volume aproximado de 1,7 m<sup>3</sup>, com capacidade individual para receber 12 bandejas com 187 tubetes plásticos de 55 cm<sup>3</sup> cada. Os minitúneis receberam proteção contra a luz do sol através de uma camada dupla de tela sombrite que forneceu 50% de sombra, instalada a 2,0 metros acima dos minitúneis.

Para a estrutura dos arcos foram utilizadas varas de bambu coletadas na área da FAL, com 3 cm de diâmetro e 1,6 m de comprimento. Para facilitar seu arqueamento, foram separadas ao meio no sentido longitudinal e sobre as quais foi aplicado o filme plástico. Os arcos ficaram livres de farpas de bambu, para reduzir o risco de danos ao filme plástico e, por consequência, a fuga da umidade interna. A figura 2 mostra o sistema construtivo do minitúnel e disposição das bandejas.



**Figura 2.** Sistema construtivo do minitúnel. A: Alinhamento das estacas da base para fixação dos arcos e fixação dos arcos de bambu às estacas da base; B: Alinhamento do filme plástico; C: Disposição dos tijolos para auxiliar na vedação; D: Irrigação aos 10 DAE; E: Brotações de estacas.

Carbonização da casca de arroz: A casca de arroz foi obtida junto ao Hospital Veterinário de Grandes Animais da UnB. A carbonização foi realizada com uma lata de 20 L onde foi inserido material combustível para o início da carbonização e, em seu centro, foi situado um cano de metal de 1,6 m que atuou como chaminé. Ao redor deste equipamento, já com o fogo dentro da lata, foi formada uma pilha com a casca de arroz seca, de cerca de 60 cm de altura e a carbonização foi conduzida até a obtenção de um material o mais homogêneo possível.

O experimento foi instalado em setembro de 2019, tendo as temperaturas máxima e mínima variado entre 34°C e 17°C. Coleta dos propágulos: brotos de 60 cm foram coletados de cepas dos diferentes clones de eucalipto e transportados para o local do estaqueamento em baldes com água.

Em local protegido do sol e do vento, foram preparadas estacas entre 8 e 10 cm de comprimento e com diâmetros entre 2,5 mm e 5,0 mm. A base e o topo das estacas foram cortados em bisel (corte em ângulo), utilizando-se tesouras de poda e o par de folhas de cada estaca teve a área reduzida à metade com tesouras comuns. Ambos os instrumentos foram desinfetados com solução de hipoclorito a 0,5% durante o preparo das estacas. As estacas confeccionadas foram acondicionadas em solução de água com o fungicida comercial Orthocide<sup>®</sup> [concentração 0,5%] antes de serem estaqueadas entre 15 mm e 20 mm de profundidade nos substratos já saturados com água.

Durante a estaquia, as bandejas eram nebulizadas com água fresca a cada 8 minutos para que os tecidos aéreos das estacas não desidratassem. Cada tratamento foi identificado com placas plásticas e as bandejas introduzidas no túnel em duas etapas. As primeiras seis bandejas completas e, ao final do estaqueamento, as cinco bandejas restantes. Com todas as bandejas dentro do túnel, foi realizada a aspersão do fungicida Orthocide<sup>®</sup> sobre as estacas e então o túnel foi selado, aplicando-se areia sobre as laterais do plástico que tocavam o chão, sobre a qual foram dispostos tijolos de barro para auxiliar na contenção da umidade dentro do ambiente interno do túnel.

Os túneis tiveram a temperatura interna monitorada pelo aparelho termo higrômetro digital – HTC-2A, com precisão de 0,1°C. A temperatura média dentro do túnel foi de 25,3°C com temperaturas máxima e mínima de 38,4°C e 12,3°C. Umidade externa entre 11% e 85% ao longo do experimento.

O túnel permaneceu fechado por 10 dias, momento em que foi aberto e então as estacas receberam a 2ª aplicação de água, quando foram utilizados 20 L de água, aplicada com regador, resultando em um volume médio de 11 ml/estaca e também a aspersão do fungicida, voltando então a ser lacrado. Esta operação repetiu-se no vigésimo dia e ao trigésimo dia o experimento foi avaliado. Em cada um destes dois momentos em que os túneis foram abertos para irrigação e aplicação do fungicida, estes permaneceram abertos por volta de 8 minutos, quando voltaram a ser vedados.

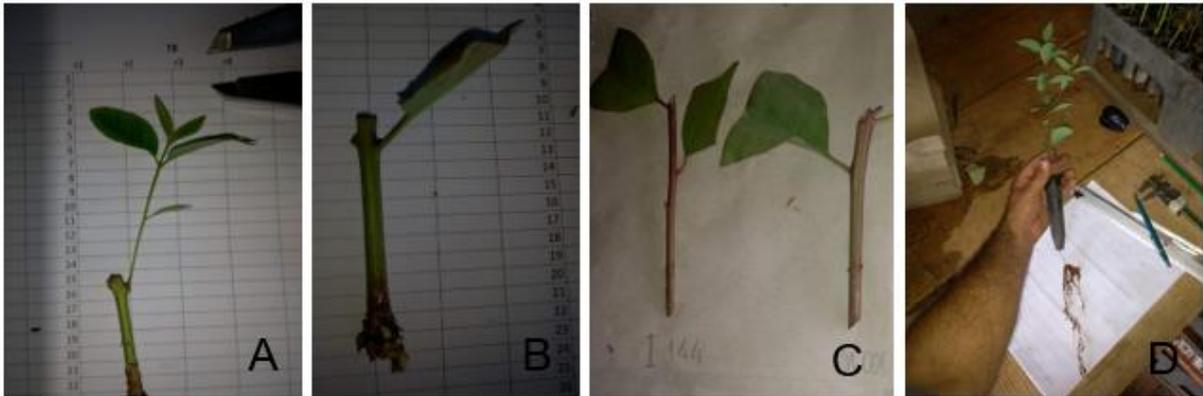
### 4.2.3 Parâmetros avaliados

Sobrevivência: Foram avaliadas a sobrevivência das estacas em cada tratamento, sendo consideradas estacas vivas: a) com brotações, mas sem raízes; b) em desenvolvimento: brotações + raízes; c) com formação de calos, mas sem as folhas originais ou brotações; d) par de meias folhas originais, sem brotações ou calogênese. Notações na tabela 1.

**Tabela 1.** Classificação utilizada na avaliação de sobrevivência de estacas de clones e *Eucalyptus* spp.

Condição	Notação
Brotadas sem raiz	BSR
Em desenvolvimento-enraizadas	DES
Par de meias folhas originais	FOR
Calogênese	CLG

Para esta análise, foram consideradas vivas as estacas que apresentaram atividades fisiológicas evidentes, conforme apresentado acima. Como esclarecimento sobre as estacas FOR – sem brotações ou raízes, mas com o par de meias folhas originais aderidas e verdes, apenas foram consideradas aquelas que não apresentavam qualquer sinal de senescência das folhas ou sinais de oxidação dos tecidos da base da estaca pela formação de compostos fenólicos. Quanto às estacas classificadas como CLG, foram considerados os propágulos cujas folhas originais haviam caído ou estavam em processo de queda (amarelecimento) mas que apresentaram formação de calos ativas. A figura 3 exemplifica essas quatro condições.



**Figura 3.** Estacas quanto à condição na classificação da sobrevivência. A: Brotadas sem raiz (BSR); B: Calogênese (CLG); C: Folhas originais (FOR); Em desenvolvimento, brotadas e enraizadas (DES).

Para a mensuração do comprimento e diâmetro das raízes, com cuidado foi retirado o substrato aderido para evitar seu rompimento. Para obtenção do comprimento, utilizou-se uma régua de alumínio com marcação em milímetros e centímetros e para obtenção do diâmetro de cada raiz, utilizamos um paquímetro digital da marca Electronic Digital Caliper que fornece medições com 0,01 mm de precisão. Os comprimentos foram medidos do ponto de emissão das raízes na base da estaca até o ápice de cada raiz e os diâmetros foram tomados na porção média das raízes. Após a tomada do comprimento e diâmetro das raízes de cada estaca, foram tabulados em planilha Excel: número de raízes, maior raiz, comprimento total de raízes e média de comprimento das raízes emitidas. Da mesma maneira, foram tabulados o maior diâmetro, a soma e a média dos diâmetros. As médias de comprimento foram obtidas através da divisão dos valores das somas de comprimento pelo número de raízes, o mesmo procedimento de divisão da soma de diâmetros pelo número de raízes para obtenção dos diâmetros médios. Todas as medições foram realizadas em escala milimétrica.

#### 4.2.4 Tratamentos e procedimentos estatísticos

Para o estudo da sobrevivência e o enraizamento aos 30 DAE, o experimento foi estabelecido em Delineamento Inteiramente Casualizado - DIC, onde avaliamos separadamente a sobrevivência e enraizamento de cada um dos três clones estaqueados nos cinco diferentes substratos. Cada tratamento foi formado por quatro repetições de 30 estacas cada, totalizando 120 observações cada, com 1.800 propágulos ao total do experimento.

Foram testados os seguintes substratos, que têm suas notações apresentadas na tabela 2: casca de arroz carbonizada; casca de arroz carbonizada + fibra de coco ralada (50:50); substrato comercial BioPlant <sup>1</sup>; solo de subsuperfície; e solo de subsuperfície + areia (60:40).

**Tabela 2.** Substratos usados na avaliação da sobrevivência e enraizamento de estacas de clones de *Eucalyptus* spp.

Substrato	Notação
Casca de Arroz Carbonizada	CAC
Fibra de Côco Ralada - FCR + CAC [50:50]	CAC-FCR
Substrato Comercial	SC
Solo da Subsuperfície	SS
SS + Areia - A [60:40]	SS+A

As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software Sisvar em sua versão 5.7 (FERREIRA, 2011). Os dados de sobrevivência e enraizamento foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk para verificação de sua normalidade e os parâmetros que não apresentaram distribuição normal foram transformados através da equação  $\sqrt{x+0,5}$ , quando então foi realizada a análise de variância ao nível de significância  $p < 0,5$ , sendo a comparação das médias realizadas pelo teste de Tukey à probabilidade  $p < 0,5$ . Utilizado o teste de Pearson para análise da correlação entre a sobrevivência das estacas e a capacidade de retenção de água de cada substrato.

