

UFRRJ
INSTITUTO DE FLORESTA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM
CIÊNCIAS AMBIENTAIS E FLORESTAIS

DISSERTAÇÃO

**Uso de recipientes de resíduos orgânicos na
produção de mudas de *Libidibia ferrea* Mart. ex.**

Tul.

Mariana Ribeiro Vieira

2022



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
AMBIENTAIS E FLORESTAIS**

**USO DE RECIPIENTES DE RESÍDUOS ORGÂNICOS NA
PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Libidibia ferrea* Mart. ex. Tul.**

MARIANA RIBEIRO VIEIRA

*Sob a Orientação do Professor
José Carlos Arthur Junior*

Dissertação submetida como
requisito parcial para obtenção do
grau de **Mestre em Ciências**, no
Programa de Pós-Graduação em
Ciências Florestais e Ambientais,
Área de Concentração em
Silvicultura

Seropédica, RJ
Outubro de 2022

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

V657u Vieira, Mariana Ribeiro, 1996-
Uso de recipientes de resíduos orgânicos na produção
de mudas de Libidibia ferrea Mart. ex. Tul. / Mariana
Ribeiro Vieira. - Seropédica, 2022.
53 f.

Orientador: José Carlos Arthur Junior.
Dissertação(Mestrado). -- Universidade Federal Rural
do Rio de Janeiro, Programa de Pós Graduação em
Ciências Ambientais e Florestais, 2022.

1. viveiro. 2. pau-ferro. 3. recipientes
biodegradáveis. I. Arthur Junior, José Carlos, 1980-,
orient. II Universidade Federal Rural do Rio de
Janeiro. Programa de Pós Graduação em Ciências
Ambientais e Florestais III. Título.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de
Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.



DECLARATÓRIA Nº 4 / 2022 - DepSISI (12.28.01.00.00.00.31)

Nº do Protocolo: 23063.046628/2022-02

Seropédica-RJ, 07 de novembro de 2022.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E
FLORESTAIS
MARIANA RIBEIRO VIEIRA

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciências, no Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais, Área de Concentração em Silvicultura

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 25/10/2022.

José Carlos Arthur Junior, Dr. UFRRJ
(orientador)

Eduardo Vinícius da Silva, Dr. UFRRJ
(membro)

Magali Ribeiro da Silva, Dra. Sc. UNESP
(membro)

(Assinado eletronicamente em 08/11/2022 09:23)
EDUARDO VINÍCIUS DA SILVA
PROFESSOR DO MESTERATO SUPERIOR
DepSISI (12.28.01.00.00.00.31)
Matrícula: 1817694

(Assinado eletronicamente em 07/11/2022 13:00)
JOSE CARLOS ARTHUR JUNIOR
PROFESSOR DO MESTERATO SUPERIOR
DepSISI (12.28.01.00.00.00.31)
Matrícula: 2270078

(Assinado eletronicamente em 08/11/2022 17:00)
MAGALI RIBEIRO DA SILVA

ASSINANTE EXTERNO
CPF: 123.927.999-99

Visualize o documento original em <https://sipac.eprj.br/publico/documentos/index.jsp>
informando seu número: 4, ano: 2022, tipo: DECLARATÓRIA, data de emissão: 07/11/2022 e
o código de verificação: 12bac91d9a

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por nunca ter me desamparado, por ter me aberto portas, ter sido meu guia e conforto nos momentos difíceis, e sempre ter cuidado de mim em toda essa trajetória até o presente momento.

À minha família, por ser minha base forte, por me ensinar seus valores, por me apoiar e por sempre se manter unida.

Ao meu pai e à minha mãe, pela vida, pelo cuidado, por terem investido em mim, pelo apoio, por terem embarcado na empreitada do mestrado junto comigo, me auxiliando e doando seu tempo e esforço.

Ao meu orientador, professor Arthur, por ter aceitado mais uma vez ser meu mentor, por toda paciência e dedicação, e ser um exemplo de profissional.

Ao meu namorado, João Pedro, por ter sido meu ajudador, vulgo estagiário, e por estar comigo independente da situação.

Aos funcionários do viveiro, principalmente ao senhor Tião, pelo suporte e zelo com os experimentos.

Aos amigos, por todo carinho, pelos bons momentos e pela motivação.

À banca, por ter aceitado contribuir com esse projeto.

RESUMO

VIEIRA, Mariana Ribeiro. **Uso de recipientes de resíduos orgânicos na produção de mudas de *Libidibia ferrea* Mart. ex. Tul.** 42p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais). Instituto de Florestas, Departamento de Silvicultura, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2022.

Recipiente de materiais biodegradáveis vem sendo desenvolvidos para reduzir o uso de plástico na cadeia produtiva de mudas florestais, agregando o viés da sustentabilidade e mantendo os benefícios mecânicos e ergonômicos dos tubetes. O presente trabalho objetivou avaliar o crescimento de mudas seminais de *Libidibia ferrea* produzidas em recipientes de resíduos orgânicos a base de celulose, fibra de coco e bagaço de malte em comparação às mudas produzidas em recipiente de polipropileno, submetidas a doses crescentes de fertilização. Alternativamente, avaliou-se também a metodologia de plantio precoce simulado em vaso com os recipientes de resíduos orgânicos e uso de polímero hidrorretentor. Para o experimento de produção de mudas, o delineamento experimental foi inteiramente casualizado no esquema fatorial 5 x 5, sendo o fator 1 os recipientes (polipropileno, polpa de celulose, fibra de coco, bagaço de malte e bagaço de malte plus), e o fator 2 a porcentagem da fertilização química recomendada (0, 25, 50, 75 e 100%). Cada tratamento foi constituído de cinco repetições de 8 mudas. Foram avaliados, dos 30 até os 120 dias, as variáveis morfológicas: altura de parte aérea (H em cm), diâmetro de colo (DC em mm), relação altura diâmetro (H:DC), massa de matéria seca de parte aérea (MSPA em g muda⁻¹), massa de matéria seca de raízes (MSR em g muda⁻¹), massa de matéria seca total (MST em g muda⁻¹), relação massa seca de parte aérea por massa seca de raiz (MSPA:MSR) e Índice de Qualidade de Dickson (IQD). Concomitantemente ao experimento de viveiro, foi realizada uma simulação de plantio precoce em vasos, logo após a semeadura. O delineamento utilizado foi totalmente aleatório em esquema fatorial 4 x 2, sendo o fator 1 os recipientes (polpa de celulose, fibra de coco, bagaço de malte e bagaço de malte plus), e o fator 2 a presença ou ausência de polímero hidrorretentor incorporado ao substrato. Cada tratamento foi constituído de cinco repetições, totalizando de 40 vasos. Foram avaliados, dos 30 até os 150 dias, as variáveis altura de parte aérea (H em cm) e diâmetro de colo (DC em mm). Os resultados do primeiro experimento mostram que todas as variáveis foram significativas na interação entre os fatores fertilização e recipiente, exceto a relação MSPA:MSR. Por meio da análise de regressão, observou-se incremento das mesmas quanto maior foi o percentual de fertilização. Mudas produzidas nos recipientes de resíduos orgânicos obtiveram crescimento e qualidade igual e na maioria das variáveis, superior às mudas produzidas em recipiente de polipropileno. As mudas produzidas nos recipientes de bagaço de malte obtiveram melhor crescimento e qualidade que os demais recipientes. De forma geral, houve resposta linear a exponencial para o aumento da fertilização nos diferentes recipientes para as variáveis mensuradas. O plantio precoce, simulado em vasos, se mostrou uma potencial alternativa ao processo convencional de produção de mudas, independentemente do tipo recipiente.

Palavras chave: viveiro, pau-ferro, recipientes biodegradáveis.

ABSTRACT

VIEIRA, Mariana Ribeiro. **Use of organic waste containers in the production of seedlings of *Libidibia ferrea* Mart. ex. Tul.** 42p. Dissertation (Master in Environmental and Forest Sciences). Forest Institute, Department of Forestry, Federal University of Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2022.

Containers of biodegradable materials have been developed to reduce the use of plastic in the production chain of forest seedlings, adding sustainability bias and maintaining the mechanical and ergonomic benefits of the tubes. The present work aimed to evaluate the growth of seminal seedlings of *Libidibia ferrea* produced in organic waste containers based on cellulose, coconut fiber and malt bagasse, in comparison to seedlings produced in polypropylene containers, submitted to increasing doses of fertilization. Alternatively, the methodology of simulated early planting in vases with organic waste containers and use of water-retaining polymer was also evaluated. For the seedling production experiment, the experimental design was completely randomized in a 5 x 5 factorial scheme, with factor 1 being the containers (polypropylene, cellulose pulp, coconut fiber, malt bagasse and malt bagasse plus), and the factor 2 the percentage of recommended chemical fertilization (0, 25, 50, 75 and 100%). Each treatment consisted of five replicates of 8 seedlings. From 30 to 120 days, the following morphological variables were evaluated: shoot height (H in cm), stem diameter (DC in mm), height-to-diameter ratio (H:DC), shoot dry matter mass (MSPA in g seedlings-1), root dry matter mass (MSR in g seedlings-1), total dry matter mass (MST in g seedlings-1), shoot dry mass ratio per root dry mass (MSPA :MSR) and Dickson Quality Index (DQI). Concurrently with the nursery experiment, a simulation of early planting in pots was carried out, shortly after sowing. The design used was completely randomized in a 4 x 2 factorial scheme, with factor 1 being the containers (cellulose pulp, coconut fiber, malt bagasse and malt bagasse plus), and factor 2 the presence or absence of incorporated water-retaining polymer to the substrate. Each treatment consisted of five replicates, totaling 40 pots. From 30 to 150 days, the variables shoot height (H in cm) and stem diameter (DC in mm) were evaluated. The results of the first experiment show that all variables were significant in the interaction between fertilization and container factors, except the MSPA:MSR ratio. Through the regression analysis, an increase was observed the higher the percentage of fertilization. Seedlings produced in organic waste containers had equal growth and quality, and in most variables, superior to seedlings produced in polypropylene containers. The seedlings produced in the malt bagasse containers had better growth and quality than the other containers. In general, there was a linear to exponential response to the increase in fertilization in the different containers for the measured variables. Early planting, simulated in pots, proved to be a potential alternative to the conventional seedling production process, regardless of the type of container.

Keywords: nursery, ironwood, biodegradable containers.

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Elementos químicos dos recipientes de resíduos orgânicos em análises laboratoriais	10
Tabela 2. Nutrientes e fertilizantes utilizados na fertilização de base misturada ao substrato de cultivo para cada nível de fertilização.....	13
Tabela 3. Nutrientes e fertilizantes utilizados na fertilização de cobertura para cada nível de fertilização	13
Tabela 4. Atributos químicos do solo utilizado para preenchimento dos vasos	15
Tabela 5. Teores totais de macronutrientes (g kg^{-1}), alumínio, matéria orgânica, relação carbono/nitrogênio e metais pesados (mg kg^{-1}) do biossólido proveniente da estação de tratamento de esgoto Ilha do Governador e em substrato comercial	16
Tabela 6. Massa de matéria seca média inicial e remanescentes dos recipientes de resíduos orgânicos celulose, fibra de coco e bagaço de malte utilizados na produção de mudas (120 dias) e no método do plantio precoce em vaso (150 dias)	18
Tabela 7. Valor F calculado da análise de variância para as variáveis mensuradas das mudas aos 120 dias	20
Tabela 8. Equações e medidas de precisão (coeficiente de determinação ajustado – r^2_{aj} e erro padrão de estimativa – S_{yx}) para os modelos de crescimento em altura, em diâmetro do colo, da relação H:DC, do acúmulo de matéria seca da parte aérea, do sistema radicular, total e índice de qualidade de Dickson nos diferentes recipientes em função das doses de fertilização	22
Tabela 9. Equações e medidas de precisão (coeficiente de determinação ajustado – r^2_{aj} e erro padrão de estimativa – S_{yx}) para os modelos de crescimento em altura nos diferentes recipientes e doses de fertilização em função do tempo	27
Tabela 10. Valor F calculado da análise de variância para as variáveis mensuradas dos vasos aos 150 dias	28
Tabela 11. Equações e medidas de precisão (coeficiente de determinação ajustado – r^2_{aj} e erro padrão de estimativa – S_{yx}) para os modelos de crescimento em altura e em diâmetro do colo nos diferentes recipientes com presença e ausência de polímero hidrorretentor em função do tempo	32

