

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE  
MINAS GERAIS – *CAMPUS* SÃO JOÃO EVANGELISTA  
BACHARELADO EM AGRONOMIA

Carlos Gabriel Borges

**EFEITO DE RECIPIENTES NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Acnistus arborescens* (L.) Schltl. (FRUTO-DO-SABIÁ) E *Platypodium elegans* Vogel (URUVALHEIRA)**

São João Evangelista

2026

CARLOS GABRIEL BORGES

**EFEITO DE RECIPIENTES NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Acnistus arborescens* (L.) Schltdl. (FRUTO-DO-SABIÁ) E *Platypodium elegans* Vogel (URUVALHEIRA)**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - *Campus* São João Evangelista para obtenção do grau de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Dr. Ivan da Costa Ilhéu Fontan

São João Evangelista

2026

---

B732e Borges, Carlos Gabriel.  
Efeito de recipientes na produção de mudas de *Acnistus arborescens* (L.) Schltl. (fruto-do-sabiá) e *Platypodium elegans* Vogel (uruvalheira)/ Carlos Gabriel Borges – 2026.  
34f.: il.

Orientador: Dr. Ivan da Costa Ilhéu Fontan.  
Trabalho de Conclusão de Curso (bacharelado em Agronomia) – Instituto Federal Minas Gerais. *Campus* São João Evangelista, 2026.

1. Produção de mudas florestais. 2. Recipientes de cultivo. 3. Restauração florestal. I. Borges, Carlos Gabriel. II. Instituto Federal de Minas Gerais *Campus* SJE. III. Título.

CDD 631.53

---

Catálogo: Esther Soares Cunha - CRB-6/4333

Carlos Gabriel Borges

**EFEITO DE RECIPIENTES NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Acnistus arborescens* (L.) Schldl. (FRUTO-DO-SABIÁ) E *Platypodium elegans* Vogel (URUVALHEIRA)**


Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - *Campus* São João Evangelista para obtenção do grau de Bacharel em Agronomia.

Aprovado em 04/ 02/ 2026 pela banca examinadora:



---

Prof. Dr. Ivan da Costa Ilhéu Fontan - IFMG  
(Orientador)



---

Prof. Dr. Bruno Oliveira Lafetá – IFMG



---

Prof. Dr. Álisson José Eufrásio de Carvalho – IFMG

## AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, que me sustentou e me deu coragem para seguir em frente me guiando ao longo de toda a minha trajetória, trazendo paz nos momentos de fraqueza e força nos desafios.

Agradeço à minha família, que sempre foi minha maior inspiração de força, respeito e amor. Minha mãe, com sua determinação e coragem, criou sozinha minhas quatro irmãs mais velhas e a mim, enfrentando desafios diários, mas nunca deixando de nos incentivar a estudar e acreditar que a educação é o caminho para uma vida melhor. Seu esforço incansável e sua dedicação nos ensinaram o verdadeiro significado da resiliência e da superação. Minhas irmãs, sempre estiveram ao meu lado, me apoiando em cada escolha e encorajando-me a seguir meus sonhos. Cada conquista que alcanço carrega um pouco do amor, da dedicação e dos valores que minha família me ensinou, e sou eternamente grato por tê-los ao meu lado.

Agradeço em especial, ao meu orientador, Prof. Dr. Ivan da Costa Ilheu Fontan, exemplo de ética e profissionalismo, pelos ensinamentos transmitidos, dedicação, incentivo e infinita paciência.

Agradeço a toda equipe do viveiro de mudas em especial ao senhor Adair da Silva por toda ajuda no meu projeto e por todos os momentos de companheirismo, conselhos e conhecimento transmitidos ao longo desses anos.

Aos meus amigos mais próximos, que estiveram presentes nos momentos de dúvida, quando muitas vezes nos perguntamos se somos realmente capazes. São essas pessoas especiais, que nos dizem “você consegue”, que nos motivam a seguir em frente, a acreditar em nossos sonhos e a lutar por eles, mesmo nos momentos mais desafiadores.

A todos os colegas de turma que contribuíram para que nosso ambiente de estudo fosse um local agradável e divertido, mesmo em dias de provas.

Agradeço a todos os professores pelo empenho, dedicação e pelos ensinamentos transmitidos ao longo da minha formação.

Agradeço ao Instituto Federal de Minas Gerais, Campus São João Evangelista, pela oportunidade de realização do curso, apoio financeiro e pela contribuição institucional para a minha formação acadêmica e pessoal.

Por fim, agradeço a todos que contribuíram, direta ou indiretamente para a elaboração e concretização deste trabalho.

## RESUMO

O presente estudo se destaca por avaliar, de forma integrada, o efeito do design e da profundidade efetiva de recipientes sobre a arquitetura radicular de espécies florestais nativas com estratégias ecológicas contrastantes, em um contexto real de viveiro com baixo nível tecnológico. Nesse contexto, foram avaliados quatro diferentes recipientes (sacola plástica, tubete biodegradável ellepot, tubete plástico cilíndrico e tubete piramidal root maker<sup>®</sup>) sobre o crescimento de mudas de duas espécies florestais (*A. arborescens* e *P. elegans*). Além disso, a incorporação de métricas morfológicas e funcionais do sistema radicular, obtidas por escaneamento, amplia a compreensão dos efeitos dos recipientes para além dos indicadores tradicionais de crescimento da parte aérea.

O trabalho foi desenvolvido no viveiro florestal do Instituto Federal de Minas Gerais, *Campus* São João Evangelista (IFMG-SJE), como cada recipiente utilizado possui uma estrutura própria de suporte e sustentação, não foi possível estabelecer o experimento nos delineamentos tradicionais, e os tratamentos foram estabelecidos no viveiro na forma de “talhões”, onde foram dispostas quatro repetições experimentais por tratamento, compostas por três mudas em cada repetição. Aos 180 dias após a semeadura foram obtidas as variáveis altura total (Ht, cm), diâmetro do coleto (Dc, mm), relação Ht/Dc, massa seca da parte aérea (MSPA, g/planta) e das raízes (MSR, g/planta), além da área superficial (cm<sup>2</sup>) e volume (cm<sup>3</sup>) radicular com auxílio do escaner de raízes. Todas as análises aplicáveis neste arranjo experimental e utilizadas para comparar os tratamentos foram o teste de Kruskal Wallis e o teste de comparações múltiplas 5% de significância, com auxílio do software R. Os resultados demonstraram que os recipientes influenciaram significativamente o crescimento da parte aérea e do sistema radicular das mudas, com respostas distintas entre as espécies. Para *A. arborescens*, o tubete piramidal root maker<sup>®</sup> favoreceu o desenvolvimento radicular, resultando em mudas mais equilibradas, com menores relações altura/diâmetro e parte aérea/raiz, características desejáveis para o estabelecimento em áreas degradadas. Já para *P. elegans*, os recipientes mais profundos e cilíndricos promoveram maior crescimento radicular, refletido em maiores valores de área superficial e volume de raízes, adequando-se ao padrão de raiz pivotante da espécie. O desempenho das mudas florestais está mais relacionado à adequação entre o design do recipiente, a profundidade efetiva de exploração radicular e as características ecológicas das espécies do que apenas ao volume de substrato. Assim, a escolha do recipiente deve ser criteriosa e contextualizada às condições operacionais do viveiro e às exigências das espécies, visando maximizar a qualidade das mudas e a eficiência dos projetos de restauração florestal.

**Palavras-chaves:** Produção de mudas florestais. Recipientes de cultivo. Restauração florestal.

## ABSTRACT

This study stands out for its integrated evaluation of the effect of container design and effective depth on the root architecture of native forest species with contrasting ecological strategies, in a real-world, low-technology context. In this context, four different containers (plastic bag, biodegradable ellepot tube, cylindrical plastic tube, and pyramidal rootmaker<sup>®</sup> tube) were evaluated on the growth of seedlings of two forest species (*A. arborescens* and *P. elegans*). Furthermore, the incorporation of morphological and functional analyses of the root system, obtained through scanning, broadens the understanding of the effects of the containers beyond traditional indicators of shoot growth.

The work was carried out in the forest nursery of the Federal Institute of Minas Gerais, São João Evangelista *Campus* (IFMG-SJE). As each container used has its own support structure, it was not possible to establish the experiment in traditional designs, and the treatments were established in the nursery in the form of "plots," where four experimental replicates per treatment were arranged, composed of three seedlings in each replicate. At 180 days after sowing, the following variables were obtained: total height (Ht, cm), stem diameter (Dc, mm), Ht/Dc ratio, shoot dry mass (MSPA, g/plant) and root dry mass (MSR, g/plant), as well as root surface area (cm<sup>2</sup>) and root volume (cm<sup>3</sup>) using a root scanner. All analyses applicable to this experimental setup and used to compare treatments were the Kruskal-Wallis test and the Bonferroni Post Hoc multiple comparisons test (equivalent to mean comparison tests) at a 5% significance level, using the R software. The results demonstrated that the containers significantly influenced the growth of the shoot and root system of the seedlings, with distinct responses among the species. For *A. arborescens*, the Root Maker<sup>®</sup> pyramidal tube promoted root development, resulting in more balanced seedlings with lower height/diameter and shoot/root ratios, desirable characteristics for establishment in degraded areas. For *P. elegans*, deeper, cylindrical containers promoted greater root growth, reflected in higher surface area and root volume values, consistent with the species' taproot pattern. The performance of forest seedlings is more related to the suitability of the container design, the effective depth of root exploration, and the ecological characteristics of the species than solely to the substrate volume. Therefore, the choice of container should be carefully considered and contextualized to the nursery's operational conditions and the species' requirements, aiming to maximize seedling quality and the efficiency of forest restoration projects.