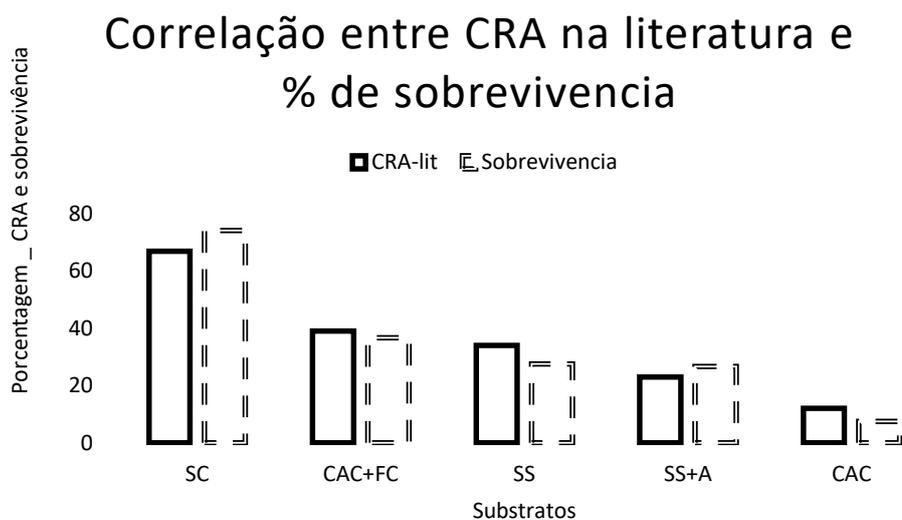
#### 4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A sobrevivência das mudas foi influenciada pelo substrato utilizado, como verificado no trabalho de Souza et al (2005), avaliando a sobrevivência em viveiro de mudas seminais de cambará - *Gochnatia polymorpha*, semeadas em diferentes combinações dos substratos: comercial, casca de arroz carbonizada, casca de pinus semidecomposta peneirada e terra de subsuperfície, em que a influência do tipo de

<sup>1</sup> Composição: turfa de Sphagnum, fibra de coco, casca de arroz, casca de pinus, vermiculita.

substrato foi observada. No presente trabalho, os diferentes substratos promoveram diferentes taxas de sobrevivência nas estacas dos clones. É importante destacar que em um ambiente como o estudado, onde a dinâmica da água é chave, em virtude de seu reduzido aporte por irrigação, o substrato tenha sua importância amplificada quanto a sobrevivência das estacas, na medida em que é responsável por garantir o acesso à água pelo sistema radicular da muda.

Os substratos com menor CRA - capacidade de retenção de água, proporcionaram as menores taxas de sobrevivência. A figura 4 mostra a alta correlação entre a média de sobrevivência observada neste experimento e as respectivas CRA dos substratos testados segundo a literatura (BARBOSA et al., 2018; ZORZETO et al., 2014). O teste de Pearson mostrou uma correlação de 0,983 entre estas variáveis, corroborando a importância desta característica em um substrato sobre a taxa de sobrevivência.

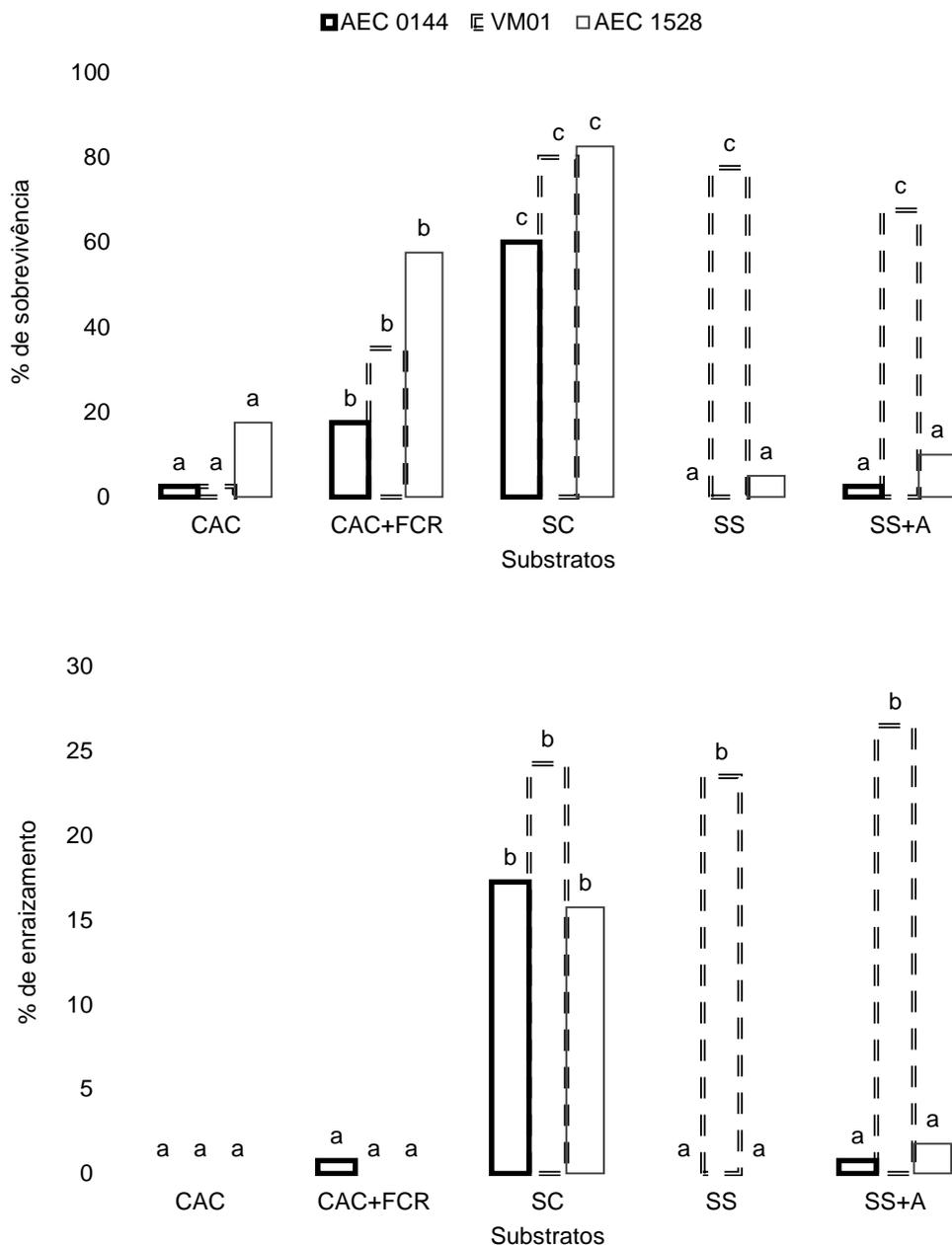


**Figura 4.** Correlação entre a Capacidade de Retenção de Água (CRA) dos substratos testados – literatura - e as respectivas porcentagens de sobrevivência – média entre os clones testados. Substrato comercial (SC); Casca de arroz carbonizada + Fibra de côco (CAC+FC); Solo de subsolo (SS); Solo de subsolo + Areia (SS+A); Casca de arroz carbonizada (CAC).

O substrato comercial composto de turfa de *Sphagnum*, casca de arroz, casca de pinus, fibra de coco e vermiculita resultou o mais eficiente entre os substratos testados. Com média de sobrevivência de 74,4% considerando os três clones e com

a maior taxa de sobrevivência para o clone de eucalipto AEC 1528 com 82,5%, seguido pelo clone VM01, 80,0% de sobrevivência.

A figura 5 apresenta as médias de sobrevivência e enraizamento de cada clone para cada substrato, separadas pelo método de Tukey ( $\alpha=5\%$ ) e mostra a alta variabilidade na sobrevivência e enraizamento dentre os substratos testados para cada clone.



**Figura 5.** Sobrevivência e enraizamento de três genótipos de eucalipto com estacas plantadas em diferentes substratos em ambiente vedado. Substrato Comercial (SC); Casca de arroz carbonizada + Fibra de Côco (CAC+FCR); Solo de subsolo (SS); Solo de Subsolo + Areia (SS+A); Casca de Arroz Carbonizada (CAC). Letras diferentes em cada linha mostram as médias que resultaram significativamente diferentes a  $p < 0,5$ .

Os clones apresentaram comportamento semelhante quando estaqueados em substratos de menor capacidade de retenção hídrica, casca de arroz carbonizada (CAC) e casca de arroz carbonizada mais fibra de côco ralada (CAC+FCR). Todavia, o 2º substrato resultou em maior taxa de sobrevivência, justamente pela maior

capacidade da fibra de côco em reter água (RODRIGUES, 2007), em relação à casca de arroz carbonizada, que tem baixa capacidade de retenção, como detalham Vieira e Pauletto (2009), em seu trabalho sobre atributos físicos da casca de arroz carbonizada.

O substrato de casca de arroz carbonizada proporcionou a menor taxa de sobrevivência dentre os substratos testados neste ambiente sem irrigação constante, contudo apresenta bons resultados quanto à sobrevivência quando utilizado em ambiente irrigado, maior inclusive que alguns substratos comerciais, como se observa no trabalho de Bosa et al., (2003) onde é avaliado o crescimento de micro estacas enraizadas de *Gypsophila paniculata* em seis substratos, sendo cinco comerciais, além da casca de arroz carbonizada, que proporcionou, após 35 dias de avaliações, 97% de sobrevivência, a maior dentre os substratos testados.

O clone VM01 apresentou alta plasticidade, ao manter, com alta significância em relação aos outros dois genótipos, a taxa de sobrevivência nos substratos SS e SS+A, evidenciando a influência da genética do *E. camaldulensis* neste clone híbrido, uma espécie bastante resistente ao estresse hídrico, na resposta de sobrevivência de mudas em diferentes ambientes de produção (FERNANDES; CAIRO; NOVAES, 2015).

Em seu trabalho investigando clones de eucalipto submetidos a deficiência hídrica em dois tipos de solo, Lima (2015) observou que o clone VM01 (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. x *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake), único híbrido com *E. camaldulensis* entre os materiais testados, apresentou desenvolvimento 31,6%, maior que os demais clones quando manejado em solo franco arenoso sob deficiência hídrica. Este experimento também trabalhou com os clones AEC 1528 (*Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*), AEC 0144 (*Eucalyptus urophylla*) e o clone COP 1407 (*Eucalyptus urophylla* S.T. Blake). Sem a deficiência hídrica e quando manejados em solo argiloso, não houve diferença no desenvolvimento entre estes clones. Os resultados aqui encontrados, evidenciam a capacidade do clone VM01 em garantir respostas positivamente diferenciadas, quando submetido a condições adversas em termos de disponibilidade hídrica, neste trabalho, proporcionada pelos substratos de menor CRA.

O enraizamento foi verificado quando utilizado o substrato comercial para os clones AEC 0144 e AEC 1528 e, para o clone VM01, os substratos SC, T e T+A apresentaram taxa de enraizamento semelhante, iguais estatisticamente a  $p < 5\%$ , o que confirma a plasticidade deste clone também em relação ao enraizamento.

As taxas de sobrevivência aqui observadas, indicam para a possibilidade de ampliação dos níveis de enraizamento com o aprofundamento das investigações relacionadas tanto às condições do ambiente interno dos túneis como irradiância, temperatura e frequência de abertura para irrigação, como com relação ao estado nutricional das matrizes que fornecem os propágulos e a juvenilidade destes e o tempo de permanência nos túneis, como explorado no trabalho de Ferreira et al. (2004) que identificou a variabilidade no tempo ótimo de enraizamento dentre as diferentes espécies, confirmando a necessidade de pesquisas detalhadas sobre o tempo adequado para enraizamento ao nível de espécie.

Um dos mecanismos das plantas para responder ao estresse hídrico, é a senescência das folhas, diminuindo a desidratação (SCHULZE et al., 1987). Contudo, há outros mecanismos para diminuir a desidratação, como a diminuição das taxas de respiração através do fechamento estomático (TAIZ et al., 2017).