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Recipientes de resíduo orgânicos, da esquerda para a direita em ordem: polpa de celulose, fibra de coco e bagaço de malte	10
Figura 2. Aplicação da solução de fosfato nos recipientes de bagaço de malte	11
Figura 3. Disposição das mudas na área experimental no viveiro florestal do IF/UFRRJ, em Seropédica/RJ	12
Figura 4. Disposição dos vasos na área experimental no viveiro florestal do IF/UFRRJ, em Seropédica/RJ	15
Figura 5. Semeadura nos recipientes de resíduos orgânicos que seriam inseridos nos vasos	17
Figura 6. Aspecto visual dos recipientes de resíduos orgânicos celulose (CE), fibra de coco (FC) e bagaço de malte (BM) utilizados na produção de mudas aos 120 dias de cultivo	18
Figura 7. Aspecto visual dos recipientes de resíduos orgânicos celulose (CE), fibra de coco (FC) e bagaço de malte (BM) utilizados na simulação de plantio precoce em vasos aos 150 dias de cultivo	19
Figura 8. Crescimento em altura da parte aérea (H) (A) e do diâmetro do colo (DC) (B), relação H:DC (C), acúmulo da massa de matéria da parte aérea (MSPA) (D), da massa de matéria seca radicular (MSR) (E), da massa de matéria seca total (MST) (F) e índice de qualidade de Dickson (IQD) (G) de mudas <i>Libidibia ferrea</i> aos 120 dias após a semeadura em função da dose de fertilização nos recipientes de celulose, de fibra de coco, de bagaço de malte, de bagaço de malte plus e de polipropileno (tubete)	21
Figura 9. Crescimento das mudas de <i>Libidibia ferrea</i> aos 120 dias após a semeadura em função da fertilização nos recipientes tubete de polipropileno (T), celulose (CE), fibra de coco (FC), bagaço de malte (BM) e bagaço de malte plus (BM+)	23
Figura 10. Crescimento das mudas de <i>Libidibia ferrea</i> aos 120 dias após a semeadura em função das doses crescentes de fertilização nos recipientes nos recipientes tubete de polipropileno, celulose, fibra de coco, bagaço de malte e bagaço de malte plus	23
Figura 11. Crescimento em altura da parte aérea (H) de mudas <i>Libidibia ferrea</i> em função do tempo após a semeadura, nas doses de fertilização 0% (A), 25% (B), 50% (C), 75% (D) e 100% (E) nos recipientes de celulose, de fibra de coco, de bagaço de malte, de bagaço de malte plus e de polipropileno (tubete)	26
Figura 12. Crescimento médio em altura (H) (A) e em diâmetro do colo (DC (B) de plantas de <i>Libidibia ferrea</i> em vasos aos 150 dias após a plantio precoce na presença/ausência de polímero hidrorretentor utilizando os recipientes de celulose (CE), de fibra de coco (FC), de bagaço de malte (BM) e de bagaço de malte plus (BM+)	29

Figura 13. Massa seca da parte aérea (MSPA) (A), massa seca radicular (MSR) (B), massa seca total (MST) (C) e relação entre a massa seca da parte aérea e a massa seca radicular (MSPA:MSR) (D) de plantas de *Libidibia ferrea* em vasos aos 150 dias após o plantio precoce na presença/ausência de polímero hidrorretentor utilizando os recipientes de celulose (CE), de fibra de coco (FC), de bagaço de malte (BM) e de bagaço de malte plus (BM+) 29

Figura 14. Dados climáticos do município de Seropédica-RJ referentes ao período de execução dos experimentos com *Libidibia ferrea* 30

Figura 15. Crescimento de plantas de *Libidibia ferrea* em vasos aos 150 dias após o plantio precoce na presença/ausência de polímero hidrorretentor utilizando os recipientes de celulose (CE), de fibra de coco (FC), de bagaço de malte (BM) e de bagaço de malte plus (BM+) 31

Figura 16. Crescimento em altura na presença (A) e na ausência (B), e em diâmetro de colo na presença (C) e ausência (D), de polímero hidrorretentor, de plantas de *Libidibia ferrea* em vasos dos 30 aos 150 dias após o plantio precoce 32

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	1
2.	OBJETIVOS	2
2.1.	Objetivo geral.....	2
2.2.	Objetivos específicos.....	2
3.	HIPÓTESES.....	3
4.	REVISÃO DE LITERATURA	3
4.1.	Recipientes utilizados na produção de mudas	3
4.2.	Bagaço de malte	5
4.3.	Fibra de Coco	6
4.4.	Polpa de Celulose.....	7
4.5.	<i>Libidibia ferrea</i> Mart. ex. Tul.	8
5.	MATERIAL E MÉTODOS	9
5.1.	Recipientes de resíduos orgânicos.....	9
5.2.	Produção das mudas no viveiro.....	11
5.3.	Simulação de plantio precoce.....	14
5.4.	Análise estatística.....	17
6.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
6.1.	Degradação dos recipientes	18
6.2.	Crescimento das mudas	20
6.3.	Crescimento em vaso	28
7.	CONCLUSÕES	34
8.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	34
9.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35

1. INTRODUÇÃO

A produção de mudas é uma atividade que visa obter plantas de boa qualidade para que tenham elevada sobrevivência e bom crescimento em campo. O nível de qualidade de uma muda florestal está extremamente relacionado com as práticas e o manejo realizado durante sua formação, isso inclui a escolha correta do recipiente, substrato e tratos culturais (CARNEIRO, 1995). Dentro desses quesitos, o recipiente tem como objetivo acondicionar o substrato para as mudas, permitindo assim o fornecimento nutricional para um bom desenvolvimento, e promover o crescimento radicular adequado, estando diretamente ligado ao suporte, à nutrição, e, principalmente, à proteção das raízes contra os danos mecânicos (GOMES et al., 2003).

Atualmente, o recipiente que mais se destaca em plantios comerciais e grandes viveiros é o recipiente de polipropileno, conhecidos comercialmente como “tubete”, predominando na produção de mudas dos gêneros *Eucalyptus* sp. e *Pinus* sp., além de serem muito utilizados para as espécies nativas. A produção de mudas em tubetes tem como vantagens proteção das raízes contra danos mecânicos, melhor ergonomia no manejo do viveiro, melhores condições de transporte, distribuição, organização e no momento do plantio, facilidade de automação das operações e a produção de grandes volumes de mudas (GOMES et al., 2003; LISBOA et al., 2012).

O problema da utilização desse tipo de recipiente é sua matéria-prima, o plástico polipropileno, caracterizado por ser um produto derivado de petróleo e um dos principais poluentes ambientais da atualidade. Devido à grande quantidade de tubetes utilizada no setor florestal, ocorre um volume de descarte proporcional. Após serem descartados, os tubetes permanecem no ambiente por muito tempo, pelo seu ciclo de vida longo em função da dificuldade de degradação do material, fazendo com que esses itens tenham um grande impacto ambiental. Dessa forma, a partir dos anos 70 a possibilidade de utilização de alternativas mais sustentáveis começou a ser cogitada para mitigar os problemas causados (BRASIL et al., 1972).

Visando manter os benefícios mecânicos e ergonômicos dos tubetes e agregar o viés da sustentabilidade, foram sendo desenvolvidas diversas pesquisas ao longo dos anos com diferentes matérias-primas para substituir o polipropileno, com destaque para a utilização de materiais biodegradáveis. A utilização de resíduos orgânicos para a fabricação de recipientes vem, além da necessidade da redução do uso de plástico,

promover o aproveitamento de resíduos, dando a este material uma finalidade melhor e evitando danos ambientais. A iniciativa de criação de tubetes biodegradáveis com subprodutos de outras linhas produtivas gera assim uma economia circular, diminuindo a quantidade de resíduos fosseis no ambiente e dando uma finalidade para os produtos secundários no qual as indústrias não utilizariam.

Além da contribuição pela diminuição do uso de produtos derivados do petróleo, as mudas produzidas em recipientes biodegradáveis têm como vantagem não precisarem ser retiradas dos mesmos para a realização do plantio em campo. As paredes porosas desses recipientes permitem que ele retenha água e que as raízes não ficam impedidas de atravessarem (CONTI et al., 2012). A produção de mudas tem como princípio que o sistema radicular é muito importante, devendo apresentar boa arquitetura, e que deverá sofrer o mínimo de distúrbios no plantio, permitindo com que a muda seja plantada com um torrão sólido e bem agregado (GOMES et al., 2003). Considerando isso, o uso de recipientes biodegradáveis além de fornecer mudas as características desejadas pelo mercado, propicia ainda mais a sobrevivência e o crescimento no campo pela preservação do sistema radicular (IATAURO, 2001).

Diante desse contexto, no presente estudo foram testados diferentes tipos de recipientes produzidos com resíduos orgânicos para a produção de mudas florestais.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

- Avaliar o crescimento de mudas seminais de pau-ferro produzidas em recipientes de resíduos orgânicos a base de celulose, fibra de coco e bagaço de malte em comparação às mudas produzidas em recipiente de polipropileno, em doses crescentes de fertilização; e, adicionalmente, simular em vaso o plantio precoce utilizando os mesmos recipientes com uso de polímero hidrorretentor.

2.2. Objetivos específicos

- Avaliar o crescimento em altura e em diâmetro do colo das mudas produzidas nos diferentes recipientes;
- Mensurar o acúmulo de massa de matéria seca das mudas produzidas nos diferentes recipientes;

- Avaliar a qualidade das mudas produzidas nos diferentes recipientes a partir das variáveis morfológicas mensuradas;
- Estimar a redução da fertilização química na produção de mudas em recipientes de resíduos orgânicos;
- Avaliar o crescimento em altura e em diâmetro do colo e o acúmulo de massa de matéria seca das plantas na simulação de plantio precoce.

3. HIPÓTESES

- É possível produzir mudas em recipientes de resíduos orgânicos com crescimento e qualidade igual ou superior às mudas produzidas em recipiente de polipropileno;
- Os recipientes de resíduos orgânicos são capazes de fornecer nutrientes e, consequentemente, haverá redução da demanda de fertilização química na produção de mudas;
- O recipiente de bagaço de malte plus, por receber suplementação de fósforo, proporcionará mudas com crescimento superior às mudas produzidas nos demais recipientes;
- O método de plantio precoce é uma alternativa ao processo convencional de produção de mudas em recipientes.
- A incorporação de polímero hidrorretentor ao processo de plantio precoce proporcionará condições para que as mudas tenham crescimento superior.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1. Recipientes utilizados na produção de mudas

Dentre os fatores que influenciam no bom desenvolvimento das mudas, ao recipiente são atribuídas as funções de suporte, e, principalmente, de proteção das raízes contra os danos mecânicos (GOMES et al., 2003). Nos anos 90, foram testados diversos modelos de recipientes para a produção de mudas, tendo como principais destaques, os sacos de polietileno seguidos dos tubetes de polietileno rígido (GOMES et al., 1990). Os tubetes plásticos são os que têm melhor aceitação no mercado, pois permitem o acondicionamento de um número grande de mudas, automatização do sistema de produção, desde o seu enchimento até a semeadura e expedição das bandejas para a área

de germinação (WENDLING e DUTRA, 2017). Entretanto, os sacos plásticos continuam utilizados em pequenos viveiros em razão de sua grande disponibilidade e menor preço.

Por serem reutilizáveis, com tempo de depreciação girando em torno de 10 anos (DIAS et al., 2011), o uso do tubete plástico implica na necessidade de sua remoção no ato do plantio, o que gera chances de dano ao sistema radicular da planta, e do seu retorno para higienização, sendo tal procedimento correspondente a 10,9% dos custos de produção de mudas de eucalipto, por exemplo (SIMÕES; SILVA, 2010). Outra desvantagem identificada é a deformação no sistema radicular das mudas, atribuída à restrição imposta pelas paredes rígidas do recipiente. Caso haja restrições ao desenvolvimento normal das raízes, ocorrerá má formação e distribuição das mesmas, e a tendência é que essas deformações persistam após o plantio, prejudicando o desempenho em campo (NOVAES, 1998). Plantas com o sistema radicular deformado apresentam menor capacidade de absorção de nutrientes e água (REIS et al., 1991), o que prejudica a produção de biomassa (BARROSO et al., 2000).

Desde 1972 estavam sendo desenvolvidas pesquisas que testavam recipientes biodegradáveis para a produção de mudas florestais, buscando averiguar o tamanho ideal de recipientes de papelão para melhor desenvolvimento inicial de mudas. Brasil et al.(1972) observaram que o diâmetro do recipiente tem influência direta no crescimento das mudas de eucalipto, já sua altura foi indiferente. Dentre os tratamentos analisados, os recipientes de papelão com 6 cm de diâmetro e 12 cm de altura apresentaram o melhor desempenho para a produção das mudas de eucalipto. Também foi observado que o recipiente de papelão demonstrou boa permeabilidade, o que permitiu a expansão da raiz, e boa resistência para a atividade de transporte das mudas do viveiro ao campo.

Segundo Iatauro (2001), o principal destaque no uso dos recipientes biodegradáveis é que o material apresenta uma porosidade que possibilita as raízes se desenvolverem livremente e ultrapassarem as paredes, podendo ser mantidos em todo o ciclo de produção, diminuindo assim o estresse na hora do plantio. São discutidos ainda outros pontos positivos, como a possibilidade de que na sua formulação sejam incorporados fertilizantes que supram as necessidades de cada espécie, e adicionados compostos de natureza hormonal, fungicida e bactericida, o que geraria menores perdas por mortalidade nos viveiros. Além das questões técnicas, esses recipientes tem como vantagem não gerar resíduo para o ambiente, por se degradar rapidamente no solo, contribuindo assim para a preservação ambiental.

4.2.Bagaço de malte

A cerveja é uma das bebidas fermentadas mais produzidas e consumidas no mundo. Em 2016, o Brasil produziu 14,1 bilhões de litros (CERVBRASIL, 2016), atuando como seu terceiro maior produtor mundial, atrás somente da China (41,4 bilhões de litros) e dos Estados Unidos (22,1 bilhões de litros) (KIRIN HOLDINGS COMPANY, 2016). O setor cervejeiro brasileiro vem evoluindo exponencialmente nos últimos anos, principalmente devido ao aumento na criação de micro cervejarias, fabricantes das chamadas cervejas artesanais, chegando a 889 fábricas registradas apenas em 2018 (MARCUSO; MÜLLER, 2019).