**Keywords:** Forest seedling production. Growing containers. Forest restoration.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	12
2.1 Produção de mudas florestais e recipientes.....	12
2.2 Informações das espécies.....	15
2.2.1 <i>A. arborescens</i> (fruto-do-sabiá).....	15
2.2.2 <i>P. elegans</i> (uruvalheira).....	15
3. METODOLOGIA .....	15
3.1 Localização.....	15
3.2 Obtenção das sementes.....	16
3.3 Instalação do experimento .....	16
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	18
4.1 <i>A. arborescens</i> (fruto-do-sabiá).....	18
3.2 <i>P. elegans</i> (Uruvalheira).....	24
5. CONCLUSÕES .....	28
REFERÊNCIAS .....	29

## 1. INTRODUÇÃO

A degradação dos ecossistemas naturais tem se intensificado nas últimas décadas, impulsionada principalmente pela expansão agropecuária, desmatamento, urbanização e incêndios florestais. Esse cenário provoca fragmentação de habitats, perda de biodiversidade e redução dos serviços ecossistêmicos, comprometendo a resiliência ambiental, o bem-estar humano e a própria produção agroalimentar (BRANCALION *et al.*, 2019; FAO, 2020).

Iniciativas de restauração ecológica e de implementação de sistemas agroalimentares mais eficientes e resilientes, que considerem a inserção de árvores e as dinâmicas florestais naturais, são fundamentais para a recuperação das áreas degradadas, a garantia da produção sustentável de alimentos e a mitigação da crise climática global (CHAZDON *et al.*, 2016; FAO, 2022).

Neste contexto, destaque deve ser dado à produção de mudas florestais de qualidade e em quantidade suficiente para atender as demandas dos projetos de plantio. Mudas bem formadas, com vigor adequado e bom desenvolvimento radicular, possuem maior capacidade de adaptação e crescimento quando transplantadas em campo, reduzindo a necessidade de replantios e garantindo maior eficiência dos investimentos em recuperação das áreas degradadas (MELO *et al.*, 2018; NASCIMENTO *et al.*, 2024).

Dentre os fatores que influenciam a formação de mudas, o tipo de recipiente utilizado desempenha papel fundamental, uma vez que afetam diretamente a formação do sistema radicular, a disponibilidade de água e nutrientes e, portanto, o crescimento e o vigor das plantas, além de estarem relacionados ao espaço físico de ocupação das mudas no viveiro, na mão-de-obra e nos insumos de produção, afetando diretamente o custo de produção (GONZAGA *et al.*, 2016; LIMA FILHO *et al.*, 2019; CASTRO *et al.*, 2021).

Em especial nos viveiros florestais com baixo nível tecnológico, nos quais práticas como fertirrigação, por exemplo, são limitadas ou inexistentes, a escolha do recipiente é ainda mais importante, de forma a conciliar um baixo custo de produção com a expedição de mudas com padrão de desenvolvimento e qualidade minimamente satisfatórios ao plantio em campo.

No Brasil as sacolas plásticas de polietileno ainda são amplamente utilizadas em viveiros de pequeno e médio porte devido ao seu baixo custo de aquisição, facilidade de obtenção e versatilidade para diferentes espécies. No entanto, suas paredes lisas favorecem o crescimento desordenado das raízes, promovendo enovelamento e deformações que podem comprometer a sobrevivência e o crescimento das plantas em campo (STURION; ANTUNES, 2000; GOMES *et al.*, 2003).

Já os tubetes cilíndricos de plástico rígido apresentam estrias internas que direcionam o crescimento das raízes, reduzindo o enovelamento e favorecendo a formação de um sistema radicular mais profundo e funcional. Além disso, permitem maior densidade de mudas por área, melhor mecanização do viveiro e reutilização por vários ciclos, reduzindo o custo de produção das mudas (SCHORN; FORMENTO, 2003; WENDLING; GATTO, 2022).

O tubete piramidal Root Maker<sup>®</sup> representa uma evolução dos recipientes rígidos, pois combina maior volume de substrato com paredes internas projetadas para promover a poda aérea das raízes, estimulando a formação de raízes laterais e evitando o enovelamento. Esse tipo de recipiente tem sido associado à produção de mudas com sistemas radiculares mais ramificados, maior área superficial e melhor desempenho após o plantio em campo (MARLER; MUSSER, 2016; ELSYSY; EINHORN, 2022).

Como alternativa aos recipientes plásticos, os tubetes biodegradáveis, como o sistema Ellepot<sup>®</sup>, vêm sendo incorporados à produção de mudas florestais, visando reduzir impactos ambientais e custos operacionais. Esses recipientes são constituídos por materiais orgânicos ou fibras vegetais que permitem o crescimento das raízes através das paredes e se degradam no solo após o plantio, eliminando a necessidade de retirada do recipiente no campo (FUENTES *et al.*, 2021; SILVA *et al.*, 2025).

Além de reduzir a geração de resíduos plásticos, os recipientes biodegradáveis minimizam o estresse de transplante, pois as raízes não sofrem danos mecânicos durante o plantio, favorecendo o rápido restabelecimento fisiológico das mudas (JUANGA-LABAYEN; YUAN, 2021). No entanto, recipientes que proporcionam menor volume de substrato, como em geral os biodegradáveis, podem limitar o crescimento de mudas florestais (LIMA FILHO *et al.*, 2019; SANTOS; NOVAES; SOUZA, 2024), especialmente em viveiros com baixo nível tecnológico, onde há menor controle sobre o fornecimento hídrico e nutricional.

Diante da importância da escolha do recipiente para maximizar a qualidade das mudas e a eficiência econômica dos viveiros florestais o presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito de quatro diferentes recipientes (sacola plástica, tubete biodegradável ellepot, tubete plástico cilíndrico e tubete piramidal root maker<sup>®</sup>) sobre o crescimento de mudas de duas espécies florestais (*A. arborescens* e *P. elegans*), produzidas em um viveiro com baixo nível tecnológico no Instituto Federal de Minas Gerais, *Campus* São João Evangelista.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Produção de mudas florestais e recipientes

O Brasil abriga a maior diversidade de vegetação arbórea do mundo. No entanto, a exploração inadequada dos recursos florestais, sem orientação técnica e conscientização ambiental, tem causado danos irreparáveis (LORENZI, 2000). A perda da resiliência de um ecossistema florestal, após distúrbios naturais ou causados pelo homem, como incêndios, exploração madeireira e catástrofes naturais, resulta em um ambiente degradado que não consegue se recuperar por conta própria sendo necessário a intervenção humana (CARPANEZZI, 2000; ENGEL; PARROTTA, 2003). A restauração de áreas florestais degradadas pode ser uma alternativa para conter os problemas causados pelas atividades humanas e pode contribuir para a preservação dos ecossistemas florestais, a proteção da biodiversidade, a prestação de serviços ecossistêmicos e a mitigação das alterações climáticas. A restauração e o reflorestamento podem ser realizados através de mudas ou semeadura direta. Porém, o plantio de mudas apresenta diversas vantagens em relação à semeadura direta, principalmente quando se trata de projetos de restauração e reflorestamento (COELHO, 2007).

As mudas florestais geralmente são mais resistentes do que as sementes a condições adversas, como secas, pragas e competição com plantas invasoras. Isso resulta em uma taxa de sobrevivência mais alta das mudas, garantindo que um maior número de árvores atinja a idade adulta. Além disso, as mudas florestais são geralmente mais avançadas em seu desenvolvimento do que as sementes quando plantadas, com isso alcançam o estágio de árvore adulta mais rapidamente, acelerando a restauração e a produção de recursos e com o plantio por mudas é possível planejar e implementar o plantio de maneira mais precisa e estratégica, garantindo um espaçamento adequado entre as árvores e a distribuição espacial desejada (PEREIRA, 2012).

Segundo Santarelli (2004), um dos principais desafios enfrentados nos projetos de reflorestamento com espécies nativas é a obtenção de mudas em quantidade, qualidade e diversidade adequadas. A qualidade das mudas desempenha um papel crucial no sucesso do plantio, uma vez que precisam resistir às condições adversas, competir com a vegetação espontânea e evitar danos causados por pragas florestais. É fundamental estabelecer padrões de qualidade para as mudas, especialmente as espécies nativas da flora brasileira, a fim de acompanhar o progresso alcançado nas demais etapas do reflorestamento, como preparo do solo, adubação e conhecimento da ecologia das espécies.

De acordo com Carneiro (1983, 1995), os critérios estabelecidos para a

classificação da qualidade de mudas têm como objetivo principal aprimorar o desempenho das plantas no campo após o plantio. Esses critérios são baseados no aumento do percentual de sobrevivência das mudas e na redução da frequência dos tratos culturais necessários para seu desenvolvimento. Em relação à morfologia, são considerados fatores como altura, diâmetro do colo, maturação da parte aérea e desenvolvimento do sistema radicular.