O clone VM01 possivelmente usou este mecanismo para diminuir a desidratação, característico de genótipos selecionados para desenvolvimento em regiões sob carência hídrica. Neste caso, sua genética de *E. camaldulensis* poderá ter influenciado neste comportamento de manutenção do par de meias folhas em níveis significativamente maiores que os demais clones (tabela 3) quando estaqueado nos substratos solo e solo + areia, mantendo as atividades fisiológicas à sobrevivência da estaca. Este comportamento sugere que, através do aprofundamento da experimentação dos fatores ambientais internos como luz, temperatura e umidade do ar, somada ao tempo de permanência e à investigação de fitorreguladores na promoção do enraizamento, há claro potencial para o aumento das taxas de emissão de raízes e de brotações.

**Tabela 3.** Valores médios para estacas enraizadas e com brotações - em desenvolvimento (DES), estacas com calogênese (CLG), estacas brotadas, mas sem raízes (BSR) e estacas com par de meias folhas originais, sem brotações e raízes (FOR) de três clones de híbridos de eucalipto estaqueadas em diferentes substratos aos 30 DAE. Substrato Comercial (SC); Casca de arroz carbonizada + Fibra de Côco (CAC+FC); Solo de subsolo (SS); Solo de Subsolo + Areia (SS+A); Casca de Arroz Carbonizada (CAC). Letras diferentes em cada coluna mostram as médias que resultaram significativamente diferentes a  $p < 0,5$ .

<b>Valores médios</b>				
<b>Clone I 144</b>				
<b>SUBSTRATO</b>	<b>DES (%)</b>	<b>CLG (%)</b>	<b>BSR (%)</b>	<b>FOR (%)</b>
CAC	0,00 a	0,00 <sup>ns</sup>	2,50 a	0,00 <sup>ns</sup>
CAC+FC	0,00 a	2,5	12,5 a	0,00
SC	15,00 b	2,5	32,50 b	5,00
SS	0,00 a	0	0,00 a	0,00
SS+A	0,00 a	0	2,50 a	0,00
CV%	2,20	2,99	5,50	2,44
<b>Clone VM 01</b>				
<b>SUBSTRATO</b>	<b>DES (%)</b>	<b>CLG (%)</b>	<b>BSR (%)</b>	<b>FOR (%)</b>
CAC	0,00 a	0,00 a	2,50 a	0,00 a
CAC+FC	0,00 a	15,00 b	15,00 b	5,00 a
SC	30,00 b	2,50 a	40,00 c	7,50 a
SS	25,00 b	0,00 a	0,00 a	55,00 c
SS+A	30,00 b	0,00 a	0,00 a	35,00 b
CV%	7,04	4,21	2,83	3,59
<b>Clone AEC 1528</b>				
<b>SUBSTRATO</b>	<b>DES (%)</b>	<b>CLG (%)</b>	<b>BSR (%)</b>	<b>FOR (%)</b>
CAC	0,00 a	0,00 a	17,50 b	0,00 <sup>ns</sup>
CAC+FC	0,00 a	12,50 b	45,00 c	0,00
SC	15,00 b	2,50 a	50,00 c	10,00
SS	0,00 a	0,00 a	0,00 a	5,00
SS+A	5,00 a	0,00 a	0,00 a	7,50
CV%	3,01	2,82	5,49	4,46

Sobre o lançamento de brotações e emissão de raízes em estacas, há abordagens distintas. A ocorrência de brotação antes do lançamento de raízes prejudicaria a emissão radicular, tanto pela alocação das reservas para brotação, como a perda de umidade sem correspondente absorção de água (FACHINELLO et al., 1995). Contudo, ao estudar o enraizamento de estacas de cajueiro (*Anacardium occidentale* L.), quando submetidas a 500 mg L<sup>-1</sup> de ácido indol butírico, Souza et al. (1992), afirmaram que o lançamento de brotações é forte indício da capacidade de enraizamento nos propágulos.

O clone VM01 se destaca nas estacas classificadas “em desenvolvimento”- com brotações e emissão de raízes. Este genótipo manteve este comportamento nos substratos SC, S e S+A, sendo estatisticamente iguais. Este resultado surpreende, pois, tanto o substrato solo e solo+areia, possuem menor CRA que o substrato casca de arroz carbonizada + fibra de côco, indicando que a rizogênese para este material, não acompanha a tendência mostrada nos resultados para sobrevivência, onde a correlação entre a CRA e a sobrevivência é alta, com um índice de 0,983 no teste de correlação de Pearson.

Os dados da taxa de calogênese mostra que o substrato CAC+FC promoveu a formação de calos nos clones VM01 e AEC 1528 de maneira diferenciada em relação ao clone AEC 0144. De acordo com Alfenas et.al, 2009, a calogênese pode ser devida à utilização de brotações já muito maduras ou mesmo colhidas em cepas desbalanceadas nutricionalmente. Contudo, como o jardim clonal foi manejado da mesma maneira para os 3 clones, do plantio à decepta para a emissão de brotações, esta resposta de calogênese seria esperada também no clone AEC 0144, o que não ocorreu, mostrando que possivelmente este comportamento esteja mais vinculado à uma interação entre este substrato e o material genético que às condições ontogenéticas ou nutricionais da estaca.

Outro fator que influencia o processo calogênico é a sazonalidade da coleta dos propágulos e a interação entre este fator e cada genótipo. Ao avaliar o enraizamento da erva-mate - *Ilex paraguayensis*., Pimentel et al. (2019), encontraram taxas de calogênese diferentes nas miniestacas de quatro clones em coletas nas diferentes estações do ano, tendo o inverno como o período que proporcionou a maior taxa de formações calogênicas para todos os clones e respostas diferenciadas na calogênese entre os clones em outras estações. Esses autores inferem, através de seus resultados, que o processo calogênico pode ser um indicativo do potencial rizogênico para clones desta espécie. Como o calo é uma massa de células indiferenciadas, sua diferenciação para a formação de primórdios radiculares pode vir a ser alcançada mantendo-se o propágulo em ambiente favorável ao enraizamento por um tempo maior. Por outro lado, em estudos para o enraizamento de *Eucalyptus cloeziana* nos primeiros anos da década de 1990, a vigorosa formação de calos não se traduziu em emissão de raízes (ALFENAS et al., 2009).

## 4.4 CONCLUSÕES

Os minitúneis vedados sem nebulização podem proporcionar sobrevivência média de estacas de clones de *Eucalyptus* spp. em alguns substratos.

A sobrevivência foi afetada pela composição do substrato. Substratos de baixa capacidade de retenção de água não são adequados à esta tecnologia.

O substrato comercial proporcionou o melhor resultado dentre os materiais avaliados. Quanto à sobrevivência, os substratos com terra também foram uma opção de baixo custo para materiais genéticos específicos, sendo necessária a continuidade de pesquisas para ampliar as taxas de enraizamento

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A. V.; MAFIA, R. G.; ASSIS, T. F. **Clonagem e doenças do eucalipto**. 2.ed. – Viçosa, MG, Ed. UFV, 2009.

BARBOSA, J. R. L. et al. **Caracterização de atributos físicos de substratos para fins de produção de mudas**. Revista Cultivando o Saber, v. 11, p. 13–25, 2018

BOSA, N. et al. **Crescimento de mudas de gipsofila em diferentes substratos**. Horticultura Brasileira, v. 21, n. 3, p. 514–519, 2003.

BRAUN, H. et al. **Produção de mudas de tomateiro por estaquia: Efeito do substrato e comprimento de estacas**. Idesia, v. 28, n. 1, p. 9–15, 2010.

DUTRA, L. F.; WENDLING, I.; BRONDANI, G. E. **A Micropropagação de Eucalipto**. Pesquisa Florestal Brasileira, v. 0, n. 58, 2009.

EZENWANKWO, S. et al. **Evaluation of early growth of *Maesobotrya barteri* (Hutch) seedlings under different growing media and evaluation of early growth of *Maesobotrya barteri* (hutch) seedlings under different growing media and watering regime** \* Corresponding author: 42nd Annual conference of the Forestry Association of Nigeria (FAN), n. November, p. 730–736, 2020.

- FACHINELLO, J.C. et al. **Propagação de plantas frutíferas de clima temperado. 2ª ed, Pelotas.** UFPel, 1995. 178 p.
- FERNANDES, E.T.; CAIRO, P.A.R.; NOVAES, A. B. **Respostas fisiológicas de clones de eucalipto cultivados em casa de vegetação sob deficiência hídrica.** Ciência Rural, Santa Maria, p. 29–34, 2015.
- FERREIRA, E. M. et al. **Determinação do tempo ótimo do enraizamento de miniestacas de clones de *Eucalyptus* spp.** Revista Árvore, v. 28, n. 2, p. 183–187, 2004.
- FERREIRA, D.F. **Sisvar: a computer statistical analysis system.** Ciência e Agrotecnologia, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>
- GOLLE, D. P. et al. **Melhoramento florestal: Ênfase na aplicação da biotecnologia.** Ciência Rural, v. 39, n. 5, p. 1606–1613, 2009.
- IBÁ [Indústria Brasileira de Árvores]. **Brazilian tree industry annual report - base year 2010.** Associação Brasileira de Árvores, p. 93, 2021. Disponível em <<https://iba.org/publicacoes>>. Acesso em 07/06/2021.
- INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br>. Acesso em 02 abril 2021.
- LANDIS, T. D.; JACOBS, D. F.; WILKINSON, K.M., LUNA, T. **Growing media.** The container tree nursery manual, v. 2, 1990.
- LEAKEY, R. R. B. **Low-tech cloning of tropical trees.** Botanic Gardens Conservation New, v. 1, n. 9, p. 39–40, 1991.
- LIMA, K. B. **Clones de *Eucalyptus* spp submetidos a estresse hídrico,** 2015. 55 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2015.
- LOPES, L. W. L.; GUERRINI, I. A.; SAAD, J. C. C. **Qualidade de mudas de eucalipto produzidas sob diferentes lâminas de irrigação e dois tipos de substrato.** Sociedade de Investigações Florestais - Revista Árvore, v. 31, n. 5, p. 835–843, 2007.

- MADHAVI, B. G. K. et al. **Heliyon Influence of different growing media on the growth and development of strawberry plants.** Heliyon, v. 7, n. May, p. 1–6, 2021.
- MARREIROS, E. D. O. **Influência de Substratos no Enraizamento das Estacas e na Produtividade da Roseira.** 2010. 50p. (Mestrado em Agronomia) Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.
- MOHAMED, Y. F. Y. **Influence of Different Growing Media and Kristalon Chemical Fertilizer on Growth and Chemical Composition of Areca Palm (*Dyopsis cabadae* H . E . Moore ) Plant.** Middle East Journal of Applied Sciences, v. 8, n. 1, p. 43–56, 2018.
- MWANIKI, F.; GICHUKI, C.; MULUVI, G.; OEBA, V.O.; Kaniy, B. **Development of a Non-Mist Vegetative Propagation Protocol for *Eucalyptus* Hybrid Clones.** Journal of East African Natural Resources Management, n. January, p. 3: 283-295, 2009.
- OFORI, D. A. et al. **Vegetative propagation of *Milicia excelsa* by leafy stem cuttings: Effects of auxin concentration, leaf area and rooting medium.** Forest Ecology and Management, v. 84, n. 1–3, p. 39–48, 1996.
- PIMENTEL, N. et al. **Productivity of mini-stumps and rooting of mini-cuttings of erva mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hill.) clones.** Ciência Florestal, v. 29, n. 2, p. 559–570, 2019.
- PINTO, V. V. F. et al. **Crescimento de mudas de *Poincianella pluviosa* (DC.) L.P. Queiroz em diferentes substratos e lâminas de irrigação.** Madera y Bosques, v. 27, n. 1, p. 1–12, 2021.
- RIBEIRO, E. P. et al. **Análise inicial do super clone de eucalipto adubado com lodo de efluente suíno.** Initial analysis of the Eucalyptus super clone fertilized with swine wastewater sludge. Pesquisa Florestal Brasileira, ISSN: 1809-3647 Embrapa Florestas, 2015
- RODRIGUES, S.B.S. **Análise do uso da água em unidades de produção de eucalipto 2007,** 93p. (Dissertação de Mestrado). UFLA, Viçosa, 2007.
- SCHULZE E.D. et al. **Plant water balance.** BioScience, v. 37, n. 1, 1987.