O bagaço de malte é o principal resíduo do processo de produção de cervejas, representando cerca de 85% do total de resíduos gerados, onde, para cada 100 litros de cerveja produzida, são obtidos aproximadamente 20 kg de bagaço (REINOLD, 1997). Ele é formado pela parte sólida do mosto cervejeiro, obtida após filtração, e é constituído principalmente de restos de casca e polpa de malte (MUSSATTO; DRAGONE; ROBERTO, 2006). A composição do bagaço de malte é diversa, uma vez que é resultante dos diferentes tipos comerciais e processos de fabricação de cerveja existentes. Em geral, é possível encontrar: celulose (15,99% - 20,6%), hemiceluloses (18,4% - 29,92%), lignina (9,9% - 27,8%), proteínas (15,3% - 26,6%), extractivos (5,2% - 8,33%) e cinzas (2,7% - 4,6%) (MASSARDI, et al., 2020; MUSSATTO; ROBERTO, 2006; QIN et al., 2018; WILKINSON et al., 2014).

Essa composição química possibilita sua utilização como matéria-prima em diferentes processos (MASSARDI, et al., 2020). Entretanto, seu alto teor de umidade, variando de 70% a 80% (KUNZE, 2014), o torna propício ao desenvolvimento microbiano e à rápida deterioração. Essa elevada quantidade de água também pode resultar em outros fatores limitantes, como a dificuldade no transporte a longa distância e dificuldades no armazenamento (CORDEIRO et al., 2012).

A principal destinação desse resíduo é a produção de ração para a alimentação animal (bovinos, suínos, aves e caprinos) (ALIYU; BALA, 2011; PARPINELLI, 2016). Porém, apesar das vantagens nutricionais, seu uso tem apresentado problemas para os produtores rurais relacionados à dificuldade de armazenamento correto justamente em função do teor de umidade. A contaminação do material por microrganismos tem ocasionado enfermidades em bovinos, como intoxicação por fungos e micotoxinas, acidose ruminal e botulismo (BRUST et al., 2015). Aliado à possibilidade de transformar

o bagaço em produtos de maior valor agregado, a tendência é a redução dessa aplicação e o estudo de novas formas de reaproveitamento.

4.3. Fibra de Coco

O coco (*Cocos nucifera*) é um fruto tipo drupa largamente consumido no Brasil, tanto pela sua água quanto pelo bagaço. Sua cultura teve um avanço no país nas últimas décadas, saltando da 10^º posição no ranking mundial, em 1990, com uma produção em torno de 477 mil toneladas de coco para a 4^a posição em 2010, onde foram produzidas aproximadamente 2,8 milhões de toneladas (MARTINS; JESUS JÚNIOR, 2011). Com esse incremento, destacam-se também os impactos ambientais que decorrem do descarte de resíduos do fruto, que se trata basicamente da casca. A casca do coco representa cerca de 80 % do seu peso bruto, e deve-se considerar que o peso médio do fruto varia de 3 a 4 kg (CASTILHOS, 2011). De acordo com estimativas, são descartadas cerca de 7 milhões de toneladas de casca de coco por ano no Brasil (MARTINS; JESUS JÚNIOR, 2011).

As cascas do coco podem ser utilizadas como combustível de caldeiras ou processadas para beneficiamento das fibras e do pó de coco, sendo que nas cascas do coco verde, o processo de extração das fibras ocorre por maceração, e no coco seco, o desfibramento ocorre mecanicamente (FAGURY, 2005). A fibra de coco é formada basicamente por celulose, hemicelulose e lignina, além de pectina e outras substâncias em menor proporção. Em comparação com outras fibras naturais, como a juta e o sisal, ela se destaca por possuir um maior percentual de lignina em sua composição, componente que proporciona uma maior rigidez e resistência à fibra (BEDIN, 2014). O teor de lignina nas fibras é função da idade do fruto, sendo o percentual de cerca de 20% encontrado em fibras de coco jovem e 35% no fruto maduro (CASTRO, 2011).

A fibra de coco possui características técnicas que lhe garantem vantagens para a utilização industrial como baixa condutividade ao calor, resistência ao impacto e baixa densidade, além de ser inodora, resistência à umidade, não é atacada por roedores e é resistente ao desenvolvimento de fungos quando seca (SENHORAS, 2004). Essa fibra pode ser utilizada para manufatura de cordoalhas, tapetes, esteiras e muitos outros produtos, já o pó de coco é amplamente utilizado em diferentes partes do mundo como substrato adequado ao cultivo agrícola (ROSA et al., 2001). Eles também podem ser empregados como agentes de reforço em polímeros, como o poliéster, o polipropileno, o polietileno e polímeros biodegradáveis, tendo como vantagens reduzir a quantidade de

resíduos emitidos, além de ser um produto natural e renovável, e possuir um baixo custo (BENINI, 2011; CASTILHOS, 2011).

Flores et al. (2011) ao testarem recipientes a base de fibra de coco, concluíram que eles mantêm sua estrutura física durante a fase no viveiro, característica muito importante para produção de mudas de alta qualidade. Esse recipiente propiciou que as raízes das mudas ultrapassassem sua parede, promovendo a formação da arquitetura natural, colaborando assim para uma melhor adaptação da planta no campo. Entretanto, em outro estudo, Conti et al. (2012), ao pesquisarem sobre o desenvolvimento e a praticabilidade econômica de mudas de espécies arbóreas em tubetes biodegradáveis com bagaço de cana e fibra de coco, consideraram que os mesmos foram inadequados, pois os tubetes se degradaram após 45 dias, o que foi muito abaixo do tempo mínimo que várias espécies necessitam para estarem em condições ótimas para o plantio no campo.

É necessário aprimorar os conhecimentos a respeito das propriedades da fibra de coco para se elevar seu potencial de utilização, maximizando o aproveitamento desse subproduto, que pode se tornar uma das fibras naturais mais empregadas como alternativa ao desenvolvimento de tecnologias que gerem um menor impacto ambiental (ROSA et al., 2001; SILVA et al., 2006).

4.4. Polpa de Celulose

O setor de papel e celulose envolve a fabricação de pastas celulósicas, com base em matérias-primas fibrosas, principalmente a madeira, transformando-as em vários tipos de papéis (CARDOSO; GONÇALVEZ, 2016). O Brasil se destaca por ser um dos maiores exportadores globais de celulose. Em 2019, o setor brasileiro de árvores plantadas representou 1,2% do Produto Interno Bruto (PIB) Nacional e receita bruta total de R\$ 97,4 bilhões e, também, o país se manteve como o segundo maior produtor de celulose e maior exportador no mercado mundial, atingindo 19,7 milhões de toneladas fabricadas, sendo 14,7 milhões de toneladas exportadas (IBÁ, 2020).

A celulose, componente básico das paredes vegetais, é um polímero linear de alto peso molecular, formado por monômeros de glicose, e um dos principais componentes químicos da madeira e de certos vegetais fibrosos (KLOCK et al., 2005). O processo de produção de celulose Kraft é o mais utilizado mundialmente, tendo sido desenvolvido pelo químico alemão C. J. Dahl em 1879. Esse processo consiste, resumidamente, no cozimento de cavacos de madeira em um digestor com hidróxido de sódio (NaOH) e sulfeto de sódio (Na₂S) em pH alcalino para dissolver a lignina das fibras na madeira,

liberando-as com o mínimo de degradação dos carboidratos (celulose e hemicelulose) para a obtenção da polpa celulósica (CASTRO, 2009).

Anos atrás a produção nacional de polpa de celulose era destinada praticamente apenas para a confecção de papéis para impressão e escrita. Entretanto, com a evolução das tecnologias, a polpa de celulose passou a ser usada como matéria-prima de muitos produtos do cotidiano, como diversos tipos de papel, fraldas descartáveis, tecidos, papel higiênico, absorventes, enchimento de comprimidos, emulsionantes, espessantes e estabilizantes de alimentos industrializados, adesivos, biocombustíveis, materiais de construção, entre outros. Destaca-se o uso desse material para a produção de recipientes biodegradáveis para a produção de mudas florestais.

Moreira et al. (2011) avaliaram o pegamento e crescimento de mudas de angico vermelho produzidas em recipientes biodegradáveis da marca *Ellepot®*, feitos de papel degradável, certificados pelo FSC (Forest Stewardship Council). Eles concluíram que os tubetes de polietileno comparados aos tubetes biodegradáveis ainda eram mais indicados para produzir mudas com as características morfológicas desejadas, a fim de garantir um bom desenvolvimento inicial em campo. Mais adiante o recipiente foi novamente testado, e sua adoção possibilitou o desenvolvimento mais rápido das mudas e com menor estresse no momento do plantio, tendo em vista a sua capacidade em manter a integridade das raízes e sua passagem facilitada na parede porosa do material (SANTOS, 2018).

4.5.*Libidibia ferrea* Mart. ex. Tul.

Libidibia ferrea Mart. ex Tul., popularmente conhecida como pau-ferro ou jucá, é uma espécie lenhosa pertencente à família Fabaceae Caesalpinoideae, que ocorre naturalmente desde a Caatinga nordestina até a floresta pluvial Atlântica no sudeste do Brasil (LORENZI, 2020). Pode ser classificada como uma espécie pioneira ou secundária inicial, recebendo esse nome popular devido a densidade de sua madeira, além de possuir um tronco característico, de superfície lisa e coloração clara com manchas (CARVALHO, 2003).

Sua altura pode variar de 10 a 30 metros, com 40 a 150 cm de diâmetro. É uma espécie semidecídua, com folhas bipinadas de 15 a 19 cm de comprimento (LORENZI, 2020). Possui frutos secos deiscentes, em torno de 7 a 10cm de comprimento (SILVA et al., 2017), com dispersão do tipo autocórica, barocórica e zoocórica, e período de frutificação de maio a dezembro (CARVALHO, 2003). Suas sementes são ortodoxas, escuras, de formas alongada, obovada, angular e arredondada, variando de 5 a 10 mm de

comprimento e de 4 a 6 mm de largura (LIMA et al., 2019). Suas flores são amarelas, pequenas, em cachos, com período de floração de outubro a maio, polinizadas por abelhas e pequenos insetos (CARVALHO, 2003).

É uma espécie indicada para silvicultura, podendo ser utilizada na arborização urbana, construção civil e em programas de reflorestamento misto com finalidade de recuperação de áreas degradadas (LORENZI, 2020). Dentre os produtos madeireiros comumente fabricados estão os caibros, portões e portas, tacos, itens para construção naval em geral, carvão, lenha e movelearia. Extratos de seus frutos e cascas são utilizados na medicina popular como analgésicos e no tratamento de doenças inflamatórias (PEREIRA et al., 2016).

5. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados nas estruturas do Viveiro Florestal “Luiz Fernando de Oliveira Capellão” do Instituto de Florestas, na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), município de Seropédica, estado do Rio de Janeiro. O clima da região segundo a classificação de Köppen é do tipo Aw ou Tropical do Brasil Central (ABREU, 2017), com temperatura média anual de 23,9°C, precipitação de 1.213 mm anuais, apresentando período de seca nos meses de junho a agosto, e excedentes hídricos de dezembro a fevereiro (CARVALHO et al., 2011).

A espécie florestal escolhida foi a *Libidibia ferrea* Mart. ex. Tul., conhecida como pau-ferro, da qual as sementes foram doadas pela Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Rio de Janeiro (CEDAE). Os experimentos foram realizados de forma simultânea, tendo a semeadura de ambos ocorrido em julho de 2021. Foi necessária a quebra de dormência das sementes por meio da escarificação química com imersão em ácido sulfúrico (H_2SO_4) a 98% por 15 minutos de acordo com a metodologia utilizada por Crepaldi et al. (1998). Na semeadura houve a distribuição de duas a três sementes por recipiente e, após 30 dias, foram realizados o desbaste e o transplantio, visando garantir o total inicial de mudas determinado.

5.1. Recipientes de resíduos orgânicos

Os recipientes de resíduos orgânicos utilizados possuíam em média 9 cm de altura, 7 cm de diâmetro e volume de aproximadamente 110 cm³, sendo fabricados e doados pela empresa Toco Engenharia e Inovação Ambiental Ltda. Foram utilizados recipientes

originados de três matérias primas diferentes, polpa de celulose, fibra de coco e bagaço de malte (Figura 1). A composição química dos recipientes foi fornecida pelo fabricante, na qual os teores totais haviam sido determinados em extrato ácido (ácido nítrico com ácido perclórico), o nitrogênio (N) através do Método do Kjeldahl, e o Carbono Orgânico (CO) pelo Método Walkley - Black (Tabela 1).



Figura 1. Recipientes de resíduo orgânicos, da esquerda para a direita em ordem: polpa de celulose, fibra de coco e bagaço de malte.

Tabela 1. Elementos químicos dos recipientes de resíduos orgânicos em análises laboratoriais.