A produção de mudas de espécies arbóreas com características morfológicas e fisiológicas favoráveis que facilitem o processo de plantio e adaptação no campo é um dos principais obstáculos enfrentados nos projetos de reflorestamento. Além disso, a falta de informações sobre todo o processo de produção de mudas de espécies florestais nativas é um grande desafio para as pesquisas brasileiras, uma vez que cada espécie requer condições específicas de desenvolvimento, incluindo desafios como a escolha adequada do recipiente utilizado na fase inicial de crescimento das plântulas (LIMA, 2018).

Um aspecto importante a ser considerado na produção de mudas florestais é a seleção dos recipientes que serão utilizados nas fases iniciais de crescimento das mudas. Na hora de decidir o tipo de recipiente para produção de mudas, é importante levar em consideração a reprodução natural do sistema radicular, evitando deformações. O tamanho do recipiente deve ser suficiente para fornecer a quantidade de substrato necessária para cada espécie. Além disso, considerando os custos envolvidos, faz sentido optar por recipientes reutilizáveis, biodegradáveis ou de fácil acesso (CARNEIRO, 1995).

Originalmente, no processo de produção de mudas florestais no Brasil, eram amplamente utilizados recipientes de madeira laminada, torrão paulista e taquaras. Posteriormente, foram substituídos por sacolas plásticas de polietileno. A partir da década de 1980, os tubetes foram introduzidos e continuam sendo o principal recipiente no setor de produção até os dias atuais (GOMES *et al.*, 2003).

Segundo Gomes (2003), o cultivo em recipiente é amplamente utilizado na produção de mudas, pois oferece maior controle dos nutrientes e melhora a qualidade do produto final. Além disso, os recipientes protegem as raízes contra danos mecânicos e desidratação, facilitando o cuidado, transporte, distribuição e plantio das mudas.

Para a produção de mudas florestais, é essencial utilizar recipientes adequados para abrigar as sementes ou mudas durante sua fase inicial de crescimento. A seleção do recipiente apropriado depende de diversos fatores, como o tipo de planta, o ambiente de cultivo, os recursos disponíveis e os objetivos específicos do projeto de produção de mudas (BELLEI, 2013). A escolha do recipiente leva em consideração fatores como custo, infraestrutura e produtividade. As sacolas de polietileno são bastante utilizadas por pequenos produtores devido

ao baixo custo de aquisição. Além disso, elas são adequadas para mudas de espécies florestais que não se adaptam facilmente a outros tipos de recipientes (STURION & ANTUNES, 2000).

Os plásticos são amplamente utilizados em quase todas as atividades humanas, o que tem levado a um grande problema ambiental, uma vez que o plástico é resistente à biodegradação natural (VERT *et al.*, 2002). Os plásticos não renováveis levam mais de 100 anos para se decompor completamente, devido à sua alta massa molar média e hidrofobicidade. Essas características impedem a ação dos microrganismos e suas enzimas na superfície do polímero (CHIELLINI e SOLARO, 1998; FABRO *et al.*, 2007).

O principal fator que torna as sacolas plásticas menos eficientes em comparação com os tubetes de plástico é a ausência de estrias que conduzam as raízes. As paredes lisas das sacolas plásticas podem deformar o sistema radicular e favorece o envelhecimento além de causar complicações para a estabilidade do indivíduo adulto (GOMES *et al.*, 2003). A utilização de tubetes de plástico rígido traz diversos benefícios, como a possibilidade de reutilização após o plantio, a ocupação de menos espaço devido ao menor diâmetro, a leveza proporcionada pelos substratos utilizados, a facilidade de mecanização na produção de mudas, a redução das taxas de pragas e doenças e a melhoria da postura dos funcionários durante as operações. No entanto, uma desvantagem é o custo inicial elevado de aquisição (SCHORN & FORMENTO, 2003).

Considerando os princípios de sustentabilidade, os recipientes biodegradáveis surgem como uma opção na produção de mudas, visando reduzir a dependência de recipientes feitos de materiais derivados do petróleo, como o plástico, que causam impactos ambientais significativos (HENRIQUE, 2002).

A fim de solucionar problemas de qualidade das mudas, possivelmente causados pelo uso de recipientes de parede rígida, estão sendo realizados estudos para desenvolver novas técnicas de produção de mudas florestais que evitem restrições radiculares e permitam a prática da poda. (FREITAS *et al.*, 2009). Em comparação com os tubetes plásticos, que exigem o retorno e esterilização após o plantio para reduzir a contaminação das mudas, os tubetes biodegradáveis eliminam essas etapas. O uso de tubetes biodegradáveis resulta em maior redução de custos operacionais, pois não é mais necessário desentubar as mudas manualmente durante o plantio. Evitando problemas como remoção de tubetes no campo, perdas e danos, e a necessidade de técnicas de desinfecção (WENDLING & DUTRA, 2010).

Além disso, o uso de material biodegradável apresenta características favoráveis na fase de plantio, promovendo um crescimento mais rápido das mudas e reduzindo o estresse durante o processo (IATAURO, 2001).

## 2.2 Informações das espécies

### 2.2.1 *A. arborescens* (fruto-do-sabiá)

O fruto-de-sabiá (*A. arborescens*), pertencente à família Solanaceae, é uma espécie heliófita de 2 a 4 metros de altura. No Brasil é encontrada nos estados do Ceará, Pernambuco, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (HUNZIKER, 2001). Conhecida popularmente como fruto-do-sabiá, fruta-de-pombo, pitanga-de-macaco, pitanga-brava, camboim, camboatá. Típica de Floresta Ombrófila Densa, Floresta Estacional e Mata Ciliar esta planta comporta-se, em processos sucessórios, como pioneira e apresenta boa tolerância a solos úmidos e inundações temporárias (CRESTANA, 2004). Seus frutos, adocicados e carnosos, são bastante apreciados por pássaros e outros animais frutívoros (BRANDÃO *et al.* 2002).

### 2.2.2 *P. elegans* (uruvalheira)

A uruvalheira (*P. elegans*), pertence à família Fabaceae é uma planta semidecídua, heliófita, seletivas xerófilas características do cerrado, mas também é encontrada em terrenos altos da Mata Atlântica (floresta pluvial atlântica). É popularmente conhecida como amendoim-do-campo, faveiro, jacarandá-bana, amendoim bravo. É uma árvore com altura média de 8 a 10m, sua ocorrência é desde o Piauí até o estado de São Paulo. Sua madeira é moderadamente pesada (LORENZI, 2002).

## 3. METODOLOGIA

### 3.1 Localização

O presente trabalho foi desenvolvido no viveiro de mudas florestais do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - *Campus* São João Evangelista (IFMG-SJE), o município de São João Evangelista está localizado na bacia hidrográfica do Rio Doce (sub- bacia do Suaçuí Grande), região Leste do Estado de Minas Gerais, e apresenta clima do tipo Cwa (temperado chuvoso-mesotérmico, com inverno seco e verão chuvoso), segundo a classificação proposta por Köppen. As médias anuais de temperatura e precipitação no município são de 20,2° C e 1.000 mm, respectivamente (CLIMATE.DATA.ORG, 2025).

### 3.2 Obtenção das sementes

Para a produção das mudas foram utilizadas sementes de duas espécies florestais coletadas em áreas da Bacia do Rio Doce, obtidas por meio de um projeto de pesquisa desenvolvido em parceria entre o viveiro florestal (IFMG-SJE) e a Fundação Renova/PROGEN. Nesse contexto, sementes de trinta espécies diferentes foram coletadas em 2022, a partir de diversas matrizes e regiões da bacia, e posteriormente beneficiadas por colaboradores da Rede de Sementes e Mudas do Rio Doce. Em seguida, foram armazenadas em barricas na câmara do Centro de Referência e Treinamento em Tecnologias Sociais (CETRECS), localizado no município de Governador Valadares.

Os lotes de sementes chegaram ao viveiro (IFMG-SJE) em 28 de julho de 2023, sendo então acondicionados em sacos de papel kraft e mantidos em câmara fria com temperatura constante de 5 C°. Para este estudo, foram selecionadas, entre as trinta espécies encaminhadas pela Fundação Renova/PROGEN, aquelas que apresentaram maior taxa de germinação em avaliação preliminar, sendo escolhidas *A. arborescens* e *P. elegans*, espécies amplamente utilizadas em projetos de restauração florestal na Bacia do Rio Doce devido à sua ampla ocorrência, elevada produção de frutos e sementes e relevante papel ecológico, especialmente nos estágios iniciais da sucessão florestal.

### 3.3 Instalação do experimento

O experimento foi realizado na área denominada “berçário” do Viveiro de Mudas do IFMG-SJE, composta por canteiros suspensos e coberta com tela de sombreamento de monofilamento, com malha que proporciona 75% de sombra.

Os tratamentos experimentais consistiram em quatro diferentes recipientes de produção de mudas, sendo a sacola plástica, tubete biodegradável ellepot, tubete plástico cilíndrico e tubete piramidal root maker<sup>®</sup>, conforme descrito na Tabela 1.

Tabela 1 – Descrição das especificações técnicas dos recipientes utilizados para o experimento.