SGHAIER, T. et al. **Effect of the substrates used for forest seedlings production on the survival and growth of trees in a reforestation site in North-West of Tunisia.** *Geo-Eco-Trop.*, 2019, 43, 1: 145-160 2019.

SOUZA, F. D. et al. **Enraizamento de estacas de caule juvenil “Anão-precoce” (*Anacardium occidentale L.*).** *Revista Brasileira de Fruticultura*, Cruz das Almas, v. 14, n. 3, p. 59-65, 1992.

SOUZA, L.J. et al. **Substratos e Planta Matriz na Sobrevivência e Crescimento de Mudanças de Cambará.** Comunicado Técnico 148, EMBRAPA, 2005

TAIZ, L. et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal.** 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p

VIEIRA, M.A., PAULETTO, E.A., **Avaliação de atributos físicos do substrato de casca de arroz (*oryza sativa L.*) carbonizada e tratada com polímeros hidrofílicos sintéticos.** *Biosci. J.*, Uberlândia, v. 25, n. 1, p. 1-6, Jan/Feb, 2009

WENDLING, I., DUTRA, L. F., GABIRA, M. M., VIEIRA, L. M., & DEGENHARDT, J. (2021). **Produção de mudas de eucalipto.** In: OLIVEIRA, EB de; PINTO JUNIOR, JE (Ed.). *O eucalipto e a Embrapa: quatro décadas de pesquisa e desenvolvimento.* Brasília, DF: Embrapa, 2021. cap. 22.

XAVIER, A.; LUIZ DA SILVA, R. **Evolução da silvicultura clonal de *Eucalyptus* no Brasil.** *Agronomía Costarricense*, v. 34, n. 1, p. 93–98, 2009.

ZORZETO, T. Q. et al. **Caracterização física de substratos para plantas.** *Bragantia*, v. 73, n. 3, p. 300–311, 2014.

## 5. CAPÍTULO 2

# EFEITO DA INCORPORAÇÃO DE POLÍMERO HIDRORRETENTOR AO SUBSTRATO NA SOBREVIVÊNCIA E ENRAIZAMENTO DE ESTACAS DE CLONES DE *Eucalyptus* spp. EM MINITÚNEIS VEDADOS

Jefferson Hornig Azevedo, Eng. Florestal – Mestrando, Universidade de Brasília

Anderson Marcos de Souza – Professor Doutor – Universidade de Brasília

### Resumo

A disponibilidade regular de água em volume e qualidade satisfatórios, é fator determinante na produção de mudas e sua utilização de maneira apropriada é fundamental para o sucesso no enraizamento de estacas. Dessa maneira, tecnologias que possam auxiliar o manejo deste recurso de maneira mais eficiente devem ser investigadas. Dosagens do polímero hidrorretentor Forth Gel® foram adicionadas ao substrato comercial Bioplant®, para avaliação da sobrevivência e o enraizamento de estacas de três genótipos, AEC 0144, VM01 e AEC 1528 de clones de eucalipto em um sistema sem irrigação constante. O experimento foi implantado em Delineamento Inteiramente Casualizado com os seguintes tratamentos: sem o hidrorretentor, 1,0 g/L, 2,0 g/L, 3,0 g/L e 4,0 g/L em ambiente vedado e sem nebulização em minitúneis. Após aberturas do minitúnel para irrigação e aplicação de fungicida, (10 e 20 dias), no trigésimo dia foram avaliados: sobrevivência (S); enraizamento (DES); massa seca das raízes (MSR); massa seca aérea (MAS); comprimento do sistema radicular (CSR); comprimento médio das raízes (CMR); número de raízes (NR); soma do diâmetro das raízes (SDR) e diâmetro médio da raiz (DMR). Após a realização da análise de variância, foram aplicados os testes de Tukey (0,5%) e a regressão. Os clones AEC 0144 e VM01 não foram influenciados significativamente pela incorporação de hidrorretentor quanto à sobrevivência e enraizamento, com taxas máximas de 76,75%, 14,25% e 87,5%, 23,25% respectivamente. O genótipo AEC 1528 obteve o melhor resultado na ausência do polímero hidrorretentor, 16%, e a menor taxa de enraizamento na dosagem e 4 g/L, com 3,25% de enraizamento. Quanto aos parâmetros morfológicos, o clone AEC 0144 não foi significativamente influenciado pelas doses do polímero. O genótipo VM01 obteve os melhores resultados para CMR e MR na ausência do polímero, e, para o genótipo AEC 1528, a dose de 1gL<sup>-1</sup> resultou maior MSR e NR. À exceção deste resultado para o material AEC 1528, todos os demais parâmetros para todos os clones foram influenciados negativamente pela adição do polímero hidrorretentor.

Palavras-chave: produção de mudas, manejo de irrigação, estacas clonais.

# **EFFECT OF INCORPORATION OF HYDRO-RETAINING POLYMER INTO THE SUBSTRATE ON THE SURVIVAL OF CUTTINGS OF CLONES OF *Eucalyptus* spp. IN SEALED MINI TUNNELS**

## **Abstract**

The regular availability of water in satisfactory volume and quality is a determining factor in the production of seedlings and its proper use is fundamental for the success of cuttings rooting. Thus, technologies that can help manage this resource more efficiently should be investigated. Here, we tested different dosages of the water-retaining polymer, Forth Gel®, added to the commercial substrate BioPlant® to evaluate the survival and rooting of cuttings of three genotypes, AEC 0144, VM01 and AEC 1528 of eucalyptus hybrids in a system without constant irrigation. We tested the following treatments in a completely randomized design: with no polymer, 1,0 g/L, 2,0 g/L, 3,0 g/L and 4,0 g/L in a sealed environment and without fogging, the mini tunnels. After two openings of the tunnel for irrigation and fungicide application, at 10 and 20 days after staking, on the thirtieth day, the following were evaluated: survival (S); rooting (DES); Root dry mass (MSR); aerial dry mass (MAS); root system length (CSR); mean root length (CMR); number of roots (NR); sum of root diameter (SDR) and mean root diameter (DMR). After performing the analysis of variance, Tukey's tests were applied to separate statistically different means and regression to obtain the best concentration of the water-retaining polymer, both with an alpha of 0.5. The clones AEC 0144 and VM01 were not significantly influenced by the doses of hydro-retainer regarding survival and rooting, with maximum rates of 76.75%, 14.25% and 87.5%, 23.25% respectively. The AEC 1528 genotype obtained a significantly different response for rooting, with the best result in the absence of the water-retaining polymer, 16%, and the lowest rooting rate at dosage 4 gL<sup>-1</sup>, with 3.25% of rooting. As for morphological parameters, clone AEC 0144 was not significantly influenced by polymer doses. The VM01 genotype obtained the best results for CMR and MR in the absence of polymer, and for the AEC 1528 genotype, the dose of 1gL<sup>-1</sup> resulted in the highest MSR and NR rates. Except for this result for the AEC 1528 material, all other parameters for all clones were negatively influenced by the addition of the water-retaining polymer to the substrate.

Keywords: Seedling production, irrigation management, clonal cuttings.

## 5.1 INTRODUÇÃO

O Brasil, um país de dimensões continentais, é constituído por diferentes regiões, com realidades distintas tanto climáticas quanto em relação à infraestrutura. Neste sentido, localidades que tenham restrições no acesso à água e energia elétrica podem ter dificuldades em fomentar a atividade de produção de mudas florestais, sobretudo na modalidade da propagação vegetativa.

A produção de mudas da maioria absoluta das espécies vegetais, prescinde de um abastecimento seguro e constante de água. A falta deste elemento, mesmo que por pouco tempo, variável entre espécies, pode acarretar na debilitação do vegetal e, dependendo da lacuna, levar a planta à morte (TAIZ et al., 2017).

A perda da planta por desidratação, em especial na grande maioria das plantas superiores, ocorre quando se atinge cerca de 75% da quantidade de água requerida para as funções fisiológicas, em particular a transpiração (KRAMER e BOYER, 1995). Esta dependência vital de água pelas plantas é um dos temas mais explorados pela pesquisa agrícola, sobretudo em regiões em que este recurso é limitado.

Entre as diversas abordagens para tratar da disponibilidade da água em um sistema agrícola, as pesquisas com polímeros hidrorretentores, substâncias capazes de absorver água até centenas de vezes seu peso, ganharam espaço no cenário produtivo agrícola mundial a partir da década de 1980 e, mais adiante, já ao final da década de 1990, no Brasil (AZEVEDO; BERTONHA; GONÇALVES, 2002).

Na agricultura, os hidrogéis são utilizados tanto a campo, para reter a umidade no solo, aumentando o tempo de disponibilização da água às raízes das plantas (MENDONÇA et al., 2013; MOTE; GOKAVI, 2020), como veículo para disponibilização gradativa de pesticidas e fertilizantes (AOUADA; MATTOSO, 2009; CHENG et al., 2018) e viabilização da agricultura em regiões secas ( KASWALA et al., 2018; ASHRAF; RAGAVAN; BEGAM, 2021) como em viveiros, na produção de mudas (ARBONA et al., 2005; MARQUES; BASTOS, 2010). Na silvicultura, da mesma forma, os polímeros hidrorretentores foram tanto avaliados em diversas espécies a campo (SARVAŠ; PAVLENDÁ; TAKÁCOVÁ, 2007; BARBOSA; RODRIGUES; COUTO, 2013; BARTIERES et al., 2016) como também em ambiente de viveiro (LOPES et al., 2010; SOUSA et al., 2013; AZEVEDO, 2015; NERES et al., 2019).

Na produção de mudas, os hidrorretentores, mais conhecidos como “hidrogéis”, devido à textura mucilaginosa que adquirem após hidratados, foram bastante estudados sob sistemas convencionais, ou seja, em estruturas de viveiros, com lâminas d’água aplicadas regularmente ou com volumes de irrigação variáveis (NERES et al., 2019; AZEVEDO et al., 2016; NAVROSKI et al., 2014; AZEVEDO et al., 2002), com vistas, principalmente, à redução do uso da água na irrigação, pois é um insumo utilizado em grandes quantidades e, em algumas regiões, escasso.