		Resíduo orgânico		
	Unid.	Bagaço de Malte	Fibra do Coco	Polpa de Celulose
Nitrogênio	%	2,27	0,62	0,42
Fósforo	%	0,17	0,02	0,03
Potássio	%	0,08	0,16	0,16
Cálcio	%	0,76	0,58	0,42
Magnésio	%	0,11	0,17	0,07
Enxofre	%	0,20	0,38	0,34
Zinco	ppm	91,2	512,0	107,2
Ferro	ppm	2520,0	13840,0	13040,0
Manganês	ppm	317,6	2240,0	461,6
Cobre	ppm	48,8	552,0	129,6
Boro	ppm	10,22	15,81	11,58
Sódio	(%)	0,082	0,078	0,092
pH	(H ₂ O)	5,610	5,930	5,820
CO	(%)	15,44	17,00	18,72
Relação C/N	-	6,80	27,41	44,57

No caso dos recipientes de bagaço de malte, antes da montagem do experimento houve o incremento de uma alíquota de 5ml de uma solução de fosfato natural reativo MV 15, com 15% de P₂O₅ total, 4,5% do teor total solúvel ácido cítrico e 10% em cálcio (Morro Verde[®]) preparada com 5% de amido na metade do total de material fornecido,

originando o recipiente denominado de bagaço de malte plus (Figura 2). Esse tratamento foi solicitado pelo próprio fabricante para testagem baseado em estudo prévio utilizando o mesmo material realizado pela EMBRAPA Solos, cujos resultados preliminares indicaram um incremento significativo no crescimento das mudas nos tratamentos em que houve a adição de fosfato. Tal estudo ainda não foi publicado.



Figura 2. Aplicação da solução de fosfato nos recipientes de bagaço de malte.

A massa dos recipientes de resíduos orgânicos foi determinada antes da instalação dos experimentos (inicial) e ao final destes (remanescente). Para a obtenção da massa inicial, foi separada uma amostra de 20 repetições de cada tipo de recipiente, secos em estufa à 60° C por 48 horas e determinação da massa mensurada em balança analítica. Ao final dos experimentos, após remoção do substrato e do sistema radicular, os recipientes referentes as amostras coletadas para processamento dos tratamentos com 100% de fertilização e todos os utilizados no experimento de vaso passaram pelo mesmo procedimento anteriormente descrito, fornecendo assim a massa remanescente.

5.2. Produção das mudas no viveiro

Para o experimento de produção de mudas em viveiro, o delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado no esquema fatorial 5 x 5, sendo o fator 1 os recipientes (polipropileno, polpa de celulose, fibra de coco, bagaço de malte e bagaço de malte plus), e o fator 2 a porcentagem da fertilização química recomendada (0, 25, 50, 75 e 100%), totalizando 25 tratamentos. Cada tratamento foi constituído de cinco

repetições de 8 mudas, totalizando 40 mudas por tratamento e 1.000 mudas ao total (Figura 3). O recipiente de polipropileno possuía o mesmo volume que os demais utilizados, 110 cm³.



Figura 3. Disposição das mudas na área experimental no viveiro florestal do IF/UFRRJ, em Seropédica/RJ.

O substrato utilizado foi o produto comercial formulado com casca de pinus decomposta estabilizada e vermiculita (MecPlant Florestal®). O substrato recebeu fertilização de base, conforme o percentual de cada tratamento, segundo recomendação de Gonçalves (2000) para produção de mudas de espécies nativas para o recipiente tubete. Foram utilizadas as seguintes doses por m³ de substrato: 150 g de N por meio do uso de sulfato de amônio, 300 g de P₂O₅ por meio do uso de superfosfato simples, 100 g de K₂O por meio do uso de cloreto de potássio, e 150 g de FTE Br12 (1,8% de B, 0,8% de Cu, 0,7% de Zn, 2,0% de Mn e 0,01% de Mo) para fornecimento de micronutrientes (Tabela 2). A fertilização de cobertura, aplicando-se o percentual de cada tratamento, foi composta de 200 g de N por meio do uso de sulfato de amônio, e 150 g de K₂O por meio do uso do cloreto de potássio, para 100 litros de solução nutritiva, aplicando-se 10 ml por muda (Tabela 3). A primeira fertilização de cobertura ocorreu após 30 dias da repicagem, repetindo-se a cada quinze dias para a fertilização nitrogenada e a cada 30 dias para fertilização potássica (GONÇALVES; BENEDETTI, 2000).

Tabela 2. Nutrientes e fertilizantes utilizados na fertilização de base misturada ao substrato de cultivo para cada nível de fertilização.

Fertilização	Nutriente				Fertilizante			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Micro	S.A.	S.S.	KCl	FTE
%	g m⁻³ de substrato							
100	150,0	300,0	100,0	150,0	750,0	1666,7	166,7	150,0
75	112,5	225,0	75,0	112,5	562,5	1250,0	125,0	112,5
50	75,0	150,0	50,0	75,0	375,0	833,3	83,3	75,0
25	37,5	75,0	25,0	37,5	187,5	416,7	41,7	37,5
0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

S.A. – Sulfato de amônio (20% de N); S.S. – Superfosfato simples (18% de P₂O₅); KCl – Cloreto de potássio (60% de K₂O); FTE – FTE Br12 (1,8% de B, 0,8% de Cu, 7,0% de Zn, 2,0% de Mn e 0,1% de Mo)

Tabela 3. Nutrientes e fertilizantes utilizados na fertilização de cobertura para cada nível de fertilização.

Fertilização	Nutriente		Fertilizante	
	N*	K ₂ O**	S.A.	KCl
%	g 100 L⁻¹ de solução			
100	200,0	150,0	1000,0	250,0
75	150,0	112,5	750,0	187,5
50	100,0	75,0	500,0	125,0
25	50,0	37,5	250,0	62,5
0	0,0	0,0	0,0	0,0

S.A. – Sulfato de amônio (20% de N); KCl – Cloreto de potássio (60% de K₂O); * Fertilização quinzenal; ** Fertilização mensal.

O regime hídrico utilizado foi o habitualmente praticado pelo viveiro, com duas irrigações diárias, uma no período da manhã e outra à tarde, tendo adaptações de acordo com a necessidade das mudas e em função do clima. A lâmina média de irrigação por aspersor foi de 47,25 mm/h, sendo utilizados na área 12 aspersores, e o sistema de irrigação ficando em funcionamento por, aproximadamente, 5 minutos por irrigação.

Foram avaliados os seguintes parâmetros morfológicos: altura de parte aérea (H em cm), diâmetro de colo (DC em mm), relação altura diâmetro (H:DC), área foliar (AF em cm²), massa de matéria seca de parte aérea (MSPA em g muda⁻¹), massa de matéria seca de raízes (MSR em g muda⁻¹), massa de matéria seca total (MST em g muda⁻¹) e relação massa seca de parte aérea por massa seca de raiz (MSPA:MSR). Para avaliar o crescimento, H e DC foram mensurados a cada 30 dias a partir dos 60 dias após a

semeadura até os 120 dias, utilizando metro de madeira e paquímetro digital, respectivamente. Para determinação da MSPA e MSR, aos 120 dias foram amostradas duas mudas médias por repetição, 10 mudas por tratamento. As mudas foram seccionadas na região do colo, separando a parte aérea do sistema radicular, o qual foi lavado cuidadosamente com auxílio de peneira fina, para destorramento e separação do substrato das raízes. Em seguida, a parte aérea e o sistema radicular foram colocados em sacos de papel, e secos em estufa de circulação de ar forçada à temperatura de 65°C durante 48 horas. Depois de secas, foram mensuradas as respectivas massas utilizando balança digital de precisão de três casas decimais.

Visando refletir a qualidade das mudas, foi estimado o Índice de Qualidade de Dickson (IQD) das mudas amostradas, por meio da seguinte fórmula (DICKSON et al., 1960):

$$IQD = \frac{MST}{\frac{H}{DC} + \frac{MSPA}{MSR}}$$

Onde:

MST - massa de matéria seca total, em g muda⁻¹;

H - altura da parte aérea, em cm;

DC - diâmetro do colo, em mm;

MSPA - massa de matéria seca da parte aérea, em g muda⁻¹;

MSR - massa de matéria seca radicular, em g muda⁻¹.

5.3. Simulação de plantio precoce

Em simultâneo ao experimento de produção de mudas nos recipientes, foi realizado outro experimento, utilizando o método de plantio precoce, com o plantio sendo realizado em vasos logo após a semeadura nos recipientes de resíduos orgânicos. A escolha pelo uso dos vasos se deve ao cenário de restrições enfrentado durante o período da pandemia de COVID-19, onde buscou-se, por meio dessa simulação, oferecer condições parecidas as de campo. O delineamento foi totalmente aleatório em esquema fatorial 4 x 2, sendo o fator 1 os recipientes (polpa de celulose, fibra de coco, bagaço de malte e bagaço de malte plus), e o fator 2 a presença ou ausência de polímero hidrorretentor incorporado ao substrato no ato da semeadura, totalizando 8 tratamentos. Cada tratamento foi constituído de cinco repetições, totalizando de 40 vasos (Figura 4).



Figura 4. Disposição dos vasos na área experimental no viveiro florestal do IF/UFRRJ, em Seropédica/RJ.

Foram utilizados vasos de polipropileno com 14 litros de capacidade, preenchidos com solo de textura arenosa coletado dentro da área da universidade. O solo foi seco e peneirado para melhor homogeneização e uma amostra foi retirada para ser submetida a análise laboratorial para determinação de seus atributos químicos pelos métodos detalhados no Manual de Métodos de Análises de Solos (EMBRAPA, 1997) (Tabela 4).

Tabela 4. Atributos químicos do solo utilizado para preenchimento dos vasos.

pH	M.O.	P	K	Ca	Mg	Al	H + Al	Na
	g Kg ⁻¹	— mg dm ³ —				cmolc dm ⁻³	—	
4,9 4	42,95	22	5	31	0,08	0,63	0,17	0,1

O substrato utilizado para preenchimento dos recipientes de resíduos orgânicos foi o biossólido proveniente da estação de tratamento de esgoto (ETE) Ilha do Governador, localizada no bairro Ilha do Governador, município do Rio de Janeiro, disponibilizado pela Companhia Estadual de Águas e Esgoto do Rio de Janeiro (CEDAE) (Tabela 5).

Tabela 5. Teores totais de macronutrientes (g kg^{-1}), alumínio, matéria orgânica, relação carbono/nitrogênio e metais pesados (mg kg^{-1}) do bioassólido proveniente da estação de tratamento de esgoto Ilha do Governador e em substrato comercial.

Elemento (unidade)	Bioassólido ETE Ilha Governador
Nitrogênio (g kg^{-1})	18,33
Fósforo (g kg^{-1})	7,62
Potássio (g kg^{-1})	1,26
Cálcio (g kg^{-1})	12,51
Magnésio (g kg^{-1})	1,90
Alumínio (g kg^{-1})	150,45
Matéria Orgânica (%)	26,00
Relação C/ N	8,00
Arsênio (mg kg^{-1}) 41*	não detectado
Bário (mg kg^{-1}) 1300*	178,10
Cádmio (mg kg^{-1}) 39*	1,10
Cromo (mg kg^{-1}) 1000*	33,70
Cobre (mg kg^{-1}) 1500*	212,00
Níquel (mg kg^{-1}) 420*	17,30
Chumbo (mg kg^{-1}) 300*	141,80
Selênio (mg kg^{-1}) 100*	não detectado
Zinco (mg kg^{-1}) 2800*	822,60

*valores máximos permitidos pela Resolução CONAMA nº 375/ 2006 (mg kg^{-1} , base seca). Fonte: Sousa et al. (2019).

O bioassólido foi peneirado para homogeneização e à ele foram incorporados 6 gramas de polímero hidrorretentor (Hydroplan®) por litro de substrato para os tratamentos com presença de polímero. Dentro dos recipientes então preenchidos foi realizada a semeadura, distribuindo-se de duas a três sementes por recipiente (Figura 5). Após a semeadura, os recipientes de resíduos orgânicos foram inseridos nos vasos de polipropileno já preenchidos com solo. Não foram realizadas fertilização de base e de cobertura. Após 30 dias da semeadura, realizou-se a repicagem das plântulas para garantir o número de mudas previstas, recebendo irrigação diária até esse período, visando a germinação das sementes e o bom estabelecimento das plântulas.



Figura 5. Semeadura nos recipientes de resíduos orgânicos que seriam inseridos nos vasos.

Os parâmetros morfológicos avaliados foram: altura de parte aérea (H em cm), diâmetro de colo (DC em mm), área foliar (AF em cm^2), massa de matéria seca de parte aérea (MSPA em g planta^{-1}), massa de matéria seca de raízes (MSR em g planta^{-1}), massa de matéria seca total (MST em g planta^{-1}) e relação massa de matéria seca de parte aérea por massa de matéria seca de raízes (MSPA:MSR). Para avaliar o crescimento, a altura da parte aérea e diâmetro do coletor foram mensurados a cada 30 dias a partir dos 60 dias após a semeadura até os 150 dias, utilizando metro de madeira e paquímetro digital. Para determinação da massa de matéria seca da parte aérea e radicular, aos 150 dias todas as plantas foram seccionadas na região do colo, separando a parte aérea do sistema radicular, o qual foi lavado cuidadosamente com auxílio de peneira fina, para destorramento e separação do substrato das raízes. Em seguida, a parte aérea e o sistema radicular foram colocados em sacos de papel, e secos em estufa de circulação de ar forçada à temperatura de 65°C durante 48 horas. Depois de secas, foram mensuradas as respectivas massas utilizando balança digital de precisão de três casas decimais.