Tratamento / Recipiente	Dimensões*
T1: Sacola plástica	h = 14 cm; Ø = 5 cm; V = 275 cm <sup>3</sup>
T2: Tubete biodegradável Ellepot	h = 11 cm; Ø = 3,5 cm; V = 106 cm <sup>3</sup>
T3: Tubete plástico cilíndrico	h = 16 cm; Ø superior = 6,5 cm; V = 290 cm <sup>3</sup>
T4: Tubete piramidal Root Maker <sup>®</sup>	h = 10 cm; C = 8 cm; L = 8 cm V = 380 cm <sup>3</sup>

\*h: altura; Ø: diâmetro; V: volume; C: comprimento; L: largura  
 Fonte: elaborado pelo autor, 2025.

Como cada recipiente utilizado possui uma estrutura própria de suporte e sustentação, não foi possível estabelecer o experimento nos delineamentos tradicionais, e os tratamentos foram estabelecidos no viveiro na forma de “talhões”, onde foram dispostas quatro repetições experimentais por tratamento, compostas por três mudas em cada repetição. As análises aplicáveis neste arranjo experimental e utilizadas para comparar os tratamentos foram o teste de Kruskal Wallis e o teste de comparações múltiplas post hoc Bonferroni.

O mesmo substrato foi utilizado para preencher todos os recipientes, sendo este composto por uma mistura do substrato produzido no próprio viveiro do IFMG-SJE e um adubo orgânico comercial Provaso<sup>®</sup>, na proporção volumétrica 1:1. O substrato comumente preparado e utilizado no viveiro do IFMG-SJE é composto por uma mistura de terra de subsolo/barranco (LATOSSOLO VERMELHO distrófico - LVd), moinha de carvão e esterco bovino curtido, na proporção volumétrica de 3:1:1. Por sua vez, o produto Provaso<sup>®</sup> foi fornecido pela Fundação Renova e consiste em um fertilizante orgânico composto classe A, formulado a partir de bagaço de cana, turfa, rocha calcária, resíduos orgânicos agroindustriais classe A (como esterco e camas de aviário), além de cinzas e torta vegetal. O produto apresenta as seguintes garantias mínimas: 1% de nitrogênio total (N), 50% de umidade (U), 15% de carbono orgânico (C), pH 6,0 e relação carbono/nitrogênio (C/N) de 20.

Após o preenchimento dos recipientes com os substratos foi realizada a semeadura direta (plântio) de duas sementes por recipiente. Todas as mudas foram submetidas aos mesmos tratamentos culturais ao longo de 180 dias, que consistiram em realizações de capinas manuais para retirada de plantas espontâneas e irrigações realizadas quatro vezes ao dia por um período de 10 min (micro aspersor de 52 L/h). Nenhuma adubação mineral ou orgânica foi realizada nas mudas durante o experimento.

Aos 180 dias após a semeadura foram realizadas medições da altura total (Ht, cm)

e do diâmetro do coleto (Dc, mm) de todas as mudas do experimento, que permitiu também calcular a relação altura/diâmetro (Ht/Dc).

Posteriormente foram selecionadas plantas representativas da altura média de cada tratamento e repetição para as determinação das outras variáveis. Ao chegarem ao laboratório, o sistema radicular foi separado da parte aérea. Em seguida, as raízes foram lavadas em água corrente para remoção do substrato e logo em seguida o sistema radicular das mudas foi analisado no escâner de raízes do laboratório de fisiologia vegetal do IFMG-SJE para determinação das variáveis área superficial (cm<sup>2</sup>) e volume de raízes (cm<sup>3</sup>). O equipamento utilizado foi do modelo EPSON STD 4800, que utiliza o software WinRHIZO para captura de imagens. Também foi realizada a determinação da massa fresca e seca da parte aérea (MSPA, g/planta) e do sistema radicular (MSR, g/planta). Para obtenção da massa seca, o material foi submetido à secagem em estufa a 65 °C até atingir peso constante, sendo posteriormente pesado em balança de precisão. As variáveis então foram analisadas estatisticamente por meio do teste de Kruskal Wallis e teste Post Hoc Bonferroni a 5% de significância, com auxílio do software R.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 *A. arborescens* (fruto-do-sabiá)

Os resultados das análises estatísticas evidenciaram diferenças significativas na altura total, diâmetro do coleto e relação altura/diâmetro entre os tratamentos experimentais, ou seja, os recipientes de produção influenciaram o crescimento da parte aérea das mudas, conforme demonstrado na Tabela 2.

Tabela 2 – Resultados dos testes estatísticos usados para comparar as variáveis Altura total (Ht, cm), diâmetro do coleto (DC, mm) e relação Ht / Dc em de mudas de *A. arborescens* (fruto-do-sabiá) cultivadas em diferentes recipientes no viveiro do IFMG-SJE.

Tratamentos	Ht (cm) **	Dc (mm) **	Ht/Dc **
T1 (sacola plástica)	29,00 a	4,86 ab	5,62 a
T2 (tubete biodegradável)	20,00 b	3,71 b	5,46 ab
T3 (tubete cilíndrico)	27,10 a	4,91 ab	5,57 a
T4 (tubete root maker)	20,70 b	5,30 a	4,00 b

Teste de Kruskal Wallis: ns = não significativo; \*\* = significativo a 5%; Teste Post Hoc Bonferroni (5%): Medianas com mesma letra nas colunas não diferem entre si.

Fonte: elaborado pelo autor, 2025.

As maiores alturas foram obtidas nos tratamentos com sacola plástica e tubete cilíndrico, sugerindo que recipientes com maior profundidade efetiva, entendida como a porção vertical do recipiente acessível ao crescimento das raízes, favorecem o crescimento em altura, mesmo quando não possuem o maior volume total de substrato. Resultados semelhantes foram observados por Oliveira, Lima e Pinheiro (2000), que relataram maior altura de mudas de cajueiro cultivadas em sacolas plásticas em comparação a tubetes de menor profundidade.

Já o tratamento tubete root maker<sup>®</sup>, apesar de apresentar o maior volume de substrato (380 cm<sup>3</sup>), resultou em mudas com menor altura em relação ao T1 e T3, o que pode estar associado à sua menor profundidade efetiva (com altura de apenas 10 cm). Por outro lado as mudas do T4 apresentaram os maiores diâmetros do coleto, na comparação com os demais recipientes (Tabela 2).

Esse comportamento pode ser uma consequência da altura, o formato piramidal e presença de aberturas nos diferentes níveis de profundidade do recipiente, que leva a um melhor desenvolvimento radicular induzido pela poda aérea das raízes (AMOROSO *et al.*, 2010; SAMBEEK *et al.*, 2016).

Esta maior ramificação radicular leva ao aumento da eficiência de absorção de água e nutrientes (CUNHA *et al.*, 2005) que proporciona boas condições de crescimento da parte aérea das mudas. Como há a limitação de crescimento em altura imposta pela menor profundidade efetiva, as plantas acabam por investir no espessamento do caule (maior diâmetro do coleto).

O tubete biodegradável levou à produção das mudas com as menores alturas e diâmetros, comportamento que está associado ao tamanho reduzido deste recipiente, que proporciona um volume reduzido de substrato (106 cm<sup>3</sup>). Como o estudo foi conduzido em uma realidade de baixo nível tecnológico, sem reposição nutricional por meio de adubações suplementares, os nutrientes disponíveis para o crescimento das mudas ficaram limitados àquele existente inicialmente no substrato, restringindo assim o crescimento das mudas. Freitas *et al.* (2022) e Stüpp *et al.* (2015), ao produzirem mudas de *Myracrodruon urundeuva* e *Mimosa scabrella*, respectivamente, constataram que o volume do tubete afetou o desenvolvimento das mudas, sendo que os recipientes de maior volume proporcionaram maior crescimento.

A relação entre a altura o diâmetro do coleto (Ht/Dc) das mudas experimentais também diferiu estatisticamente entre os tratamentos. Em ordem decrescente os resultados foram: T1 (5,62) > T3 (5,57) > T2 (5,46) > T4 (4,00). Segundo Carneiro (1995) e José *et al.*

(2005), mudas com menores valores de Ht/Dc são mais robustas, apresentam menor risco de tombamento e maior capacidade de sobrevivência após o plantio. Assim, apesar da menor altura, as mudas produzidas no tubete root maker<sup>®</sup> apresentaram padrão morfológico mais adequado para o estabelecimento em campo.

Ao analisar o acúmulo de biomassa pelas plantas, verificou-se que a maior massa seca da parte aérea foi observada para o recipiente sacola plástica, enquanto o tubete biodegradável apresentou os menores valores (Tabela 3). Esse resultado reforça a importância do volume de substrato e da capacidade de retenção hídrica do recipiente no adequado crescimento de mudas florestais, tal como observado por Freitas *et al.* (2022) e Santos, Novaes e Souza (2024).

Tabela 3 – Resultados dos testes estatísticos usados para comparar as variáveis Massa seca parte aérea (MSPA, g/planta), massa seca raiz (MSRaiz, g/planta) e relação MSPA/MSR, em mudas de *A. arborescens* (fruto-do-sabiá) cultivadas em 4 diferentes recipientes no viveiro do IFMG-SJE.