Estudos que avaliaram a utilização de polímeros hidrorretentores, sob diferentes lâminas de irrigação na produção de mudas clonais ou seminais de espécies arbóreas, indicam que a utilização deste material pode proporcionar resultados positivos para a diminuição das irrigações e consequente economia de água, energia e mão-de-obra, diminuição do uso de fertilizantes entre outros ganhos (AZEVEDO, 2014; BERNARDI et al., 2012; CARVALHO et al., 2021). As interações entre o substrato, o tipo e concentração do polímero utilizado, o aporte de água e a espécie, norteiam os resultados que possam potencializar os efeitos do uso de hidrogéis na produção de mudas. Contudo, neste trabalho, estuda-se como a incorporação desta substância ao substrato comercial irá influenciar a sobrevivência e enraizamento das estacas de clones de eucalipto em um sistema de minitúneis vedados, sem o aporte constante de água.

A viabilidade técnica dos minitúneis vedados se baseia na dinâmica da água dentro deste ambiente. A água disponível no início do período fechado dos minitúneis está contida nas estacas e no substrato onde foram plantadas. A transpiração das folhas somada à evaporação da umidade superficial do substrato, água em forma de vapor, irá se condensar ao encontrar as superfícies do interior dos minitúneis. O processo de transpiração, evaporação e condensação se mantém de maneira cíclica devido ao sistema estar vedado, tornando mínima a saída de vapor d’água do ambiente (LEAKEY, 1991; MWANIKI, 2008).

Desta forma, espera-se compreender a interação entre o polímero hidrorretentor, o substrato utilizado e as estacas de clones de eucalipto neste ambiente sem nebulização constante. Considerando os aspectos acima mencionados, a capacidade de reter e disponibilizar água gradativamente,

característica essencial dos polímeros, é um atributo convergente com a necessidade de potencializar a manutenção da alta umidade dentro deste ambiente vedado.

Assim, disserta-se ao longo deste capítulo, sobre a sobrevivência e enraizamento de propágulos de três clones de eucalipto (VM01, AEC 0144 e AEC 1528) e sua interação com doses de polímero hidrorretentor (0,0 g/L, 1,0 g/L, 2,0 g/L, 3,0 g/L e 4,0 g/L, neste ambiente vedado e sem nebulização dos minitúneis.

## 5.2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 5.2.1 Localização do estudo

Os experimentos foram realizados na área do viveiro florestal da Fazenda Água Limpa - FAL, às coordenadas -15,948747, -47.934030, 1093 m (Google Earth). De acordo com a classificação de Köppen, o clima é Cwa, tropical chuvoso com verões chuvosos e invernos secos. Segundo dados fornecidos pelo INMET (2021), a estação seca, de maio a setembro, apresenta temperatura média anual entre 15°C e 30°C e umidade relativa do ar de até 15%. A estação chuvosa ocorre entre os meses de outubro e abril com temperaturas médias entre 17°C e 26°C. A precipitação média anual é de 1.468 mm.

### 5.2.2 Sistema de produção de mudas

Fontes de propágulos: Entre maio e junho de 2018 preparou-se uma área de 180 m<sup>2</sup> onde foram plantadas mudas obtidas em viveiros florestais da região, de três clones de eucalipto ao espaçamento de 0,6 m x 0,6 m entre plantas em fila dupla e de 1,0 m entre as filas duplas, formando assim o jardim clonal que forneceu os propágulos para o experimento. Os genótipos testados são os híbridos de *Eucalyptus* spp: AEC 0144, *E. urophylla* x *E. camaldulensis*; VM01, *E. urophylla* x *E. grandis* e o clone AEC 1528, *E. grandis* x *E. urophylla*, conhecido também como “super clone”, (RIBEIRO et al., 2015). Cada um destes clones apresenta características para específicos usos, desde a produção de fibra para celulose ao carvão e madeira para serraria.

Minitúneis: Foram construídos minitúneis em forma de semiarco com filme plástico difusor de 150 micra com as dimensões 1,10 m x 4,0 m x 0,50 m, com área de 4,4 m<sup>2</sup> e volume aproximado de 1,7 m<sup>3</sup>, com capacidade individual para receber 12 bandejas com 187 tubetes plásticos de 55 cm<sup>3</sup> cada. Os minitúneis receberam proteção contra a luz do sol através de uma camada dupla de tela sombrite que forneceu 50% de sombra, instalado a 2,0 metros acima dos minitúneis. Para a estrutura dos arcos foram utilizadas varas de bambu coletadas na área da FAL, com 3 cm de diâmetro e 1,6 m de comprimento.

Para facilitar seu arqueamento, foram separadas ao meio no sentido longitudinal e sobre as quais foi aplicado o filme plástico. A figura 1 traz a representação do sistema construtivo dos minitúneis.

O experimento foi instalado em outubro de 2019, com a temperatura variando entre 35°C e 17°C ao longo do trabalho. Coleta dos propágulos: No jardim clonal, brotos de 60 cm foram coletados de cepas dos diferentes clones de eucalipto, colocados em baldes com água e transportados para o local do estaqueamento.

Em local protegido do sol e do vento, foram preparadas estacas entre 8 e 10 cm de comprimento e com diâmetros entre 2,5 mm e 5,0 mm. A base e o topo das estacas foram cortados em bisel (corte em ângulo), utilizando-se tesouras de poda e o par de folhas de cada estaca teve a área reduzida à metade com tesouras comuns.



**Figura 1** – Sistema construtivo do minitúnel. A: Alinhamento das estacas da base para fixação dos arcos e fixação dos arcos de bambu às estacas da base; B: Alinhamento do filme plástico; C: Disposição dos tijolos para auxiliar na vedação; D: Irrigação aos 10 DAE; E: Brotações de estacas.

Ambos os instrumentos foram desinfetados com solução de hipoclorito a 0,5% durante o preparo das estacas. As estacas confeccionadas foram acondicionadas em solução de água com o fungicida comercial Orthocide® [concentração 0,5%] antes de serem estaqueadas entre 15 mm e 20 mm de profundidade nos substratos já saturados com água em tubetes cônicos com 55 cm<sup>3</sup> de volume.

Durante a estaquia, as bandejas foram nebulizadas com a utilização de uma bomba costal com água fresca a cada 8 minutos para que os tecidos aéreos das estacas não desidratassem. Após a estaquia, as bandejas foram levadas ao minitúnel e, com o substrato já irrigado, foi realizada a aspersão de fungicida com bomba costal equipada com micro aspersor no interior dos minitúneis, que foram lacrados em suas laterais com areia e tijolos, promovendo assim o fechamento do sistema, figura 2.



**Figura 2.** Fechamento dos minitúneis: A: Minitúneis selados com utilização de areia e tijolos; B: Condensação da água nas paredes internas do minitúnel.

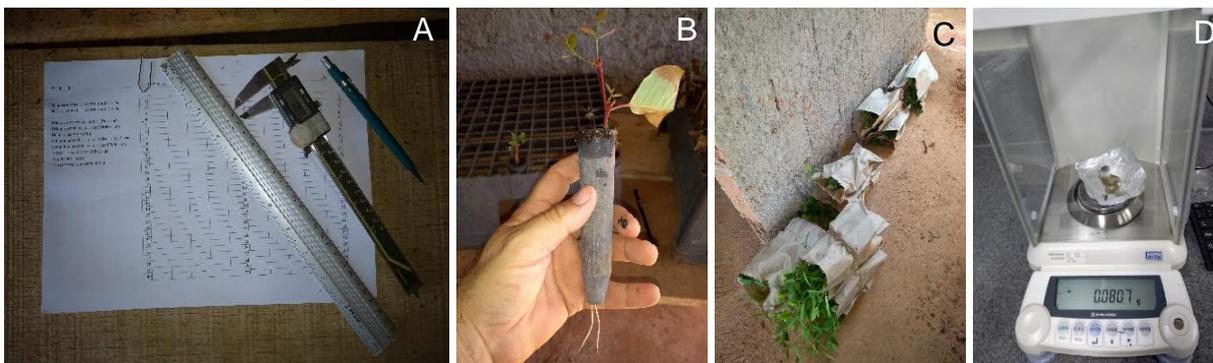
Cada tratamento foi identificado com placas plásticas e as bandejas introduzidas no túnel em duas etapas. As primeiras seis bandejas completas e, ao final do estaqueamento, as cinco bandejas restantes. Com todas as bandejas dentro do túnel, foi realizada a aspersão do fungicida Orthocide® sobre as estacas e então o túnel foi selado, aplicando-se areia sobre as laterais do plástico que tocavam o chão com o objetivo de conter a umidade dentro do ambiente interno do túnel.

Os túneis tiveram a temperatura interna monitorada pelo aparelho termo higrômetro digital – HTC-2ª, com precisão de 0,1°C. A temperatura média dentro do túnel foi de 25,5°C com temperaturas máxima e mínima de 38,8°C e 12,1°C. Umidade externa entre 26% e 91% ao longo do experimento.

O túnel permaneceu fechado por 10 dias, momento em que foi aberto e então as estacas receberam a 2ª aplicação de água, quando foram utilizados 20 L, aplicados com regador, resultando em um volume médio de 11 ml/estaca. Aproveitou-se a abertura para aplicação do mesmo fungicida com auxílio de bomba costal, voltando então a ser lacrado. Esta operação repetiu-se no vigésimo dia, com o experimento sendo avaliado ao trigésimo dia.

### 5.2.3 Parâmetros avaliados

Para a avaliação da influência das diferentes quantidades de polímero hidrorretentor adicionados ao substrato comercial, na sobrevivência e enraizamento das estacas aos 30 DAE, foram contabilizados os seguintes parâmetros: Número de plantas vivas (S) – classificadas em: em desenvolvimento - enraizadas e com brotação (DES), vivas com o par de folhas original (FOR) e brotadas, mas sem raízes (BSR). Demais parâmetros mensurados nas estacas: número de raízes (NR); soma do comprimento das raízes (SCR), em milímetros, comprimento médio das raízes (CMR), em milímetros; soma do diâmetro das raízes (SDR), em milímetros; diâmetro médio das raízes (DMR) em milímetros; massa seca das raízes (MSR), em gramas e massa seca aérea (MSA) em gramas, figura 3.



**Figura 3.** Avaliação do experimento: A: Equipamentos de medição e planilha de anotações; B: Avaliação visual de brotações e enraizamento; C: Plantas medidas e acondicionadas para transporte à estufa de secagem; D: balança analítica para pesagem de sistema radicular e aéreo após limpeza e secagem.

Para a mensuração do comprimento e diâmetro das raízes, com cuidado foi retirado o substrato aderido para evitar seu rompimento. Para obtenção do comprimento, utilizou-se uma régua de alumínio com marcação em milímetros e centímetros e para obtenção do diâmetro de cada raiz, um paquímetro digital da marca Electronic Digital Caliper que fornece medições com 0,01 mm de precisão. Os comprimentos foram medidos do ponto de emissão das raízes na base da estaca até o ápice de cada raiz e os diâmetros, tomados na porção média das raízes. Após a medição do comprimento e diâmetro das raízes de cada estaca, foram tabulados em planilha Excel: número de raízes, comprimento total de raízes e média de comprimento das raízes emitidas. Da mesma maneira, foram tabuladas a soma e a média dos diâmetros. As médias de comprimento foram obtidos através da divisão dos valores das somas de comprimento pelo número de raízes, o mesmo

procedimento de divisão da soma de diâmetros pelo número de raízes para obtenção dos diâmetros médios. Todas as medições foram realizadas em escala milimétrica.