5.4. Análise estatística

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk e à análise de variância (ANOVA). Os efeitos dos níveis de fertilização foram analisados por meio de ajuste de regressões ($p < 0,05$), assim como os casos de análise de crescimento ao longo do tempo.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. Degradação dos recipientes

Ao serem analisados os valores referentes às médias das massas de matéria seca dos recipientes, percebe-se que a degradação, ou a perda de massa dos recipientes de resíduos orgânicos, foi maior na produção de mudas, aos 120 dias, do que no método do plantio precoce em vaso, aos 150 dias (Tabela 6).

Tabela 6. Massa de matéria seca média inicial e remanescentes dos recipientes de resíduos orgânicos celulose, fibra de coco e bagaço de malte utilizados na produção de mudas (120 dias) e no método do plantio precoce em vaso (150 dias).

Recipientes	Inicial	Remanescente	
		Muda	Vaso
		g recipiente ⁻¹	
Celulose	18,7	13,0 (30,5%)	17,9 (4,3%)
Fibra de Coco	26,4	22,2 (15,9%)	25,1 (4,9%)
Bagaço de Malte	31,3	13,7 (56,2%)	23,0 (26,5%)

Valor entre parênteses: percentual da perda de massa.

Enquanto os recipientes do experimento de produção de mudas estavam dispostos sobre bancada sob efeito das condições climáticas (vento, radiação solar e precipitação), além das irrigações diárias, os recipientes da simulação de plantio precoce estavam enterrados no solo dentro dos vasos, protegidos da ação direta dessas intempéries e da irrigação, por isso a perda de massa foi maior nos recipientes da produção de mudas. As diferentes situações de acomodação podem justificar a discrepância no estado dos recipientes ao final dos dois experimentos (Figura 6 e Figura 7).



Figura 6. Aspecto visual dos recipientes de resíduos orgânicos celulose (CE), fibra de coco (FC) e bagaço de malte (BM) utilizados na produção de mudas aos 120 dias de cultivo.

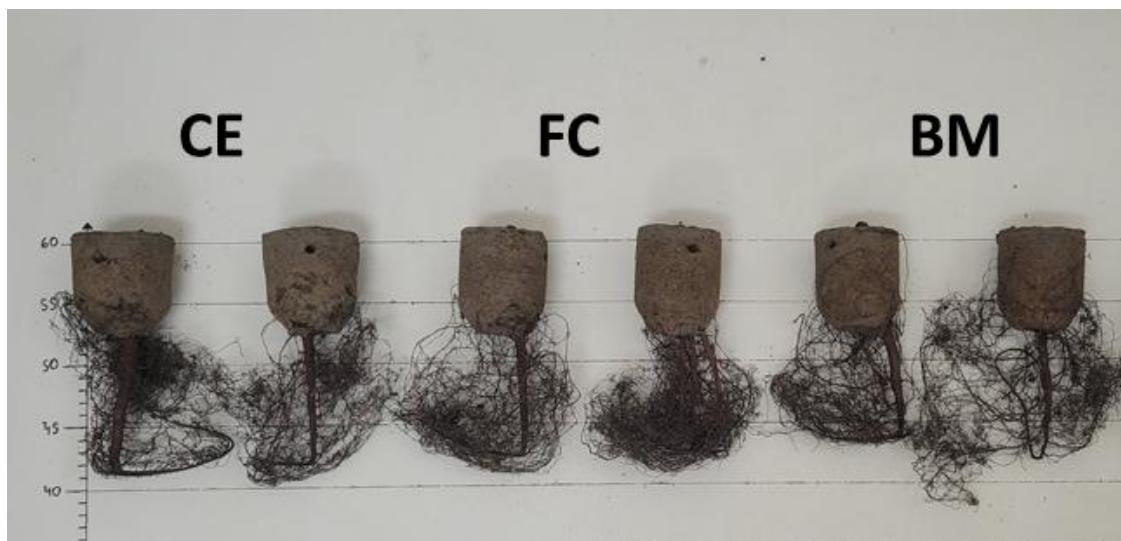


Figura 7. Aspecto visual dos recipientes de resíduos orgânicos celulose (CE), fibra de coco (FC) e bagaço de malte (BM) utilizados na simulação de plantio precoce em vasos aos 150 dias de cultivo.

Os recipientes a base de bagaço de malte foram os que sofreram maior degradação, 56,2 e 26,5% na produção de mudas e no plantio precoce em vaso, respectivamente (Tabela 6). Isso pode ser explicado pela menor relação C/N desse material que é de 6,8, enquanto a fibra de coco possui relação C/N de 27,41 e a celulose possui relação C/N de 44, 57 (Tabela 1). Como a relação C/N é a principal característica que define a decomposição da biomassa vegetal e a velocidade de liberação do N contido nessa biomassa (Parton et al., 2007), já era esperado que os recipientes de malte se degradassem mais rapidamente. As características físicas da matéria-prima em si também podem ter contribuído para esse percentual de degradação, sendo mais sensível à ação das intempéries e da irrigação que os outros resíduos orgânicos (Figura 6).

No experimento de Conti et al. (2012) com produção de mudas em tubetes biodegradáveis de fibra de coco e bagaço de cana, concluiu-se que aos 45 dias de desenvolvimento das mudas a resistência mecânica dos tubetes foi comprometida, o que ocorreu devido à alta capacidade de absorção de água, que prejudicou a aderência das fibras e ocasionou o aparecimento de fungos, acelerando a decomposição e causando seu rompimento. Tal situação não ocorreu no presente estudo, pois, mesmo aos 120 e 150 dias de desenvolvimento das mudas, os recipientes se mantiveram com boa estrutura, não prejudicando assim o ciclo de produção até a expedição para campo.

6.2.Crescimento das mudas

Todos os parâmetros morfológicos mensurados foram significativos na interação entre os fatores fertilização e recipiente, o que indica que a resposta de um fator depende da presença ou ausência do outro, não se interpretando os efeitos dos fatores isoladamente, exceto a relação MSPA:MSR que não apresentou significância para os fatores e a interação entre eles (Tabela 7). Em função disso, as análises foram feitas por meio de ajustes de equações (Figura 8 e Tabela 8).

Tabela 7. Valor F calculado da análise de variância para as variáveis mensuradas das mudas aos 120 dias.

FV	GL	H	DC	H:DC	MSPA	MSR	MST	MSPA: MSR	IQD
Fert	4	334,96*	104,91*	45,06*	71,99*	43,26*	69,59*	1,35 ^{n.s.}	38,38*
Rec	4	234,90*	156,44*	33,98*	166,00*	47,65*	128,82*	0,61 ^{n.s.}	75,36*
Fert x Rec	16	6,91*	3,49*	3,72*	4,80*	1,39*	3,49*	0,89 ^{n.s.}	2,10*
Res		225							

“*”: nível de significância 0,05; n.s.: não significativo à 5% de probabilidade pelo teste F;

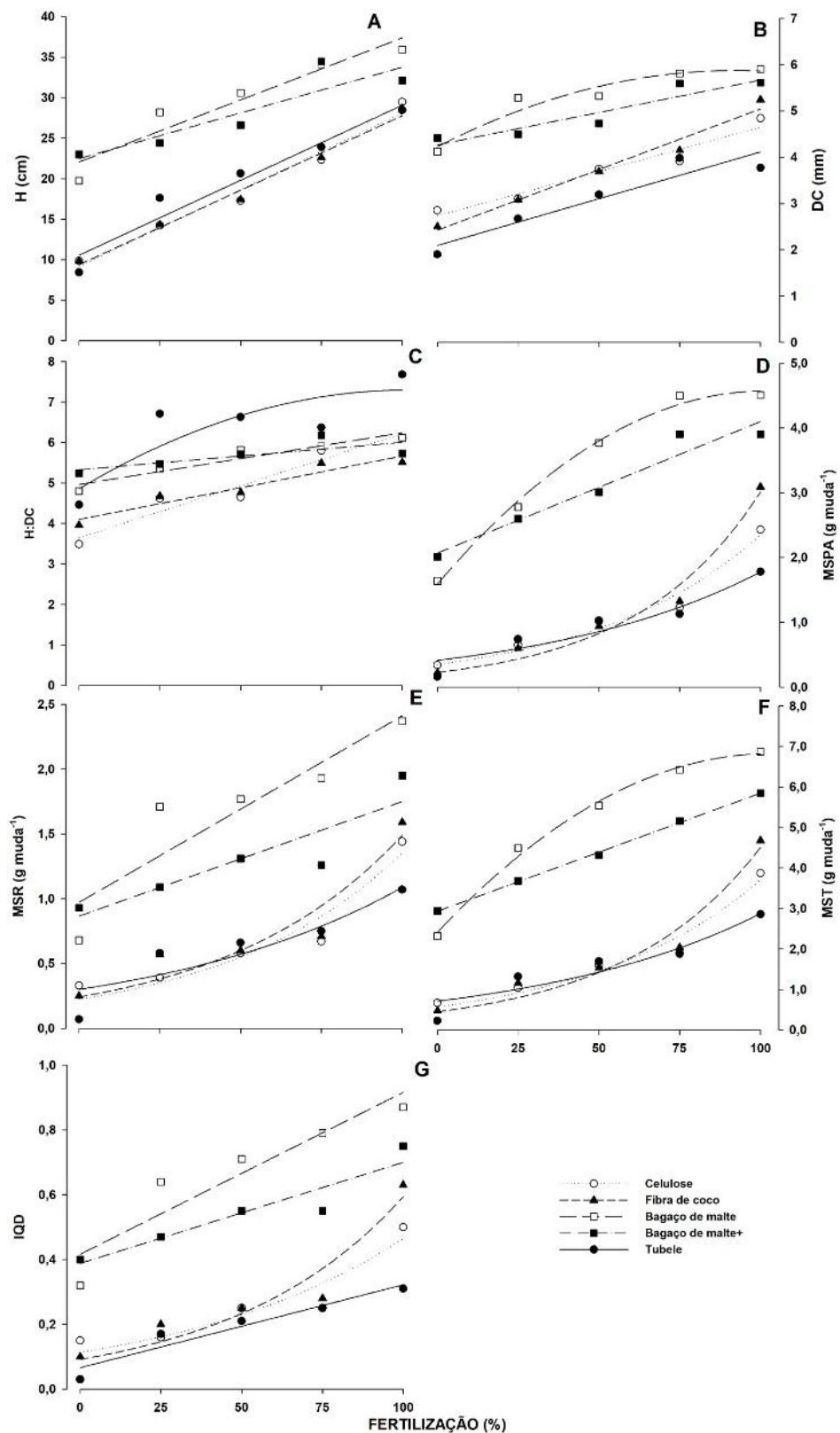


Figura 8. Crescimento em altura da parte aérea (H) (A) e diâmetro do colo (DC) (B), relação H:DC (C), acúmulo da massa de matéria da parte aérea (MSPA) (D), da massa de matéria seca radical (MSR) (E), da massa de matéria seca total (MST) (F) e índice de qualidade de Dickson (IQD) (G) de mudas *Libidibia ferrea* aos 120 dias após a semeadura em função da dose de fertilização nos recipientes de celulose, de fibra de coco, de bagaço de malte, de bagaço de malte plus e de polipropileno (tubete).

Tabela 8. Equações e medidas de precisão (coeficiente de determinação ajustado – r^2_{aj} e erro padrão de estimativa – S_{xy}) para os modelos de crescimento em altura, em diâmetro do colo, da relação H:DC, do acúmulo de matéria seca da parte aérea, do sistema radicular, total e índice de qualidade de Dickson nos diferentes recipientes em função das doses de fertilização.