Tratamentos	MSPA ** (g/planta)	MSR ** (g/planta)	MSPA/MSR **
T1 (sacola plástica)	2,22 a	1,18 b	1,95 ab
T2 (tubete biodegradável)	1,19 b	0,56 c	2,33 a
T3 (tubete cilíndrico)	1,86 ab	1,12 b	1,77 bc
T4 (tubete root maker)	1,66 ab	1,36 a	1,25 c

Teste de Kruskal Wallis: ns = não significativo; \* = significativo a 5%; Teste Post Hoc Bonferroni (5%): Medianas com mesma letra nas colunas não diferem entre si.

Fonte: elaborado pelo autor, 2025.

Em relação à massa seca radicular, o tubete root maker<sup>®</sup> proporcionou mudas com os maiores valores, confirmando a eficiência desse recipiente em estimular o crescimento do sistema radicular. Recipientes com poda aérea favorecem a formação de raízes finas e ramificadas, que estão diretamente associadas à absorção de água e nutrientes, fator crítico para o sucesso do plantio em campo (BOHM, 1979; ELSYSY; EINHORN, 2022).

Por outro lado, as mudas do tubete biodegradável apresentaram as menores massas secas radiculares, reforçando que o reduzido volume de substrato e a falta de adubação limitaram o crescimento do sistema radicular. Segundo Iatauro (2004) mudas de *Schinus terebinthifolius* tiveram bom desenvolvimento do sistema radicular em tubetes biodegradáveis, o que foi atribuído ao ajuste da fertirrigação que reduziu o estresse hídrico e supriu satisfatoriamente as demandas nutricionais das mudas, confirmando a necessidade de um manejo hídrico-nutricional mais intensivo quando da utilização destes recipientes.

A relação entre a massa seca da parte aérea e a massa seca radicular (MSPA/MSR) também sofreu influências significativas dos recipientes de produção (Tabela 3). O maior valor (2,33) foi observado nas mudas do tubete biodegradável enquanto o menor valor (1,25) nas mudas do tubete root maker<sup>®</sup>. Segundo Gomes *et al.* (2019), essa relação deve ser observada já que, a parte superior das mudas não deve ser expressivamente superior à área radicular, pois dificulta a absorção e transferência de água para a parte aérea, principalmente, em condições de campo, momento em que há maior exigência hídrica para pleno estabelecimento do plantio.

Neste sentido, a menor relação MSPA/MSR observada no tubete root maker<sup>®</sup>, indica a maior alocação de biomassa no sistema radicular nas mudas produzidas neste recipiente, característica desejável às plantas destinadas ao plantio em ambientes com maior estresse hídrico, como áreas degradadas (GOMES *et al.*, 2019; GROSSNICKLE, 2012).

As análises das imagens do sistema radicular demonstraram que os recipientes influenciaram significativamente a área superficial e o volume de raízes (Tabela 4). O tubete root maker<sup>®</sup> apresentou o maior volume radicular, enquanto sacola plástica e root maker<sup>®</sup> apresentaram as maiores áreas superficiais.

Tabela 4 – Resultados dos testes estatísticos usados para comparar as variáveis Área superficial (cm<sup>2</sup>) e volume de raízes (cm<sup>3</sup>) em mudas de *A. arborescens* (fruto-do-sabiá) cultivadas em 4 diferentes recipientes no viveiro do IFMG-SJE.

Tratamento	Área Superficial (cm <sup>2</sup> )**	Volume (cm <sup>3</sup> )**
T1 (sacola plástica)	214,00 a	4,84 b
T2 (tubete biodegradável)	66,30 b	1,11 d
T3 (tubete cilíndrico)	165,00 b	3,34 c
T4 (tubete root maker)	194,00 ab	6,82 a

Teste de Kruskal Wallis: ns = não significativo; \* = significativo a 5%; Teste Post Hoc Bonferroni (5%): Medianas com mesma letra nas colunas não diferem entre si.

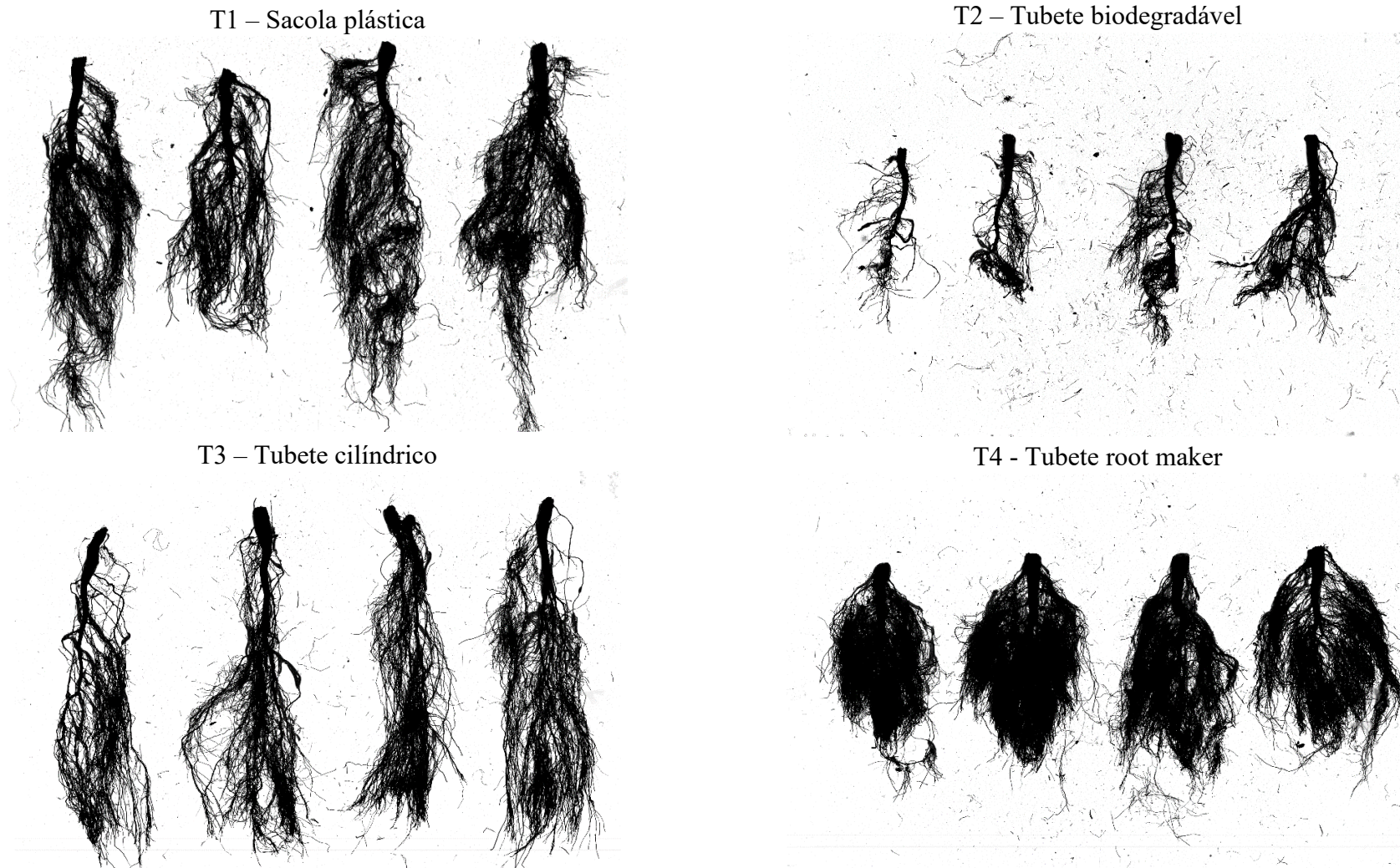
Fonte: elaborado pelo autor, 2025.

Esses resultados confirmaram que para o fruto-do-sabiá, um recipiente com maior volume e design específico, como o tubete root maker<sup>®</sup> (formato piramidal, mais raso e largo, com aberturas para poda aérea das raízes), favoreceu o desenvolvimento tridimensional do sistema radicular (Figura 1) levando à produção de mudas com uma relação mais equilibrada entre a parte aérea e o sistema radicular.

Carvalho, Costa e Duarte (2001) constataram que o ambiente preferencial de 39 espécies da família Solanaceae, incluindo *A. arborescens*, são a floresta ombrófila densa e as matas de galeria na floresta estacional semidecidual, onde os solos via de regra apresentam bons

níveis de matéria orgânica, nutrientes e umidade. Nestas condições a espécie pode privilegiar a formação de um sistema radicular menos profundo e mais ramificado, que ajudaria a explicar o bom desempenho do tubete root maker<sup>®</sup> na produção de mudas de qualidade.

Figura 1 – Sistema radicular de mudas de fruto-do-sabiá (*A. arborescens*) cultivadas em 4 diferentes recipientes no viveiro do IFMG-SJE.



Fonte: elaborado pelo autor, 2024.

### 3.2 *P. elegans* (Uruvalheira)

Para a espécie popularmente conhecida como uruvalheira as maiores alturas foram observadas nos tratamentos com tubete cilíndrico e sacola plástica, que não diferiram estatisticamente entre si (Tabela 5). Este mesmo comportamento foi observado para a espécie *A. arborescens* (fruto-do-sabiá) e reforça a possibilidade de que a profundidade efetiva do recipiente tem efeito direto no crescimento em altura de mudas produzidas em recipientes. No caso da espécie *P. elegans* isto parece fazer ainda mais sentido devido à sua característica de desenvolvimento de raiz pivotante mais profunda, associada à sua adaptação a ambientes com reduzida disponibilidade hídrica (LORENZI, 1998).