Após tomadas as medidas de cada planta com régua e paquímetro digital, estas foram acondicionadas em sacos de papel os quais foram identificados por clone e tratamento e levadas ao laboratório do CRAD no campus UnB Darcy Ribeiro. Lá, as plantas foram secas em estufa a 50°C até estabilidade da massa, quando então foram pesadas em balança analítica tipo capela, com precisão de milésimo de grama (Böhm, 1979), com os dados tabulados em planilha Excel para os tratamentos e procedimento estatísticos.

#### 5.2.4 Tratamentos e procedimentos estatísticos

Foram testadas cinco doses de polímero hidrorretentor comercial Forth Gel® através da incorporação deste material em sua forma desidratada ao substrato comercial BioPlant® às seguintes razões por litro: sem hidrorretentor, 1,0 g/L, 2,0 g/L, 3,0 g/L e 4,0 g/L, totalizando cinco tratamentos em cada um dos três clones. Estas concentrações foram pesadas em balança analítica com precisão de milésimo de grama.

O experimento foi estabelecido em DIC - Delineamento Inteiramente Casualizado, onde cada genótipo foi avaliado sob as cinco dosagens de hidrorretentor. Cada tratamento foi composto por quatro repetições de 30 estacas cada, resultando em 120 observações em cada tratamento e 1.800 unidades amostrais no total do experimento. Os dados obtidos no experimento tiveram as seguintes características avaliadas estatisticamente: Sobrevivência; Taxa de enraizamento; Mensuração do sistema radicular; Biomassa de raízes e parte aérea nas estacas enraizadas.

Foi utilizado o software Sisvar - versão 5.7 (FERREIRA, 2011), para os tratamentos e análises estatísticas. A normalidade dos dados foi analisada através do teste de Shapiro Wilk e os dados que apresentaram distribuição deslocada da normalidade foram transformados através da equação  $\sqrt{x+0,5}$  sendo, então, submetidos à análise de variância ( $\alpha=0,05$ ). Os tratamentos que apresentaram significância estatística, tiveram suas médias comparadas pelo método de Tukey a 5% de probabilidade. Ainda, foi realizada a análise de regressão ( $\alpha=0,05$ ), para

averiguar a dosagem mais eficiente do hidrorretentor para cada parâmetro. Os genótipos foram analisados separadamente em todas as análises e apenas as regressões que resultaram significativas são apresentadas graficamente.

### 5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A taxa de sobrevivência não foi significativamente influenciada pela incorporação do hidrorretentor nos três clones. Para o clone AEC 1528 o enraizamento, representado na coluna DES - plantas em desenvolvimento: brotadas e com raízes, apresentou diferenças significativas em resposta às diferentes porcentagens de incorporação do polímero. O clone AEC 0144 apresentou a menor sobrevivência, 68,25% no tratamento testemunha e 76,75% para a porcentagem de 2g/L, o melhor resultado deste material dentre as incorporações testadas. O genótipo AEC 1528 mostrou tendência de declínio na sobrevivência em resposta às maiores concentrações do polímero hidrorretentor, com a menor taxa de sobrevivência observada dentre os clones em todos os tratamentos para a dosagem 4g/L, com 60,75%, indicando um provável efeito negativo decorrente de maiores dosagens do hidrorretentor. Este comportamento encontra similaridade com outros experimentos em que maiores dosagens refletiram negativamente tanto na taxa de sobrevivência como no enraizamento (HAFLE et al., 2008; SOUSA et al., 2013).

O clone VM01 obteve a maior taxa de sobrevivência à dosagem de 3 g L<sup>-1</sup> com 87,5% e, ao aumentar mais um grama, à dosagem de 4g L<sup>-1</sup>, ocorreu a menor sobrevivência para este clone com 70,75%. Estes dados corroboram com os resultados encontrados no capítulo 1. A sobrevivência deste material no experimento de diferentes substratos, onde observamos a maior taxa no substrato comercial, o mesmo utilizado aqui neste experimento de diferentes dosagens de polímero hidrorretentor, quando obteve 80% de sobrevivência. Ainda nesta comparação entre os dois experimentos, o clone VM01 obteve enraizamento 29% maior no experimento de substratos, sob o tratamento “substrato comercial” do que neste experimento com doses do hidrorretentor, onde a taxa de enraizamento foi de 23,25% na dosagem 1 g L<sup>-1</sup> do polímero contra os 30% de enraizamento observados para este clone na avaliação de diferentes substratos.

**Tabela 1.** Valores médios encontrados aos 30 DAE para: sobrevivência (S); estacas em desenvolvimento – brotadas e enraizadas (DES); estacas com par de meias folhas originais, sem brotações e raízes (FOR); brotadas sem raiz (BSR), de mudas de três clones de eucalipto, tratadas com diferentes concentrações de hidrorretentor; em porcentagem (%). PHR, Polímero Hidrorretentor.

	PHR (g/L)	S (%)	DES (%)	FOR (%)	BSR (%)
<b>AEC 0144</b>	0	68,25	8,25	3,50 a	56,75
	1	71,75	11,50	13,00 abc	46,75
	2	76,75	7,50	27,50 c	41,50
	3	73,50	9,25	20,75 bc	43,25
	4	76,50	14,25	9,00 ab	53,25
	CV %	2,88	5,39	5,38	4,27
QM	0,00099ns	0,00124ns	0,01391*	0,00436ns	
<b>VM 01</b>	0	78,50	11,75	12,50 a	54,25
	1	86,00	23,25	9,00 a	53,25
	2	81,50	14,00	14,25 ab	53,25
	3	87,50	11,00	28,50 b	48,25
	4	70,75	12,50	16,75 ab	41,75
	CV %	3,58	5,60	5,32	5,24
QM	0,00341ns	0,00378ns	0,00789*	0,00288ns	
<b>AEC 1528</b>	0	74,25	16,00 b	14,25 ab	44,00 ab
	1	76,50	8,50 ab	17,50 ab	51,00b
	2	75,00	9,00 ab	6,50 a	59,25 b
	3	76,50	11,00 ab	26,75 bc	39,25 ab
	4	60,75	3,25 a	35,75 c	21,75 a
	CV %	5,09	3,29	5,72	5,65
QM	0,00373ns	0,00355*	0,01805*	0,02177*	

CV %= Coeficiente de variação experimental em porcentagem. PHR=Polímero hidrorretentor em g L<sup>-1</sup>. Médias seguidas pela mesma letra na mesma coluna, não são diferentes pelo teste de Tukey ( $\alpha=0,05$ ).

Avaliando estas duas variáveis, sobrevivência e enraizamento, em diferentes genótipos de eucalipto – VM01, AEC 0144 e GG100, manejados em ambiente convencional nebulizado, Azevedo (2014), verificou tendências semelhantes sob as maiores concentrações do polímero. O clone AEC 0144 não teve a sobrevivência influenciada pela adição do hidrorretentor e obteve a melhor taxa de enraizamento na dosagem 1 g L<sup>-1</sup>. Já o clone VM01 apresentou as melhores taxas de sobrevivência e enraizamento na dosagem 1 g L<sup>-1</sup> e o GG100 obteve seus melhores resultados na concentração 2 g L<sup>-1</sup>. As outras duas concentrações testadas, 3 e 4 g L<sup>-1</sup> resultaram em declínio nas porcentagens de sobrevivência e enraizamento. De outra maneira,

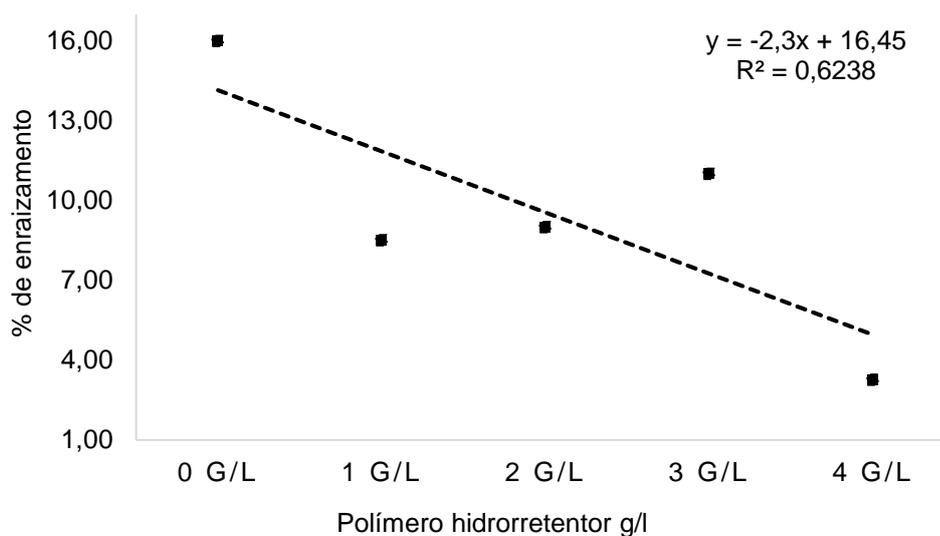
Wang & Boogher (1987) ao experimentarem doses uma e duas vezes maiores que as recomendadas do polímero comercial Agrosoke<sup>2</sup> (Grosoke International, Texas) observaram os melhores resultados na concentração duplicada [2x]. Talvez esses resultados se devam à baixa capacidade de absorção deste polímero, o que, possivelmente, pode ter propiciado um ambiente radicular com maior aeração, diminuindo assim um dos possíveis efeitos negativos de altas concentrações de polímeros hidrorretentores adicionados ao substrato, a ocupação excessiva dos poros do substrato pela água. Resultados tão diferentes sugerem que as respostas à adição de hidrogéis aos substratos são estreitamente vinculadas às espécies testadas e tipos de hidrorretentores.

O enraizamento dos genótipos AEC 0144 e VM01 não foi influenciado significativamente pelas diferentes concentrações do polímero adicionado ao substrato, com médias de enraizamento que oscilaram entre 7,5% e 14,5 % para o primeiro e entre 11,0% e 23,25% para o segundo.

Dentre os três genótipos utilizados neste experimento, apenas o clone AEC 1528 teve a taxa de enraizamento das estacas influenciado pelas diferentes dosagens do polímero hidrorretentor, onde sua ausência promoveu o melhor índice. Os resultados da regressão confirmam esta tendência,  $R^2=0,624$  (figura 4). Neste genótipo, com 16% de enraizamento aos 30 DAE no tratamento sem a adição do polímero ao substrato, os resultados mostram que ao adicionar 1g, o enraizamento cai à metade e, com 4g L<sup>-1</sup>, esta taxa representa cerca de 1/5 do observado no tratamento testemunha, sem o uso do polímero, evidenciando assim o efeito negativo do hidrorretentor para o enraizamento deste clone.

---

<sup>2</sup> O polímero Agrosoke, um dos primeiros utilizados no início da década de 1980 nos Estados Unidos, tinha baixa relação de hidratação, ou seja, sua capacidade de reter água era de 40 x o seu peso. Comparativamente, à época outros polímeros à base de acrilamida já apresentavam capacidades de retenção de centenas de vezes. (WANG; BOOGHER, 1987).