Recipientes	Equação	r^2_{aj}	S_{xy}
Altura (H)			
Celulose	$H_{celulose} = 9,1560 + 0,1894 x$	0,88	2,4885
Fibra de coco	$H_{fibra} = 9,3760 + 0,1839 x$	0,93	1,8293
Bagaço de malte	$H_{malte} = 22,0560 + 0,1533 x$	0,70	3,5645
Bagaço de malte+	$H_{malte+} = 22,4760 + 0,1128 x$	0,51	3,8801
Tubete	$H_{tubete} = 10,5420 + 0,1853 x$	0,92	1,9055
Diâmetro do colo (DC)			
Celulose	$DC_{celulose} = 2,7302 + 0,0191 x$	0,67	0,4733
Fibra de coco	$DC_{fibra} = 2,4250 + 0,0261 x$	0,85	0,3847
Bagaço de malte	$DC_{malte} = 4,2285 + 0,0356 x - 0,0002 x^2$	0,53	0,5759
Bagaço de malte+	$DC_{malte+} = 4,2636 + 0,0140 x$	0,47	0,5297
Tubete	$DC_{tubete} = 2,0547 + 0,0188 x$	0,73	0,4172
Relação Altura : Diâmetro do colo (H:DC)			
Celulose	$H:DC_{celulose} = 3,6498 + 0,0257 x$	0,68	0,6312
Fibra de coco	$H:DC_{fibra} = 4,1010 + 0,0156 x$	0,46	0,5974
Bagaço de malte	$H:DC_{malte} = 4,9659 + 0,0127 x$	0,31	0,6581
Bagaço de malte+	$H:DC_{malte+} = 5,3224 + 0,0069 x$	0,09	0,7065
Tubete	$H:DC_{tubete} = 4,7786 + 0,0601 x - 0,0003 x^2$	0,50	0,9876
Massa de matéria seca da parte aérea (MSPA)			
Celulose	$MSPA_{celulose} = 0,3526 * \exp(0,0189 x)$	0,69	0,4706
Fibra de coco	$MSPA_{fibra} = 0,2281 * \exp(0,0258 x)$	0,84	0,4276
Bagaço de malte	$MSPA_{malte} = 1,6084 + 0,0548 x - 0,0002 x^2$	0,77	0,6250
Bagaço de malte+	$MSPA_{malte+} = 2,0686 + 0,0197 x$	0,44	0,7913
Tubete	$MSPA_{tubete} = 0,4149 + 0,0146 x$	0,62	0,3953
Massa de matéria seca do sistema radicular (MSR)			
Celulose	$MSR_{celulose} = 0,2225 * \exp(0,0181 x)$	0,58	0,3308
Fibra de coco	$MSR_{fibra} = 0,2430 * \exp(0,0181 x)$	0,63	0,3237
Bagaço de malte	$MSR_{malte} = 0,9712 + 0,0144 x$	0,41	0,6014
Bagaço de malte+	$MSR_{malte+} = 0,8632 + 0,0087 x$	0,25	0,5231
Tubete	$MSR_{tubete} = 0,3001 + * \exp(0,0129 x)$	0,54	0,2711
Massa de matéria seca total (MST)			
Celulose	$MST_{celulose} = 0,5739 * \exp(0,0186 x)$	0,71	0,6929
Fibra de coco	$MST_{fibra} = 0,4498 * \exp(0,0230 x)$	0,81	0,6955
Bagaço de malte	$MST_{malte} = 2,4250 + 0,0815 x - 0,0004 x^2$	0,71	1,0817
Bagaço de malte+	$MST_{malte+} = 2,9318 + 0,0283 x$	0,44	1,1338

Tubete	$MST_{tubete} = 0,4344 * \exp^{(0,0232 x)}$	0,68	0,5725
Índice de Qualidade de Dickson (IQD)			
Celulose	$IQD_{celulose} = 0,1130 * \exp^{(0,0142 x)}$	0,50	0,1200
Fibra de coco	$IQD_{fibra} = 0,0900 * \exp^{(0,0189 x)}$	0,67	0,1237
Bagaço de malte	$IQD_{malte} = 0,4158 + 0,0051 x$	0,43	0,2095
Bagaço de malte+	$IQD_{malte+} = 0,3848 + 0,0031 x$	0,28	0,1727
Tubete	$IQD_{tubete} = 0,0662 + 0,0026 x$	0,54	0,0843

Visualmente foi evidente a diferença de crescimento entre as mudas nos diferentes recipientes nas diferentes doses de fertilização (Figura 9), assim como a resposta pelo aumento da fertilização em cada recipiente (Figura 10).

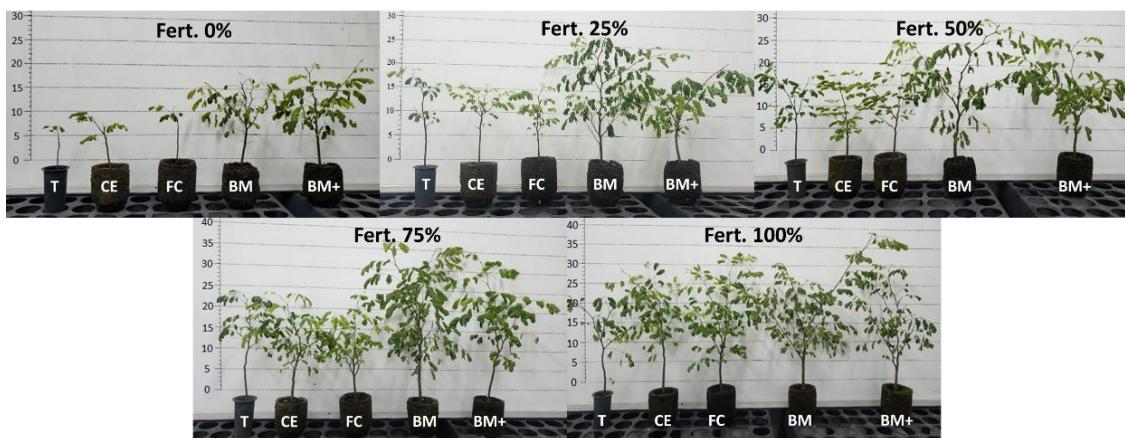


Figura 9. Crescimento das mudas de *Libidibia ferrea* aos 120 dias após a semeadura em função da fertilização nos recipientes tubete de polipropileno (T), celulose (CE), fibra de coco (FC), bagaço de malte (BM) e bagaço de malte plus (BM+)

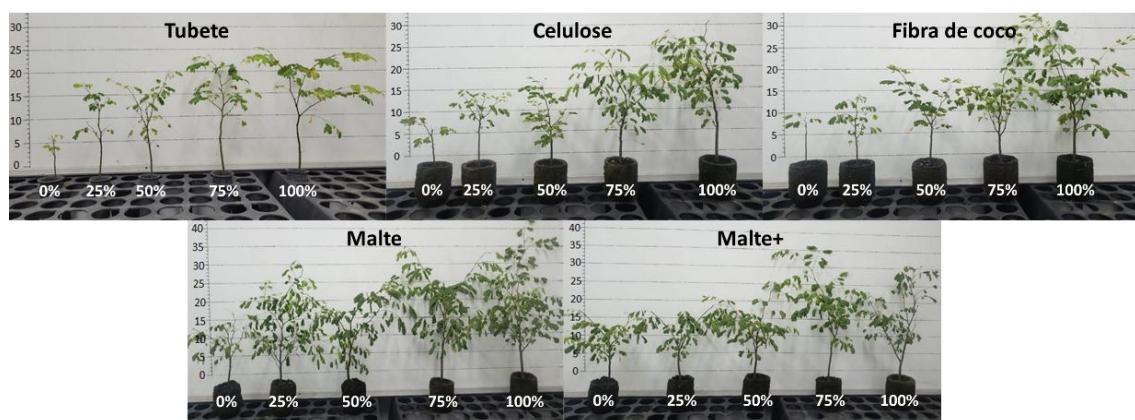


Figura 10. Crescimento das mudas de *Libidibia ferrea* aos 120 dias após a semeadura em função das doses crescentes de fertilização nos recipientes nos recipientes tubete de polipropileno, celulose, fibra de coco, bagaço de malte e bagaço de malte plus.

As mudas produzidas no recipiente BM se mostraram superiores em todas varáveis, com exceção de H:DC, e em todos os percentuais, com exceção de 0%, em que o BM+ teve sempre as maiores médias.

Quanto aos dados, para a variável H, houve tendência linear de incremento em todos os recipientes, como notável discrepância entre os valores dos recipientes à base de bagaço de malte e os demais, principalmente à 0% de fertilização (Figura 8A). Para o DC, todos os recipientes mantiveram a tendência linear, exceto BM, que foi representado uma equação quadrática, demonstrando uma provável estabilização, e os recipientes de BM e BM+ foram superiores em todas as doses de fertilização (Figura 8B). Diâmetros de colo maiores indicam maior acúmulo de reservas e elevada resistência a tombamentos (LIMA et al., 2016), além de favorecerem a sobrevivência após o plantio (NOVAES et al., 2014). Dessa forma, as mudas produzidas nos recipientes de bagaço de malte do presente estudo, indicam mais rusticidade e capacidade de sobrevivência no pós plantio.

Costa, Almeida e Castro (2020) em seu estudo para avaliar a produção de mudas de espécies nativas da Mata Atlântica em tubetes biodegradáveis de polietileno com casca de arroz e oxibiodegradante orgânico aos seis meses após semeadura, também obtiveram diferença significativa para altura e diâmetro do colo das mudas de tamboril, tendo maior crescimento nas mudas que foram transplantadas nos tubetes biodegradáveis. Eles atribuíram esse maior crescimento a presença do material orgânico presente na composição do tubete biodegradável, resultado semelhante ao encontrado no presente estudo, principalmente no recipiente com resíduo de bagaço de malte.

Na relação H:DC, as mudas produzidas no tubete de polipropileno (T) apresentaram crescimento num modelo quadrático (Figura 8C). Os maiores valores observados ficaram próximos de 7, sendo que, segundo Birchler et al. (1998), valores de relação H:DC próximos a 10 sinalizam mudas estioladas.

Para as variáveis MSPA, MSR e MST as equações ajustadas para BM e BM+ foram lineares ou quadráticas, e para os demais recipientes na maioria das vezes foi exponencial (Figura 8D, E e F). A MSPA, segundo Gomes e Paiva (2004), indica a rusticidade de uma muda, ou seja, quanto maior seu valor, mais rustificada será a muda. A MSR tem sido considerada por diferentes autores como um dos mais importantes e melhores para estimar a sobrevivência e o crescimento inicial das mudas no campo (GOMES, 2001).

Para todas as variáveis de massa seca, os valores das mudas produzidas nos recipientes de bagaço de malte foram sempre maiores, lembrando que a massa de matéria

seca da planta é um fator importante para determinar a quantidade de nutrientes que têm sido absorvidos pela planta, refletindo no seu desenvolvimento de biomassa (COSTA et al., 2013).

Para estas variáveis, na fertilização 100%, os valores das mudas do recipiente T foram os menores. Isso pode ser atribuído à questão da porosidade das paredes dos recipientes com resíduos orgânicos, que permitiram a expansão do sistema radicular, principalmente nos recipientes que tinham o bagaço de malte como matéria-prima, o que não acontece no polipropileno. Com isso, as mudas puderam se desenvolver melhor e investir no incremento de acúmulo de matéria seca.

O IQD refletiu os resultados das demais variáveis anteriormente apresentadas (Figura 8G). Ele é considerado um bom indicador para as espécies florestais por Hunt (1990), que propõe um índice de, no mínimo, 0,20, em que, quanto maior o índice encontrado, melhor será o padrão de qualidade das mudas. A maioria dos tratamentos proporcionou mudas com IQD superior a 0,20, com exceção dos recipiente T, CE e FC à 0 e 25% de fertilização, demonstrando que independente das variações encontradas nas características analisadas, todos os recipientes apresentaram mudas de qualidade.

É possível constatar que, independente da fertilização, os recipientes de BM e BM+ se mantém superiores aos demais, mesmo ao longo do tempo, tendo sempre uma tendência de crescimento exponencial (Figura 11 e Tabela 9).

Mesmo na dose de 0% de fertilização as mudas produzidas nos recipientes de bagaço de malte (BM e BM+) apresentaram crescimento significativo, contrastando com crescimento praticamente nulo nos demais recipientes (Figura 11A). Isso difere do estudo de Conti et al. (2012) que verificaram que as mudas transplantadas em tubetes de polietileno apresentaram uma curva de crescimento melhor quando comparadas com as mudas transplantadas em tubetes de fibra de coco e bagaço de cana a partir da segunda semana do experimento. O resultado obtido no presente experimento pode ser atribuído à composição química do bagaço de malte, que possui significativo conteúdo de nutrientes, principalmente em N e P (Tabela 1).