Tabela 5 – Altura total (Ht, cm), diâmetro do coleto (Dc, mm) e relação Ht / Dc em mudas de uruvalheira (*P. elegans*) cultivadas em 4 diferentes recipientes no viveiro do IFMG-SJE.

Tratamentos	Ht (cm) **	Dc (mm) **	Ht/Dc **
T1 (sacola plástica)	24,90 a	3,48 a	7,30 ab
T2 (tubete biodegradável)	12,00 b	2,52 b	4,44 c
T3 (tubete cilíndrico)	27,90 a	3,25 ab	8,45 a
T4 (tubete root maker)	17,30 b	3,64 a	4,87 bc

Teste de Kruskal Wallis: ns = não significativo; \*\* = significativo a 5%; Teste Post Hoc Bonferroni (5%): Medianas com mesma letra nas colunas não diferem entre si.

Fonte: elaborado pelo autor, 2025.

Já as mudas do tubete root maker<sup>®</sup> apresentaram menor altura na comparação com as mudas da sacola plástica e tubete cilíndrico e, por outro lado, os maiores diâmetros do coleto entre todos os tratamentos (Tabela 5). Este foi o mesmo padrão de crescimento observado para as mudas de fruto-de-sabiá, sendo justificado como uma consequência do design do recipiente que promove proporcionalmente maior alocação de biomassa para o sistema radicular, criando boas condições para o crescimento da parte aérea. Assim, devido à limitação do crescimento em altura relacionada à menor profundidade efetiva deste recipiente, o coleto das plantas cresce proporcionalmente mais, levando à uma relação Ht/Dc reduzida.

Os resultados evidenciaram ainda que para a uruvalheira, a limitação de crescimento da parte aérea das mudas proporcionada pelo tubete biodegradável foi ainda maior do que a observada para o fruto-do-sabiá, indicando que para as condições de realização do presente estudo este recipiente não seria indicado para produção de mudas de *P. elegans*.

A análise da massa seca das plantas também evidenciou um efeito significativo nos diferentes recipientes sobre o crescimento das plantas de *P. elegans*. As mudas cultivadas na

sacola plástica e tubete cilíndrico apresentaram os maiores valores de massa seca da parte aérea e do sistema radicular (Tabela 6).

Tabela 6 – Massa seca parte aérea (MSPA, g/planta), massa seca de raiz (MSRaiz, g/planta) e relação MSPA/MSR, em mudas de uruvalheira (*P. elegans*) cultivadas em 4 diferentes recipientes no viveiro do IFMG-SJE.

Tratamentos	MSPA ** (g/planta)	MSR ** (g/planta)	MSPA/MSR **
T1 (sacola plástica)	1,90 a	1,33 ab	1,67 b
T2 (tubete biodegradável)	1,19 ab	0,34 c	2,33 a
T3 (tubete cilíndrico)	1,86 a	1,75 a	1,77 b
T4 (tubete root maker)	1,00 b	1,12 bc	0,74 c

Teste de Kruskal Wallis: ns = não significativo; \*\* = significativo a 5%; Teste Post Hoc Bonferroni (5%): Medianas com mesma letra nas colunas não diferem entre si.

Fonte: elaborado pelo autor, 2025.

Em contrapartida, os tubetes biodegradáveis restringiram também o acúmulo de biomassa pelas mudas de uruvalheira, com destaque para a tímida produção de massa seca radicular (0,34 g/planta), situação que poderá comprometer sobremaneira a sobrevivência das mudas em campo. Neste ponto, destaque deve ser dado à produção de massa seca de raiz nas mudas do tubete cilíndrico (1,75 g/planta), situação que poderá conferir vantagem às mudas após o plantio em condições de campo.

Apesar da reduzida massa seca da parte aérea observada nas mudas do tubete root maker<sup>®</sup>, houve uma produção satisfatória de massa seca de raiz (1,12 g/planta), resultando em uma reduzida relação MSPA/MSR, situação que pode ser vantajosa para a sobrevivência e o crescimento das mudas após o plantio em campo.

Com relação ao uso do escâner de raízes, constatou-se que o uso dos tubetes cilíndricos promoveu maior desenvolvimento radicular (Tabela 7 e Figura 2), condição evidenciada pelos maiores valores de área superficial (109,00 cm<sup>2</sup>) e volume de raízes (4,21 cm<sup>3</sup>). O design cilíndrico com presença de frisões longitudinais, o diâmetro (6,5 cm) e a altura (16 cm) conferem a este recipiente bom volume de substrato (290 cm<sup>3</sup>) além de boa profundidade efetiva, favorecendo o crescimento radicular. Essas condições parecem ser particularmente relevantes para *P. elegans*, espécie seletiva xerófita, adaptada a solos pobres, bem drenados e profundos, onde o rápido aprofundamento das raízes é uma estratégia fundamental de sobrevivência (LORENZI, 1998; ALBRECHT *et al.*, 2021).

Tabela 7 – Área superficial (cm<sup>2</sup>) e volume de raízes (cm<sup>3</sup>) em mudas de uruvalheira (*P. elegans*) cultivadas em 4 diferentes recipientes no viveiro do IFMG-SJE.

Tratamento	Área Superficial (cm <sup>2</sup> )**	Volume (cm <sup>3</sup> )**
T1 (sacola plástica)	60,20 ab	2,38 a
T2 (tubete biodegradável)	16,80 c	0,56 b
T3 (tubete cilíndrico)	109,00 a	4,21 a
T4 (tubete root maker)	38,90 bc	1,41 b

Teste de Kruskal Wallis: ns = não significativo; \*\* = significativo a 5%; Teste Post Hoc Bonferroni (5%): Medianas com mesma letra nas colunas não diferem entre si.

Fonte: elaborado pelo autor, 2025.

Já os tubetes biodegradáveis proporcionaram o menor crescimento radicular (Figura 2), reforçando os resultados apresentados para as demais variáveis mensuradas neste trabalho e reafirmando a condição restritiva deste recipiente à produção de mudas de qualidade para a espécie em questão.

No caso do recipiente tubete root maker<sup>®</sup>, com formato mais raso e largo, o crescimento radicular foi parcialmente restringido, como evidenciado nos resultados obtidos para a área superficial (38,9 cm<sup>2</sup>) e para o volume de raízes (1,41 cm<sup>3</sup>).

Dessa forma, os resultados demonstram que para a espécie *P. elegans* recipientes mais profundos e cilíndricos são mais indicados para produção de mudas mais vigorosas e com melhores condições de sobrevivência e crescimento em campo, e que a escolha do recipiente de produção deve considerar também características intrínsecas às espécies, especialmente no que tange ao padrão de desenvolvimento radicular.

Figura 2– Sistema radicular de mudas de urvalheira (*P. elegans*) cultivadas em 4 diferentes recipientes no viveiro do IFMG-SJE.

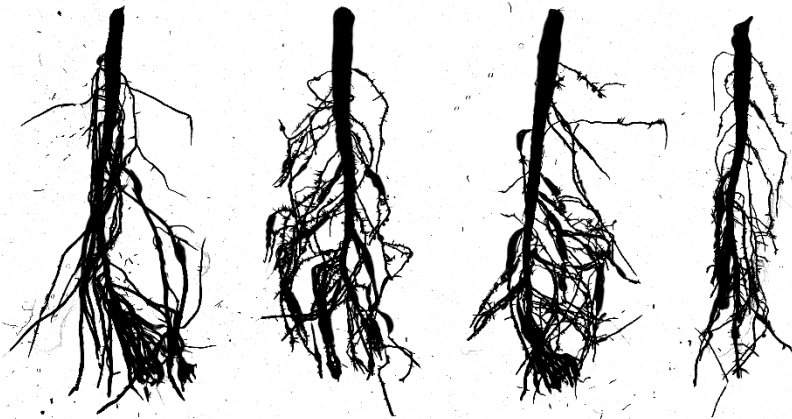
T1 – Sacola plástica



T2 – Tubete biodegradável



T3 – Tubete cilíndrico



T4 - Tubete root maker



Fonte: elaborado pelo autor, 2024.

## 5. CONCLUSÕES

Para ambas as espécies estudadas os resultados demonstram que o desempenho das mudas florestais não depende exclusivamente do volume de substrato disponível, mas sobretudo da adequação entre o design do recipiente, a profundidade efetiva de exploração radicular e as características ecológicas e funcionais de cada espécie.

Na espécie *A. arborescens* (fruto-do-sabiá) constatou-se que o tubete piramidal root maker<sup>®</sup> favoreceu o desenvolvimento do sistema radicular e proporcionou a produção de mudas mais uniformes e de maior equilíbrio entre as características morfológicas avaliadas (menor relação Ht/Dc e MSPA/MSR).

No caso da espécie *P. elegans* (uruvalheira), recipientes mais profundos e cilíndricos com frisos longitudinais como o tubete cilíndrico contribuíram para a formação de sistemas radiculares mais desenvolvidos e funcionais, evidenciado por uma maior área superficial e volume de raízes.

Embora represente uma tecnologia mais moderna e ambientalmente alinhada aos princípios de sustentabilidade, os tubetes biodegradáveis limitaram o crescimento das plantas, situação que foi associada ao ao baixo volume de substrato, reduzida profundidade efetiva, e, especialmente, ao baixo nível tecnológico adotado no processo produtivo.