**Figura 4.** Curva de regressão para o enraizamento de estacas do clone AEC 1528.

Neste experimento, a porcentagem de sobrevivência foi decomposta em três condições: em desenvolvimento: com raízes e brotações (DES); com o par de folhas originais, sem brotações e raízes (FOR), sem sinais de senescência ou amarelecimento destas folhas. Durante esta avaliação, foi aplicada ligeira pressão sobre o pecíolo destas meias folhas para testar um possível estado de senescência, onde apenas as firmes e verdes foram consideradas vivas. Mesma análise foi feita na base destas estacas ao verificar qualquer sinal de apodrecimento, sendo avaliadas como estacas mortas as que apresentaram esta característica. Por último, as estacas brotadas mas ainda sem formação de raízes (BSR).

Como já discutido, apenas o clone AEC 1528 teve o enraizamento influenciado pelas diferentes concentrações do polímero, onde o uso desta substância resultou em efeito negativo para este parâmetro. Com exceção da condição BSR para os clones AEC 0144 e VM01, que não registraram influência significativa nas diferentes dosagens do polímero, a condição FOR foi significativamente influenciada pela adição do polímero ao substrato nos três genótipos, assim como o foi a condição BSR para o clone AEC 1528, que teve a maior porcentagem na concentração de 2 g L<sup>-1</sup>, com 59,25%, que, nas concentrações de 3 e 4 g L<sup>-1</sup>, conduziram à diminuição do lançamento das brotações, chegando a 21,75% na maior dose. Já a condição de manutenção das meias folhas originais (FOR) foi influenciada em todos os clones em resposta às diferentes doses do polímero

Os parâmetros do sistema radicular aqui avaliados foram significativamente influenciados pelas concentrações do polímero apenas nos genótipos VM01 e AEC 1528, Tabela 2. Já o clone AEC 0144 não apresentou interação significativa para nenhum destes parâmetros, contudo, a mais alta correlação entre o comprimento médio das raízes e o diâmetro médio foi observada neste genótipo, com coeficiente de correlação de Pearson de 0,902, indicando que, embora os parâmetros não tenham sido afetados pelas doses do polímero, o sistema radicular mostrou resposta morfológica esperada na relação comprimento x diâmetro, com o diâmetro das raízes acompanhando incrementos no comprimento. Em nenhum dos clones foi observada a influência da incorporação de diferentes doses do polímero hidrorretentor no diâmetro das raízes.

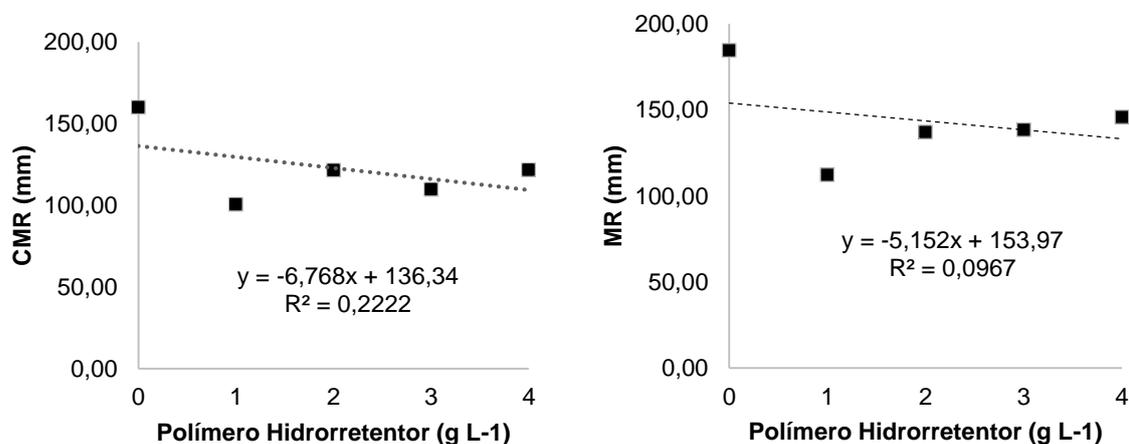
**Tabela 2.** Valores médios encontrados aos 30 DAE para: massa seca das raízes (MSR); massa seca aérea (MSA); Maior raiz (MR); comprimento médio das raízes (CMR); número de raízes (NR); maior diâmetro de raiz (MDR); diâmetro médio da raiz (DMR) de mudas de três clones de eucalipto, tratadas com diferentes concentrações de polímero hidrorretentor. Notações: g, gramas; mm, milímetro; %, porcentagem.

	PHR (g/L)	MSR (g)	MSA (g)	CMR (mm)	MR (mm)	NR	MDR (mm)	DMR (mm)
<b>AEC 0144</b>	0	0,02988	0,04695	144,08	137,00	1,17	0,37	0,36
	1	0,03108	0,09730	126,79	124,91	1,25	0,31	0,31
	2	0,01040	0,04503	85,42	80,42	0,95	0,28	0,26
	3	0,01763	0,04103	78,83	71,57	1,19	0,30	0,26
	4	0,01973	0,04993	135,65	114,98	1,68	0,36	0,30
CV%	1,32	2,91	32,42	32,52	19,24	11,37	11	
QM	0,000144ns	0,00097ns	15,78533ns	14,85387ns	0,048917ns	0,00214ns	0,00214ns	
<b>VM 01</b>	0	0,05798	0,04993	184,69 b	160,19 b	1,40	0,42	0,37
	1	0,02470	0,05678	112,24 a	100,60 a	1,45	0,46	0,39
	2	0,02958	0,10463	137,14 ab	121,65 ab	1,75	0,41	0,36
	3	0,04603	0,04638	138,44 ab	109,82 a	2,03	0,42	0,33
	4	0,03168	0,06073	145,83 ab	121,74 ab	1,73	0,48	0,40
CV%	1,82	3,55	9,93	7,66	7,24	7,04	5,92	
QM	0,00034ns	0,00092ns	4,65613*	4,00150*	0,029098ns	0,00093ns	0,001037ns	
<b>AEC 1528</b>	0	0,02910 ab	0,05735	126,08	109,06	1,40 b	0,38	0,34
	1	0,044225 b	0,05528	137,81	124,53	1,38 b	0,52	0,47
	2	0,01750 ab	0,04065	121,46	118,83	1,23 ab	0,30	0,29
	3	0,024475ab	0,02678	120,00	114,17	1,18 ab	0,48	0,45
	4	0,0133 a	0,02380	71,88	71,88	0,50 a	0,29	0,29
CV%	1,31	2,87	29,88	30,88	12,90	11,65	11,91	
QM	0,00027*	0,00045ns	20,19769ns	16,76819ns	0,11472*	0,01346ns	0,00961ns	

CV %= Coeficiente de variação experimental em porcentagem. PHR=Polímero hidrorretentor em g L<sup>-1</sup>. Médias seguidas pela mesma letra na mesma coluna, não são diferentes pelo teste de Tukey ( $\alpha=0,05$ ).

A regressão aplicada aos dados do comprimento médio das raízes e maior raiz para o clone VM01 (figura 5), mostram o efeito negativo da adição do polímero hidrorretentor ao substrato, com o tratamento testemunha resultando no maior comprimento médio e maior raiz para este genótipo. Ao testar diferentes concentrações de polímero hidrorretentor na produção de mudas seminais de angico (*Anadenanthera peregrina* (L.) SPEG), SOUSA et al., 2013, encontraram comportamento semelhante para a sobrevivência das mudas, que diminuiu

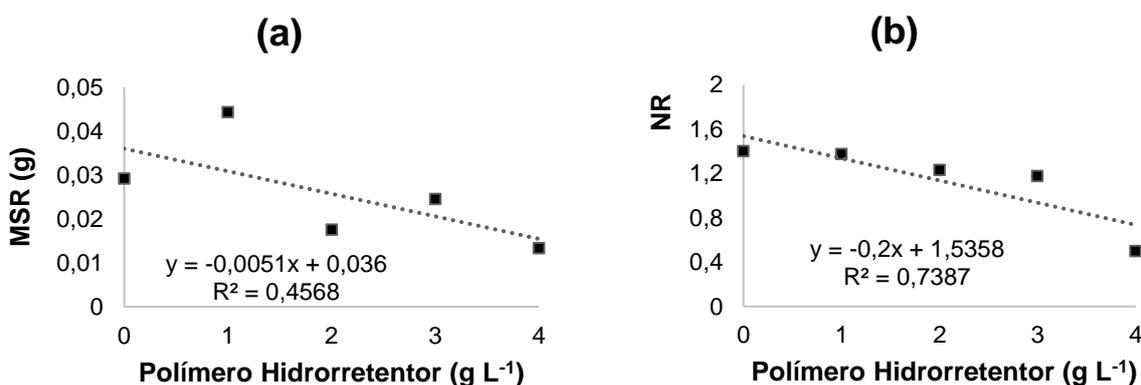
linearmente à medida em que as concentrações do polímero aumentaram, com a testemunha apresentando os melhores resultados.



**Figura 5.** Curvas de regressão para o enraizamento de mudas do clone VM01. (a) Comprimento Médio da Raízes (CMR) e (b) Maior Raiz (MR) 30 dias após estaqueamento.

Ao analisar a relação entre a massa seca das raízes e a massa seca aérea nesse genótipo, que obteve o melhor resultado para este parâmetro dentre os clones na dosagem de 2 g L<sup>-1</sup>, com 0,104 g, foi verificada uma correlação negativa de 0,501 através do coeficiente de correlação de Pearson, diferentemente do observado para o genótipo AEC 0144, onde esses parâmetros apresentaram correlação positiva de 0,629 e no clone AEC 1528, com correlação ainda mais representativa, de 0,740. Esse comportamento pode ser característico deste genótipo, sendo possível que esta relação desbalanceada entre estes dois parâmetros viesse a ser revertida com mais tempo dentro do minitúnel. A maior média de massa seca de raízes foi obtida na ausência do hidrorretentor, 0,058 g. Este resultado difere do encontrado no estudo sobre o efeito da adição de polímero hidrorretentor ao substrato no enraizamento de mini estacas de genótipos de eucalipto (AZEVEDO, 2014), onde a dosagem de 2 g L<sup>-1</sup> resultou maior média para este parâmetro, com 0,037 g, 56% menor que a média aqui observada na ausência do polímero. É possível que esta diferença se deva ao tipo de propágulo e ambiente para enraizamento utilizados, onde a pesquisadora trabalhou com mini estacas em um ambiente com nebulização intermitente.

Os parâmetros massa seca de raízes e número de raízes foram significativamente influenciados pela utilização do polímero hidrorretentor no genótipo AEC 1528, onde foi observado efeito negativo. As regressões dos dados destes parâmetros, figura 6, mostram que a ausência do polímero proporciona os melhores resultados morfológicos nas raízes. Embora não tenha havido diferença significativa para o parâmetro massa seca aérea, o maior valor observado também ocorreu na ausência do polímero, 0,0573 g diminuindo linearmente nas dosagens aplicadas, atingindo 0,0238 g na maior dosagem. Assim como no clone AEC 0144, o clone AEC 1528 também apresentou boa correlação entre a massa seca das raízes e massa seca aérea, com coeficiente de correlação de Pearson de 0,740, indicando equilíbrio no desenvolvimento das partes aérea e raízes, favorável ao bom desenvolvimento de mudas.