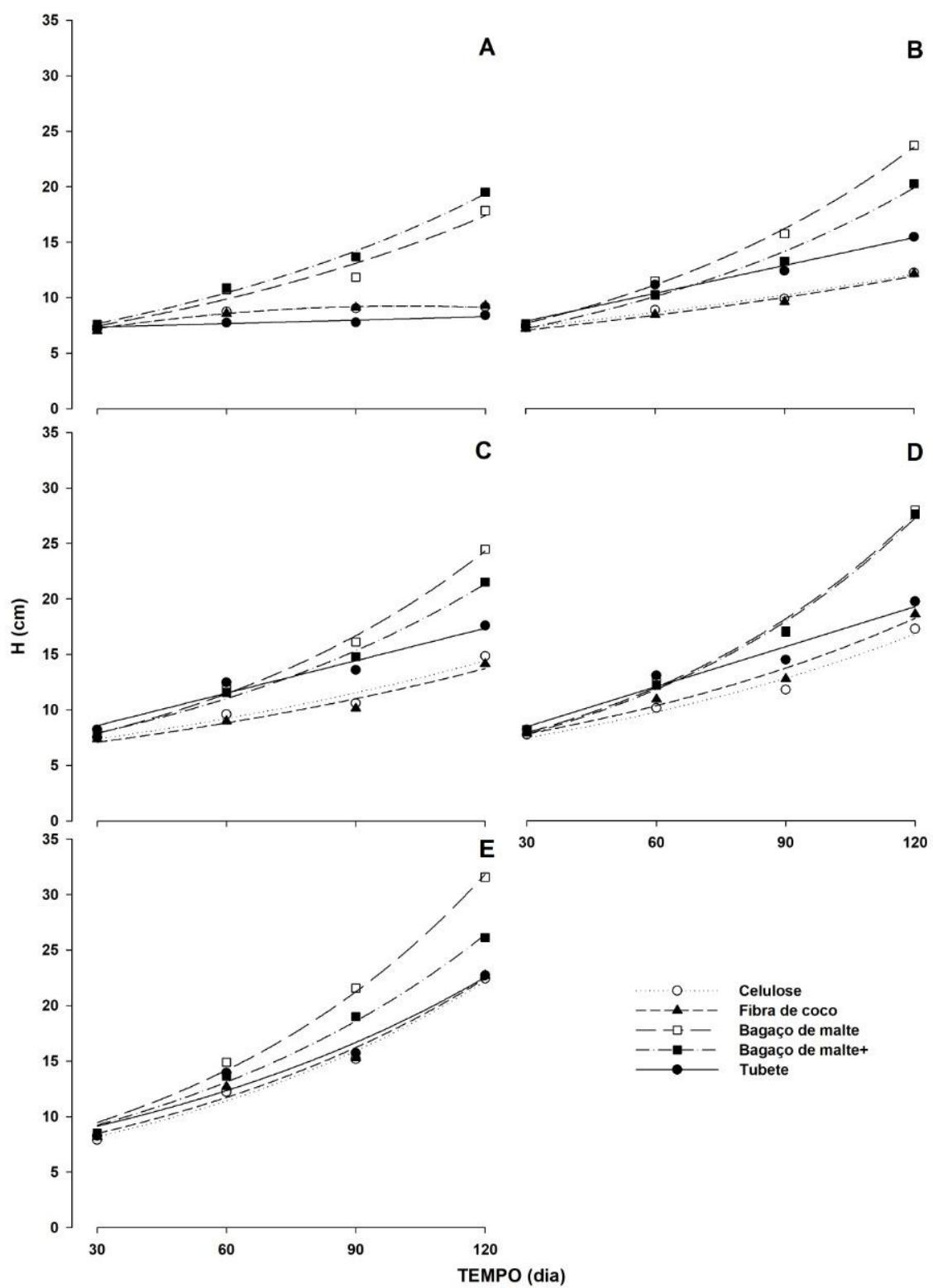


Figura 11. Crescimento em altura da parte aérea (H) de mudas *Libidibia ferrea* em função do tempo após a semeadura, nas doses de fertilização 0% (A), 25% (B), 50% (C), 75% (D) e 100% (E) nos recipientes de celulose, de fibra de coco, de bagaço de malte, de bagaço de malte plus e de polipropileno (tubete).

Tabela 9. Equações e medidas de precisão (coeficiente de determinação ajustado – r^2_{aj} e erro padrão de estimativa – S_{xy}) para os modelos de crescimento em altura nos diferentes recipientes e doses de fertilização em função do tempo.

Recipientes	Dose (%)	Equação	r^2_{aj}	S_{xy} (m)
Celulose	0	$H_0 = 5,0795 + 0,0833 x - 0,0004 x^2$	0,59	0,6596
Celulose	25	$H_{25} = 6,1869 + \exp^{(0,0056 x)}$	0,83	0,8187
Celulose	50	$H_{50} = 5,8831 + \exp^{(0,0075 x)}$	0,93	0,7257
Celulose	75	$H_{75} = 5,6810 + \exp^{(0,0090 x)}$	0,95	0,8346
Celulose	100	$H_{100} = 5,8529 + \exp^{(0,0111 x)}$	0,98	0,7619
Fibra de coco	0	$H_0 = 4,9095 + 0,0826 x - 0,0004 x^2$	0,91	0,2813
Fibra de coco	25	$H_{25} = 5,9120 + \exp^{(0,0058 x)}$	0,87	0,7216
Fibra de coco	50	$H_{50} = 5,6756 + \exp^{(0,0074 x)}$	0,92	0,7147
Fibra de coco	75	$H_{75} = 5,8798 + \exp^{(0,0094 x)}$	0,94	0,9606
Fibra de coco	100	$H_{100} = 6,1257 + \exp^{(0,0108 x)}$	0,97	0,9417
Bagaço de malte	0	$H_0 = 5,5941 + \exp^{(0,0095 x)}$	0,89	1,3467
Bagaço de malte	25	$H_{25} = 5,2802 + \exp^{(0,0125 x)}$	0,95	1,4044
Bagaço de malte	50	$H_{50} = 5,3979 + \exp^{(0,0125 x)}$	0,98	0,7901
Bagaço de malte	75	$H_{75} = 5,2330 + \exp^{(0,0138 x)}$	0,98	1,1629
Bagaço de malte	100	$H_{100} = 6,4338 + \exp^{(0,0132 x)}$	0,96	1,6384
Bagaço de malte+	0	$H_0 = 5,6372 + \exp^{(0,0103 x)}$	0,94	1,1639
Bagaço de malte+	25	$H_{25} = 5,1158 + \exp^{(0,0113 x)}$	0,87	1,8833
Bagaço de malte+	50	$H_{50} = 5,6816 + \exp^{(0,0110 x)}$	0,92	1,5593
Bagaço de malte+	75	$H_{75} = 5,1300 + \exp^{(0,0139 x)}$	0,95	1,7325
Bagaço de malte+	100	$H_{100} = 6,5084 + \exp^{(0,0117 x)}$	0,97	1,1535
Tubete polipropileno	0	$H_0 = 7,0510 + 0,0103 x$	0,38	0,4348
Tubete polipropileno	25	$H_{25} = 5,3610 + 0,0835 x$	0,94	0,7203
Tubete polipropileno	50	$H_{50} = 5,6630 + 0,0974 x$	0,94	0,8595
Tubete polipropileno	75	$H_{75} = 4,8800 + 0,1201 x$	0,95	0,9708
Tubete polipropileno	100	$H_{100} = 6,7626 + \exp^{(0,0100 x)}$	0,95	1,2384

Pelo incremento no crescimento e na qualidade das mudas observado, não se justificaria reduzir a fertilização recomendada, pois em função das relações lineares nota-se que a adubação utilizada não foi suficiente para atingir o máximo desenvolvimento das mudas. Porém, considerando o padrão sugerido por Ferraz e Engel (2011) com *Parapiptadenia rigida* (Fabaceae) utilizando tubete de 110 cm³ aos 130 dias após

emergência com a altura de 23 cm e diâmetro de colo mínimo de 4 mm, nota-se que as mudas dos recipientes de bagaço de malte atingiram os padrões de qualidade aos 120 dias com 25% de fertilização, assim como aos 90 dias com 100% de fertilização, o que acarreta na redução no tempo de produção de mudas, sendo uma vantagem operacional e econômica.

6.3. Crescimento em vaso

Não houve efeito do tipo de recipiente, do polímero hidrorretentor (hidrogel) e da interação entre eles, para todas as variáveis, com exceção da variável MSPA que foi influenciada pelo polímero (Tabela 10).

Tabela 10. Valor F calculado da análise de variância para as variáveis mensuradas dos vasos aos 150 dias.

Fonte de variação	GL	H	DC	MSPA	MSR	MST	MSPA:MSR
Polímero (Pol)	1	2,867 n.s.	2,293 n.s.	4,599*	0,383 n.s.	2,508 n.s.	0,497 n.s.
Recipiente (Rec)	3	2,374 n.s.	1,189 n.s.	0,973 n.s.	1,458 n.s.	1,350 n.s.	1,213 n.s.
Pol x Rec	3	0,579 n.s.	0,282 n.s.	1,047 n.s.	0,068 n.s.	0,480 n.s.	0,267 n.s.
Resíduo	32						

n.s.: não significativo à 5% de probabilidade pelo teste F; * significativo à 5% de probabilidade pelo teste F

Apesar de não ter sido encontrada diferença estatística, tanto entre recipientes, como entre presença/ausência de polímero hidrorretentor, os valores das médias de H e de DC foram maiores nos recipientes de BM e na ausência de polímero (Figura 12), assim como as massas secas (Figura 13). Esses resultados indicam uma possível nutrição das mudas pela matéria prima de BM e que não houve restrição hídrica durante a condução do experimento, em função do volume de precipitação que ocorreu (Figura 14), o que justifica que a presença do polímero não representou ganho no crescimento das plantas.

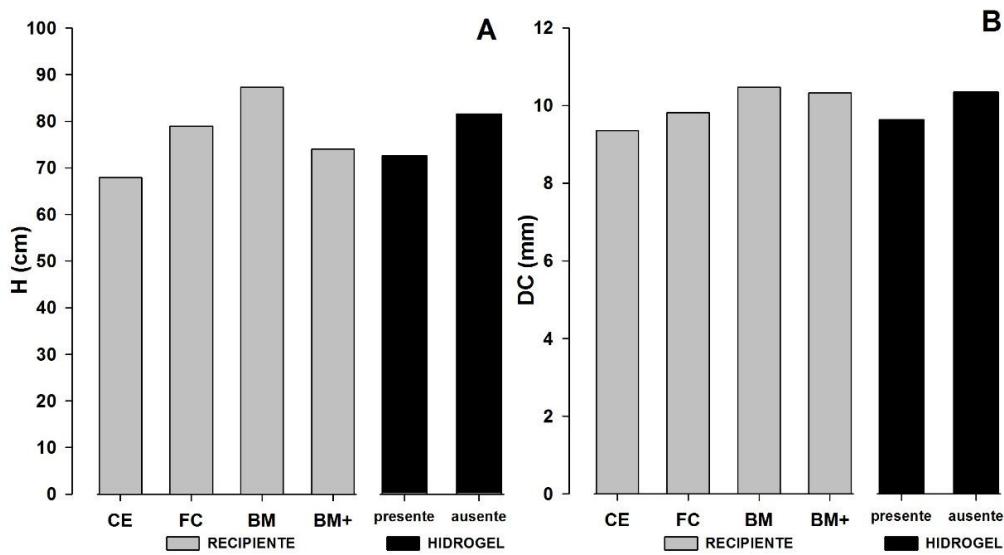


Figura 12. Altura (H) (A) e diâmetro do colo (DC (B) de plantas de *Libidibia ferrea* em vasos aos 150 dias após o plantio precoce na presença/ausência de polímero hidrorretentor utilizando os recipientes de celulose (CE), de fibra de coco (FC), de bagaço de malte (BM) e de bagaço de malte plus (BM+).

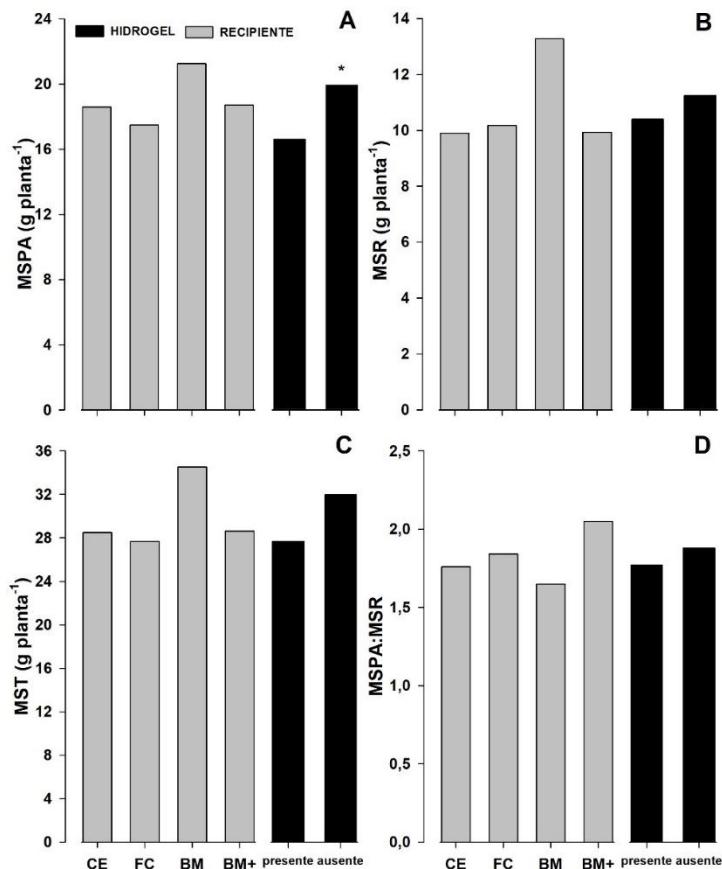


Figura 13. Massa seca da parte aérea (MSPA) (A), massa seca radicular (MSR) (B), massa seca total (MST) (C) e relação entre a massa seca da parte aérea e a massa seca radicular (MSPA:MSR) (D) de plantas de *Libidibia ferrea* em vasos aos 150 dias após o plantio precoce na presença/ausência de polímero hidrorretentor utilizando os recipientes de celulose (CE), de fibra de coco (FC), de bagaço de malte (BM) e de bagaço de malte plus (BM+).