## REFERÊNCIAS

- ALBRECHT, C.; CONTRERAS, Z.; WAHL, K.; CHRISTOFFERSEN, B. Winners and losers in dryland reforestation: Species survival, growth, and recruitment along a 33-year planting chronosequence. **Restoration Ecology**, v. 30, n. 4, p. 1-15, 2021. Disponível em: [https://scholarworks.utrgv.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1170&context=bio\\_fac](https://scholarworks.utrgv.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1170&context=bio_fac). Acesso em: 05 jan. 2026.
- BELLEI, Amaranta Ferreira *et al.* **Produção de mudas nativas no viveiro do Parque Municipal da Lagoa do Peri**, Florianópolis-SC. 2013. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/104453/Amaranta%20Ferreira%20Bellei.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 08 jan. 2026.
- BRANDÃO, M.; LACA-BUENDÍA, J. P.; MACEDO, J. F. **Árvores nativas e exóticas do Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2002. 528p. Disponível em: <https://agris.fao.org/search/en/providers/122621/records/647396e63ed73003714d021e>. Acesso em: 05 jan. 2026.
- BOHM, W. **Methods of studying root systems**. New York: Springer-Verlag, 1979. 188 p. Disponível em: <https://nph.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/nph.17572>. Acesso em: 12 jan. 2026.
- BRANCALION, Pedro H. S.; NIAMIR, Aidin; BROADBENT, Eben; CROUZEILLES, Renato; BARROS, Felipe S. M.; ZAMBRANO, Angelica M. Almeyda; BACCINI, Alessandro; ARONSON, James; GOETZ, Scott; REID, J. Leighton; STRASSBURG, Bernardo B. N.; WILSON, Sarah; CHAZDON, Robin L. Global restoration opportunities in tropical rainforest landscapes. **Science Advances**, Washington, v. 5, n. 7, e.aav3223, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1126/sciadv.aav3223>. Acesso em: 14 jan. 2026.
- CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR/FUPEF, Campos: UENF, 1995. 451p. Disponível em: <https://bibliotecadigital.infor.cl/handle/20.500.12220/1521> Acesso em: 20 jan. 2026.
- CARNEIRO, J.G.A. **Efeito da densidade sobre o desenvolvimento de alguns parâmetros morfofisiológicos de mudas de Pinus taeda L. em viveiro e após o plantio**. Curitiba: UFPR, 1985. 140 p. Disponível em: <https://agris.fao.org/search/en/providers/122621/records/647396b068b4c299a3fb664a>. Acesso em: 20 jan. 2026.
- CARPANEZZI, A. A. Benefícios indiretos da floresta. *In*: GALVÃO, A. P. M. Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais: um guia para ações municipais e regionais. **Colombo**: Embrapa Florestas, 2000, 19-55p. Disponível em: [Dialnet-BeneficiosIndiretosDaFloresta-2684935 \(1\).pdf](#). Acesso em: 03 jan. 2026.
- CARVALHO, L.D'A.F.; COSTA, L.H.P. & DUARTE, A.C. Diversidade taxonômica e distribuição geográfica das Solanáceas que ocorrem no Sudeste Brasileiro. (Acnistus, Athenaea, Aureliana, Brunfelsia e Cyphomandra). **Rodriguésia**, 52(80): 31-45, 2001. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rod/a/bQqD7KfqQNpfq8nVm85LFBP/?lang=pt>. Acesso em: 07 jan. 2026.

CASTRO, Ana Paula; MIRANDA, Luiz Filipe Maravilha; TITON, Mariana Ribeiro Vieira; VIEIRA, Mariana Ribeiro. Recipientes e substratos na produção de mudas de *Melanoxylon brauna* Schott. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, Aracaju, v. 12, n. 11, p. 19–28, 2021. Disponível em: <https://www.sustenere.inf.br/index.php/rica/article/view/682>. Acesso em: 07 jan. 2026.

CHAZDON, Robin L.; BRANCALION, Pedro H. S.; LAESTADIUS, Lars; BENNETT-CURRY, Aoife; BUCKINGHAM, Kathleen; KUMAR, Chetan; MOLL-ROCEK, Julian; VIEIRA, Ima Célia Guimarães; WILSON, Sarah Jane. When is a forest a forest? Forest concepts and definitions in the era of forest and landscape restoration. **Ambio**, Dordrecht, v. 45, n. 5, p. 538–550, 2016. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13280-016-0772-y?platform=hootsuite>. Acesso em: 20 jan. 2026.

CLIMATE-DATA.ORG. **Clima**: São João Evangelista/MG. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/minas-gerais/sao-joao-evangelista-175926/>. Acesso: 08 jan 2025

COELHO, Maria Carolina Crisci. Restauração de mata ciliar pela viabilização de crédito de carbono: uma proposta sócio-ambiental para comunidade de baixa renda. **Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, USP, São Paulo**, 2007. Disponível em: <https://inis.iaea.org/records/0qjpt-b3844>. Acesso em: 12 jan. 2026.

CRESTANA, M. S. M. Floresta –Sistema de Recuperação com Essências Nativas – **Produção de Mudas e Legislações**. 2ª Edição. Campinas: CATI, 2004. 216p. Disponível em: <https://downloads.editoracientifica.com.br/articles/240416439.pdf>. Acesso em: 05 jan. 2026.

CUNHA, A. O. et al. Efeitos de substratos e das dimensões dos recipientes na qualidade das mudas de *Tabebuia impetiginosa* (Mart. Ex D.C.) Standl. **Revista Árvore**, v.29, n.4, p.507-516, 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rarv/a/Yf7wDWPKYqczGJ5Pp4v4G8d/?lang=pt&format=html>. Acesso em: 03 jan. 2026.

ELSYSY, M.; EINHOR, T. C. Air-pruning containers modify root and scion growth and alter resource allocation of bench-grafted Apple Plants. **Horticulturae**, 2022, 8, 797. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/horticulturae809079>. Acesso em: 20 mai. 2026.

ENGEL, V.L.; PARROTTA, J.A. Definindo A Restauração Ecológica: Tendências e Perspectivas Mundiais. *In*: KAGEYAMA, P.Y.; OLIVEIRA, R.E.; MORAES, L.F.D. ET AL. (Coord.). Restauração Ecológica de Ecossistemas Naturais. **Botucatu**: Fepaf, 2003. 1-26p Disponível em: <https://research.fs.usda.gov/treearch/50732>. Acesso em: 08 jan. 2026.

FABRO, A.T.; LINDEMANN, C.; VIEIRA, S.C. Utilização de sacolas plásticas em supermercados. Campinas: **Revista Ciências do Ambiente OnLine**. v. 3, n. 1, UNICAMP, 2007. Disponível em: <https://sistemas.ib.unicamp.br/be310/nova/index.php/be310/article/view/70>. Acesso em: 02 jan. 2026.

FREITAS, A. J. P.; KLEIN, J. E. M. Aspectos técnicos e econômicos da mortalidade de

mudas no campo. *In*: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO (1.:1993: Curitiba); CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO (7.: 1993: Curitiba). **Anais**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1993. p. 736 Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rarv/a/cCfXhbwHwJ4LLmFpXZJfH6x/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 13 jan. 2026.

FREITAS, T. A. S.; OLIVEIRA, M. F.; SOUZA, L. S. *et al.* Qualidades de mudas de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. conduzidas sob diferentes volumes de recipientes. **Ciência Florestal**, Santa Maria-RS, v. 32, n. 1, p. 19-42, 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cflo/a/pmCTmZhrMqM86W7ktsgpSkP/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 20 jan. 2026.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Global Forest Resources Assessment 2020: Main report**. Rome: FAO, 2020. Disponível em: <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/ca9825en>. Acesso em: 12 jan. 2026

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **The State of the World's Forests 2022: Forest pathways for green recovery and building inclusive, resilient and sustainable economies**. Rome: FAO, 2022. Disponível em: <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/cb9360en>. Acesso em: 12 jan. 2026.

FUENTES, R. A.; BERTHE, J. A.; BARBOSA, S. E.; CASTILLO, L. A. Development of biodegradable pots from different agroindustrial wastes and byproducts. **Sustainable Materials and Technologies**, v. 30, e00338, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cflo/a/pmCTmZhrMqM86W7ktsgpSkP/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 19 jan. 2026.

GOMES, A. D. V.; FREIRE, A. L. O. Crescimento e qualidade de mudas de cedro (*Cedrela fissilis* L.) em função do substrato e sombreamento. **Scientia Plena**, v. 15, n. 11, p. 1-9, 2019 Disponível em: <https://www.scientiaplenu.org.br/sp/article/view/5242>. Acesso em: 20 jan. 2026.

GOMES, J. M.; LAÉRCIO, C.; LEITE, X.A. Crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes tamanhos de tubetes e fertilização N-P-K. **Revista Árvore**, Viçosa, v.27, n.2, p.113-127, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rarv/a/vpzpKdwSdDyGPRQT5b44ZYR/?lang=pt>. Acesso em: 22 jan. 2026.