**Figura 6.** Curvas de regressão para o enraizamento de mudas do clone AEC 1528. (a) Massa Seca das Raízes (MSR) e (b) Número de Raízes (NR) 30 dias após estaqueamento.

Em contraste com os efeitos aqui observados, onde a utilização do polímero hidrorretentor incorporado ao substrato comercial parece reduzir as respostas morfológicas no sistema radicular, avaliando o uso de doses de hidrogel na produção de mudas de rosa-do-deserto, *Adenium obesum*, Maia et al., (2018), verificaram que doses entre 1 e 3 g L<sup>-1</sup> de substrato, com turnos de regas a cada 2 dias, proporcionaram efeitos semelhantes no desenvolvimento desta planta, quando comparados ao sistema convencional de regas diárias, sem o uso de polímero.

## 5.4 CONCLUSÕES

A incorporação do polímero hidrorretentor ao substrato comercial não influenciou a sobrevivência nos três genótipos aqui estudados.

Com exceção do clone AEC 1528, em que a utilização do polímero foi prejudicial, não houve efeito do hidrorretentor no enraizamento dos clones AEC 0144 e VM01.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AOUADA, A. F.; MATTOSO, L. H. C. **Hidrogéis Biodegradáveis: uma opção na aplicação como veículos carreadores de sistemas de liberação controlada de pesticidas**. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, v. 28, p. 32, 2009.

ARBONA, V. et al. **Hydrogel substrate amendment alleviates drought effects on young citrus plants**. Plant and Soil, v. 270, n. 1, p. 73–82, 2005.

ASHRAF, A. M.; RAGAVAN, T.; BEGAM, S. N. **Superabsorbent Polymers (SAPs) Hydrogel: Water Saving Technology for Increasing Agriculture Productivity in Drought Prone Areas: A Review**. Agricultural Reviews, v. 1, n. Of, p. 1–7, 2021.

AZEVEDO, G. T. O. S. **Produção de mudas clonais de *Eucalyptus* spp. com polímero hidrorretentor incorporado ao substrato**. 2014. 59p. (Dissertação de Mestrado em Ciências florestais). Universidade de Brasília, Brasília, 2014.

AZEVEDO, G. T. O. S. ET AL. **Enraizamento de miniestacas de eucalipto com diferentes doses de polímero hidrorretentor incorporado ao substrato**. Scientia Forestalis, v. 43, n. 108, p. 773–780, 2015.

AZEVEDO, G. T. O. S. et al. **Effect of Hydrogel Doses in the Quality of *Corymbia citriodora* Hill & Johnson Seedlings**. Nativa, v. 4, n. 4, p. 244–248, 2016.

AZEVEDO, T. L. D. 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.

- 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.
- BARTIERES, E. M. M. et al. **Hidrogel, calagem e adubação no desenvolvimento inicial, sobrevivência e composição nutricional de plantas híbridas de eucalipto.** Pesquisa Florestal Brasileira, v. 36, n. 86, p. 145, 2016.
- BERNARDI, M.R. et al. **Crescimento de mudas de *Corymbia citriodora* em função do uso de hidrogel e adubação.** Cerne, Lavras, v. 18, n.1, p. 67–74, 2012.
- BÖHM, W. **Methods of studying root systems.** Berlin: Springer- Verlag, 1979.188 p.
- CARVALHO, J. M. et al. **Crescimento inicial de mudas de *Sapindus saponária* com uso de hidrogel e lâminas de água.** Scientific Electronic Archives, v. 15, n. 1, 2021.
- CHENG, D. et al. **Water- and Fertilizer-Integrated Hydrogel Derived from the Polymerization of Acrylic Acid and Urea as a Slow-Release N Fertilizer and Water Retention in Agriculture.** Journal of Agricultural and Food Chemistry, v. 66, n. 23, p. 5762–5769, 2018.
- FERREIRA, D.F. **Sisvar: a computer statistical analysis system.** **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>
- HAFLE, O. M. et al. **Produção de mudas de maracujazeiro- doce através da estaquia utilizando polímero hidrorretentor.** Revista de Ciências Agrárias, v. 3, n. 3, p. 232–236, 2008.
- INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br>. Acesso em 02 abril 2021.
- KASWALA, A. et al. **Organic farming for climate smart horticulture Prospects and Applications of Hydrogel Technology in Agriculture.** Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci, v. 7, n. 5, p. 3155–3162, 2018.

KRAMER, P. J. & BOYER, J. S. **Water relations of plants and soils**. Academic Press, 1995, New York. Disponível em <http://udspace.udel.edu/handle/19716/2830>. Acesso em 10/01/2021.

LEAKEY, R. R. B. **Low-tech cloning of tropical tree**. Botanic Gardens Conservation New, v. 1, n. 9, p. 39–40, 1991.

LOPES, J. L. W. et al. **Use of hydrogel in the survival of cuttings of *Eucalyptus urograndis* produced with different types of substrate and water management**. Ciencia Florestal, v. 20, n. 2, p. 217–224, 2010.

MAIA, S. S. et al. **Hidrogel como alternativa à irrigação convencional na produção de mudas de rosa do deserto**. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia, CONTECC, Maceió, 2018.

MARQUES, P. A. A.; BASTOS, R. O. **Uso de diferentes doses de hidrogel para produção de mudas de pimentão**. Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia, v. 3, n. 2, p. 53–58, 2010.

MENDONÇA, T. G. et al. **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.

MOTE, K.; GOKAVI, N. **Performance of hydrogel on post planting behavior of young coffee cv. CXR**. Journal of Crop and Weed, v. 16, n. 2, p. 197–203, 2020.

MWANIKI, F. **Use of a non-mist propagation system to vegetatively propagate 12 varieties of *E. grandis* x *E. camaldulensis* hybrids**. 2008. 95 p. Master Thesis, Kenyatta University, Kenya, 2008.

NAVROSKI, M.C. et al. **Influência do hidrogel no crescimento e no teor de nutrientes das mudas de *Eucalyptus dunnii***. Revista Floresta. p. 315–328, 2014.

NERES, Y. X. C. et al. **Effect of the hydrogel incorporation on different substrates on the rooting and quality of clonal *Eucalyptus* seedlings**. Scientia Forestalis/Forest Sciences, v. 47, n. 122, p. 336–345, 2019.

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

SOUSA, G. T. O. et al. **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.

TAIZ, L. et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal.** 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.

WANG, Y.-T.; BOOGHER, C. A. **Effect of a Medium-Incorporated Hydrogel on Plant Growth and Water Use of Two Foliage Species.** Journal of Environmental Horticulture, v. 5, n. 3, p. 127–130, 1987

## 6 CONCLUSÕES GERAIS

Os minitúneis vedados sem nebulização garantiram a sobrevivência de estacas de clones de *Eucalyptus* spp.

A sobrevivência foi afetada pela composição do substrato. Substratos de baixa capacidade de retenção de água não são adequados à esta tecnologia.

O substrato comercial proporcionou o melhor resultado dentre os substratos avaliados nos três genótipos. Os substratos com terra também são uma opção de baixo custo para materiais genéticos específicos.

A incorporação de hidrorretentor adicionado ao substrato comercial não influenciou a taxa de sobrevivência dos clones mas influenciou o enraizamento de genótipos específicos, evidenciando a necessidade do aprofundamento da experimentação espécie a espécie.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A tecnologia dos minitúneis para enraizamento de estacas apresentou potencial para atender às necessidades ambientais necessárias a este processo. É acessível em termos de custos de construção e também por não requerer mão-de-obra especializada. Abaixo está detalhado o consumo de água para esta experimentação e a comparação com o sistema tradicional de casas de nebulização.

No sistema convencional, o acionamento do sistema de nebulização ocorre basicamente em 3 situações: a) para aumentar a umidade do ar para evitar a desidratação das folhas; b) irrigação – umidade no substrato e absorção pelas raízes; c) Controle de Temperatura. Considerando um nebulizador com vazão de 8L/h, acionado por 30 segundos a cada 5 minutos, encontramos 0,8L/nebulizador/h. Em uma média de 10 h de irrigação por dia - 7:00 h às 17:00h, obteremos 8L/nebulizador/dia. Em 1m<sup>2</sup> de um viveiro tradicional, é possível enraizar em média entre 300 e 450 estacas em tubetes de 55 cm<sup>3</sup>. Tomaremos por base, para efeito deste cálculo, que é necessário um nebulizador/m<sup>2</sup>, a depender do dimensionamento hidráulico e elétrico. Finalizando, adotando 30 dias de nebulização para o enraizamento de estacas de eucalipto em um viveiro convencional, que é considerado um tempo médio nesta fase de produção de estacas enraizadas, chegaremos 514 ml/estaca aos 30 DAE.

Para comparação, a área dos tuneis testados é de 4,4 m<sup>2</sup> onde foram estaqueados 1.800 propágulos e usados, ao longo dos 30 dias, 60 L de água +15 L de solução de fungicida, distribuídos em 3 aplicações: inicial, 10 DAE e 20 DAE, resultando em 75 ml por estaca. Este volume representa apenas 8% do volume de irrigação necessário ao sistema convencional exemplificado acima.

Neste exercício aqui apresentado, detalhou-se apenas o item “volume de água”, contudo, outros benefícios se somam a esse. Menores consumo energético e de mão de obra, economia de recursos pela não lixiviação de nutrientes pela lavagem do substrato e não contaminação do solo por efluentes resultantes da irrigação e lixiviação.

Ao refletir-se sobre este fator de produção, instintivamente pensamos em um sistema de irrigação eficiente e com água em abundância, seja pela captação e armazenamento da água da chuva, captação subterrânea ou mesmo de um curso d'água; reservatórios cheios. Ainda, nos é natural pensar que a energia elétrica também estará presente em qualquer lugar e disponível para fazermos todo este sistema de captação, bombeamento e irrigação funcionarem sem restrições. Contudo, ao analisarmos este aspecto mais detalhadamente, a realidade das diferentes situações de acesso à água e energia irá se impor, nos mostrando o quão restritivo poderá ser para a produção de mudas, a ausência ou mesmo inconstância destes fatores de produção. Agora imaginemos que a água e a energia estejam disponíveis e com oferta contínua, sem flutuações. O custo para manter um sistema de irrigação para produção de plantas funcionando poderá também ser um aspecto restritivo.

Com este raciocínio posto, os minitúneis aqui investigados são uma alternativa consistente para culturas cuja viabilidade técnica venha a ser comprovada.

Como esta dissertação abordou em caráter exploratório o aspecto da sobrevivência de estacas de eucalipto com vistas ao seu enraizamento nos minitúneis, os resultados promissores orientam para a continuidade da experimentação sob este sistema de produção de mudas vegetativamente propagadas.

Possíveis abordagens como continuação desta pesquisa:

- Relação entre tempo de permanência e rizogênese.
- Intervalos de tempo entre as aberturas para irrigação;
- Padronização do ponto de coleta dos propágulos nas matrizes;
- Manejo do sombreamento. Relação ótima entre manutenção da temperatura interna nos minitúneis e máxima irradiação.

As diferenças nas respostas morfofisiológicas para cada genótipo de planta, quando submetidos aos mais variados fatores exógenos, devem ser objeto de abrangente experimentação para que se adquira a compreensão acerca destas interações, se existem ou não, e, se existem, qual sua relevância.