GONZAGA, Luciana de Moura; SILVA, Sarah Santos da; CAMPOS, Silvane de Almeida; FERREIRA, Rodrigo de Paula; CAMPOS, André Narvaes da Rocha; CUNHA, Ana Catarina Monteiro Carvalho Mori da. Recipientes e substratos para a produção de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.). **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, Viçosa, v. 6, n. 1, p. 62–69, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.21206/rbas.v6i1.2889>. Acesso em: 22 jan. 2026.

GROSSNICKLE, S. C. (2012). Why seedlings survive: influence of plants attributes. **New Forests**, 43(1), 711-738. doi: 10.1007/s11056-012- 9336-6 Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11056-012-9336-6>. Acesso em: 06 jan. 2026.

HUNZIKER, A. T. *Genera Solanacearum*. Germany: Verlag, 2001. 500 p. Disponível em: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-540-74541-9\\_2](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-540-74541-9_2). Acesso em: 07 jan. 2026.

IATAURO, A. R. **Avaliação de tubetes biodegradáveis para a produção e o acondicionamento de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden**. 2001. 33p. Monografia. Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001. Disponível em: [https://livros.poisson.com.br/ambiente/Responsabilidade\\_Social/volume9/Sustentabilidade\\_Responsabilidade\\_Social\\_Vol9.pdf#page=50](https://livros.poisson.com.br/ambiente/Responsabilidade_Social/volume9/Sustentabilidade_Responsabilidade_Social_Vol9.pdf#page=50). Acesso em: 11 jan. 2026.

IATAURO, R. A. **Avaliação energética e econômica da substituição de tubetes de plástico por tubetes biodegradáveis na produção de mudas de aroeira-*Schinus terebinthifolius* Raddi**. 2004. 73p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho” – UNESP, *Campus* de Botucatu. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/entities/publication/8500bda3-2e33-443d-8b1b-b6802fd9e71c>. Acesso em: 20 jan. 2026.

JOSÉ, Anderson Cleiton; DAVIDE, Antônio Cláudio; DE OLIVEIRA, Sandro Longuinho. Produção de mudas de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi) para recuperação de áreas degradadas pela mineração de bauxita. *Cerne*, v. 11, n. 2, p. 187-196, 2005. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile>. Acesso em: 14 jan. 2026.

JUANGA-LABAYEN, J. P.; YUAN, Q. Making biodegradable seedling pots from textile and paper waste—Part B: Development and evaluation of seedling pots. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 18, n. 14, p. 1–16, 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1660-4601/18/14/7609>. Acesso em: 20 mai. 2026.

LIMA FILHO, Pedro; LELES, Paulo Sérgio dos Santos; ABREU, Alan Henrique Marques de; SILVA, Eduardo Vinícius da; FONSECA, Aline Cássia da. Produção de mudas de Ceiba speciosa em diferentes volumes de tubetes utilizando o biossólido como substrato. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 29, n. 1, p. 27–39, jan./mar. 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cflo/a/z9FpRt6xnf4qYNFyk5rhDKJ/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 12 jan. 2026.

LORENZI, H., 2002. **Árvores Brasileiras**. 1ª ed. Plantarum. Nova Odessa, SP. 206;239p Disponível em: <https://www.scielo.br/j/brag/a/mLJQXpT74996nNL83CBMwPm/?lang=pt>. Acesso em: 12 mai. 2025.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa, Editora Plantarum, 1998, vol 2. 368p. Disponível em: <https://library.wur.nl/WebQuery/titel/591230>. Acesso em: 12 mai. 2025.

MARLER, T.; MUSSER, C. Chemical and air pruning of roots influence post-transplant root traits of the critically endangered *Serianthes nelsonii*. *Plant Root* 10:21-25, 2016. DOI:10.3117/plantroot.10.21 Disponível em: [https://www.jstage.jst.go.jp/article/plantroot/10/0/10\\_21/\\_article/-char/ja/](https://www.jstage.jst.go.jp/article/plantroot/10/0/10_21/_article/-char/ja/). Acesso em: 12 jan. 2026.

MELO, Lucas Amaral de; ABREU, Alan Henrique Marques de; LELES, Paulo Sérgio dos Santos; OLIVEIRA, Ricardo Rodrigues de; SILVA, Darlan Teodoro da. Qualidade e

crescimento inicial de mudas de *Mimosa caesalpinifolia* Benth. produzidas em diferentes volumes de recipientes. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 28, n. 1, p. 1–12, jan./mar. 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cflo/a/4g7GCLJhp3Zwffg44vJrSyQ/?lang=pt&format=html>. Acesso em: 18 jan. 2026.

NASCIMENTO, Bruno Lúcio Meneses; STEFANUTTI, Ronaldo; OLIVEIRA, Jorge Diniz de; ARAÚJO, Wellington Candeia de. Produção de mudas de espécies usadas na recuperação de áreas degradadas utilizando substratos à base de lodo séptico, cama de frango e esterco bovino. **Cadernos de Pedagogia**, Lajeado, v. 21, n. 12, 2024. DOI: <https://doi.org/10.54033/cadpedv21n12-124> Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rarv/a/Ghc5JWBQ77ZwfZhtNcyPjZS/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 17 jan. 2026.

OLIVEIRA, V.H.; LIMA, R.N.; PINHEIRO, R.D. **Efeito do recipiente utilizado na formação de mudas no crescimento e desenvolvimento de plantas de cajueiro cultivadas sob irrigação**. EMBRAPA, 2000. 3p. (EMBRAPA.Pesquisa em andamento, 72). Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rarv/a/Yf7wDWPkYqczGJ5Pp4v4G8d/?lang=pt&format=html>. Acesso em: 20 jan. 2026.

PEREIRA, Daniela da Silva. **Efeito dos tratos culturais e qualidade de mudas na restauração florestal de matas ciliares do Rio Tietê em Borborema, SP**. Diss. Universidade de São Paulo, 2012. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-07122012-101129/en.php>. Acesso em: 06 jan. 2026.

SAMBEEK, J. W. J. V; GODSEY, L. D.; WALTER, W. D. et al. Field performance of *Quercus bicolor* established as repeatedly air-root-pruned container and bareroot planting stock. **Open Journal of Forestry**. 06 (03): 163-176., v. 6, n. 03, p. 163-176, 2016. Disponível em: <https://research.fs.usda.gov/treesearch/51061>. Acesso em: 12 jan. 2026.

SANTARELLI, E.G. Produção de mudas de espécies nativas para florestas ciliares. *In*: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO, H. F. **Matas ciliares conservação e recuperação**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo/Fapesp, 2004, p. 313-317 Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cflo/a/8FSXYVPszGMwjvQqD7Gwn8g/?lang=pt>. Acesso em: 20 mai. 2026.

SANTOS, R. A.; NOVAES, A. B.; SOUSA, N. J. Características raiz e morfológicas de mudas de eucalipto produzidas em recipientes biodegradáveis. **Floresta**, v. 54, n. 1, 2024. Disponível em: <https://pfb.sede.embrapa.br/pfb/article/view/1186>. Acesso em: 14 jan. 2026.

SCHORN, L.A.; FORMENTO, S. Silvicultura II: **Produção de mudas florestais**. Blumenau: Universidade Regional de Blumenau, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cflo/a/pmCTmZhrMqM86W7ktsgpSkP/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 12 jan. 2026.

SILVA, A. C. R.; KULMANN, M. S. S.; BALIEIRO, F. C. et al. Biodegradable containers affect the morphological and nutritional aspects of *Eucalyptus urophylla* seedlings. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 2025; 49:e0240216. DOI:

<https://doi.org/10.36783/18069657rbc20240216> Disponível em:  
<https://www.scielo.br/j/rbc/a/CmPqm9fHBqHjy7vgMqFjypw/?format=html&lang=en>.  
Acesso em: 17 jan. 2026.

STÜPP, A. M. *et al.* Crescimento de mudas de *Mimosa scabrella* Benth em função de diferentes tamanhos de recipientes e doses de fertilizante. **Ecologia e Nutrição Florestal**, Santa Maria, v.3, n.2, p.40-47, 2015. Disponível em:  
<https://agris.fao.org/search/en/providers/125091/records/69033395b901ffe5ca64c94e>. Acesso em: 16 jan. 2026.

STURION; J.A.; ANTUNES, B.M.A. Produção de mudas de espécies florestais. *In*: GALVAO, A. P. M. (org.). Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais: um guia para ações municipais e regionais. Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia. **Colombo**: Embrapa Florestas, 2000. p. 125-150. Disponível em:  
<https://agris.fao.org/search/en/providers/122621/records/6473968c3ed73003714ccd33>. Acesso em: 18 jan. 2026.

VERT, M.; SANTOS, I.D.; PONSART, S.; ALAUZET, N.; MORGAT, J-L.; COUDANCE, J.; GARREAU, H. Degradable polymers in a living environment: Where do you end up? **Polymer International**, 51, 840–844 (2002). Disponível em:  
<https://scijournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/pi.903>. Acesso em: 09 jan. 2026.

WENDLING, I. **Sistemas de produção**. Embrapa florestas, Paraná, 2ª edição, versão eletrônica, 2010. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5507718>. Acesso em: 16 jan. 2026.

WENDLING, Ivar; GATTO, Alcides. **Planejamento e instalação de viveiros**. 2ª ed. **Aprenda Fácil Editora**: Viçosa, MG, 2022, 120p. Disponível em:  
<https://seer.ufrgs.br/rbrasbioci/article/view/115516>. Acesso em: 20 jan. 2026