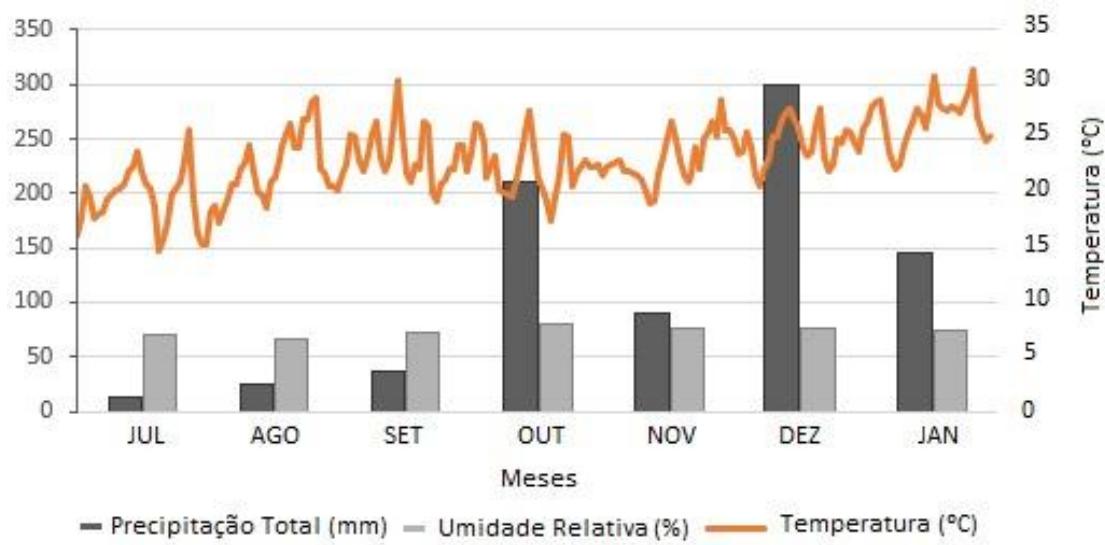


Figura 14. Dados climáticos do município de Seropédica-RJ referentes ao período de execução dos experimentos com *Libidibia ferrea*.

Alguns resultados de pesquisa têm sido contraditórios quanto algumas utilizações dos polímeros hidrorretentores, uma vez que diversos fatores afetam o seu desempenho, como o modo de aplicação (hidratado ou seco, no fundo da cova de plantio ou misturado ao substrato), disponibilidade de água, concentração de sais presentes no solo e na água a ser usada, bem como resistência que o meio oferece à expansão do polímero (VALE et al., 2006). Entretanto, Bernardi et al. (2012) concluíram que a adição de 6 g L⁻¹ de polímero hidrorretentor misturado ao substrato ocasionou efeito positivo para altura da parte aérea e diâmetro de colo em mudas de *Corymbia citriodora* aos 126 dias após a semeadura, diferindo do presente experimento.

No estudo de Mendonça et al. (2016) para avaliar a viabilidade técnica do uso de recipientes biodegradáveis, feitos de resíduos de fibras de *Attalea funifera* Martius, na produção de mudas de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, foi obtido na simulação de campo que os valores de massa seca da parte aérea e massa seca total não diferiram em função dos recipientes testados, sugerindo a potencialidade de utilização dos recipientes à base de piaçava para produção de mudas. Também foi observado que o recipiente produzido a partir do resíduo de fibra de piaçava resultou em mudas com menores deformações no sistema radicular, o que foi atribuído à maior permeabilidade de suas paredes.

Visualmente foi pouco perceptível a diferença entre os tratamentos, tanto na ausência do polímero hidrorretentor como também na presença (Figura 15).

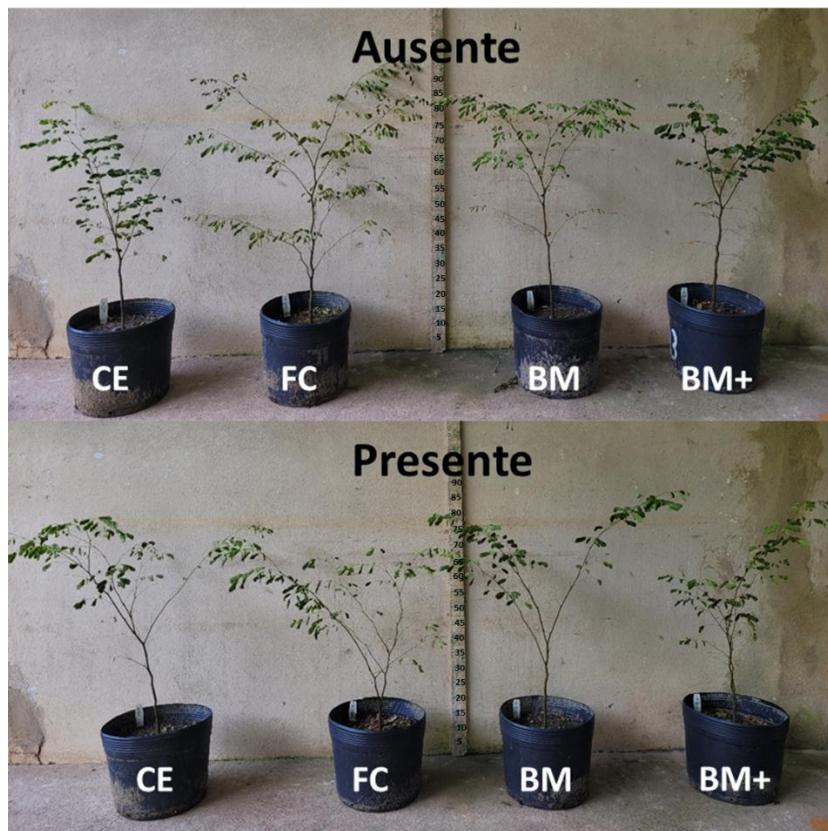


Figura 15. Crescimento de plantas de *Libidibia ferrea* em vasos aos 150 dias após o plantio precoce na presença/ausência de polímero hidrorretentor utilizando os recipientes de celulose (CE), de fibra de coco (FC), de bagaço de malte (BM) e de bagaço de malte plus (BM+).

Pela análise de regressão observou-se incremento exponencial das varáveis H e DC ao longo do período experimental (Figura 16 e Tabela 11) para todas as plantas, independentemente do tipo de recipiente utilizado. Isso indica que as mudas continuariam crescendo se tivessem sido mantidas em campo.

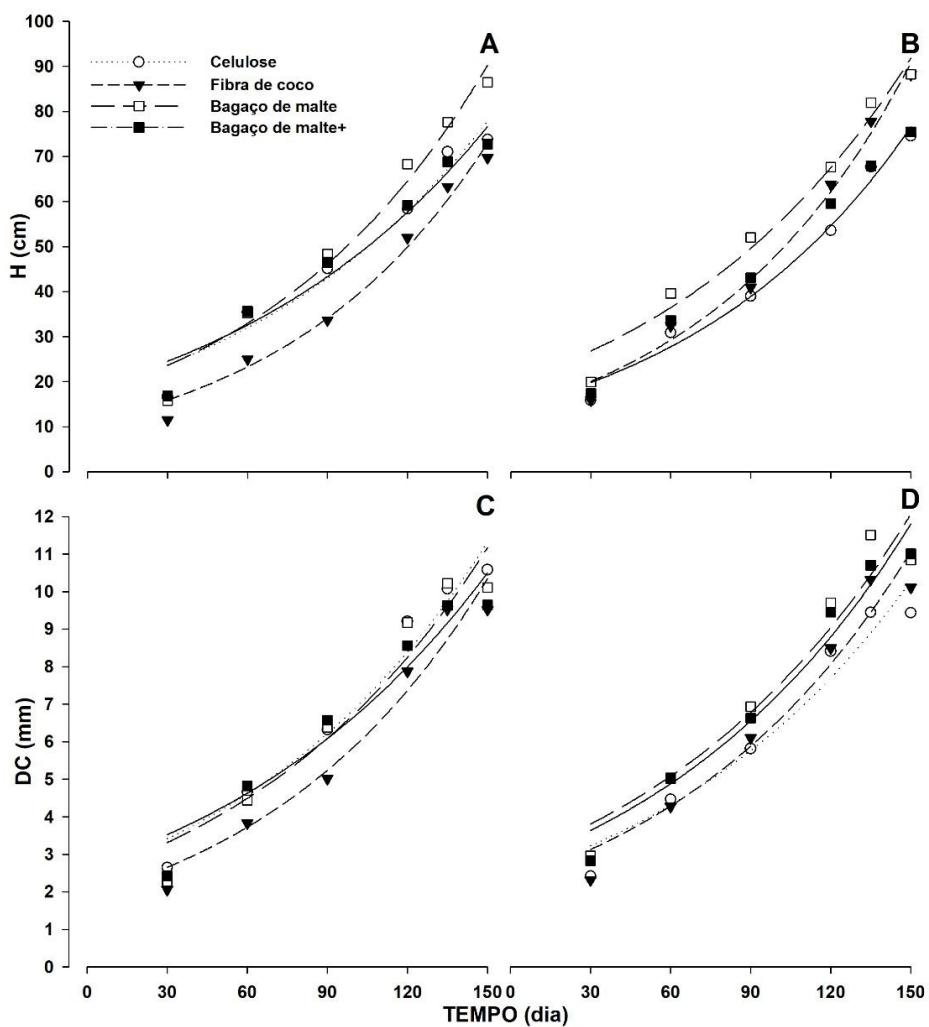


Figura 16. Crescimento em altura na presença (A) e na ausência (B), e em diâmetro de colo na presença (C) e ausência (D), de polímero hidrorretentor, de plantas de *Libidibia ferrea* em vasos dos 30 aos 150 dias após o plantio precoce.

Tabela 11. Equações e medidas de precisão (coeficiente de determinação ajustado – r^2_{aj} e erro padrão de estimativa – S_{xy}) para os modelos de crescimento em altura e em diâmetro do colo nos diferentes recipientes com presença e ausência de polímero hidrorretentor em função do tempo.

Recipiente	Polímero	Equação	r^2_{aj}	S_{xy}
		Altura (H)		cm
Celulose	presente	$H_{celulose} = 17,6114 * \exp^{(0,0099x)}$	0,90	6,6789
Fibra de coco	presente	$H_{fibra} = 10,8707 * \exp^{(0,0127*x)}$	0,90	7,1869
Bagaço de malte	presente	$H_{malte} = 16,8503 * \exp^{(0,0112*x)}$	0,81	11,7525
Bagaço de malte+	presente	$H_{malte+} = 18,4209 * \exp^{(0,0095*x)}$	0,72	12,1021
Celulose	ausente	$H_{celulose} = 14,0876 * \exp^{(0,0113*x)}$	0,69	13,8718
Fibra de coco	ausente	$H_{fibra} = 13,7144 * \exp^{(0,0126*x)}$	0,82	12,0442

Bagaço de malte	ausente	$H_{malte} = 19,6628 * \exp^{(0,0103*x)}$	0,80	12,0345
Bagaço de malte+	ausente	$H_{malte+} = 16,7138 * \exp^{(0,0103*x)}$	0,88	7,6261
Diâmetro do colo (DC)				
Celulose	presente	$DC_{celulose} = 2,5318 * \exp^{(0,0100*x)}$	0,92	0,8785
Fibra de coco	presente	$DC_{fibra} = 1,8858 * \exp^{(0,0113*x)}$	0,91	0,9073
Bagaço de malte	presente	$DC_{malte} = 2,4461 * \exp^{(0,0101*x)}$	0,85	1,2134
Bagaço de malte+	presente	$DC_{malte+} = 2,6818 * \exp^{(0,0091*x)}$	0,82	1,2349
Celulose	ausente	$DC_{celulose} = 2,4147 * \exp^{(0,0097*x)}$	0,74	1,5585
Fibra de coco	ausente	$DC_{fibra} = 2,2764 * \exp^{(0,0105*x)}$	0,86	1,1839
Bagaço de malte	ausente	$DC_{malte} = 2,8500 * \exp^{(0,0096*x)}$	0,89	1,0801
Bagaço de malte+	ausente	$DC_{malte+} = 2,7073 * \exp^{(0,0098*x)}$	0,85	1,2844

Ao serem comparados os dois experimentos, além da vantagem da eliminação toda a fase de produção de mudas em viveiro, reduzindo custos, percebe-se que com o mesmo tempo de produção (120 dias) as mudas em vaso cresceram muito mais (cerca de 420%) que as mudas com 0% de fertilização e também que as mudas com 100% de fertilização (cerca de 190%). Além do volume a mais de substrato do vaso que foi explorado pelas raízes (Figura 7), o uso do biofertilizante dentro dos recipientes pode ter sido capaz de igualar as diferentes condições por meio do fornecimento de nutrientes devido sua rica composição (Tabela 5). Outros estudos já atestaram a eficácia do biofertilizante em suprir a necessidade de fertilização de mudas e sua superioridade em comparação aos substratos comerciais.

Sousa et al. (2019) em experimento com mudas de açoita-cavalo (*Luehea divaricata* Mart.) produzidas com biossólidos de duas estações de tratamento de esgoto observaram para os parâmetros H, AF, MSPA, MSR, MST e IQD que as mudas produzidas com o biossólido de ambas as ETEs obtiveram valores maiores que as produzidas com substrato comercial. Segundo Santos et al. (2014) o biossólido, proporciona aumento da fertilidade dos substratos com o aumento de teores dos nutrientes. Seu uso como substrato para a produção de mudas florestais contribui para o melhor desenvolvimento das mudas devido sua aeração e macroporosidade, boa qualidade dos torrões formados e facilidade de liberação da muda (SCHEER; CARNEIRO; SANTOS, 2010), além de parte de seus nutrientes se encontrar na forma orgânica, tendo, portanto, liberação gradativa (ABREU et al., 2019; CARVALHO; BARRAL, 1981). Outra vantagem é a minimização de problemas com a contaminação ambiental por elementos potencialmente tóxicos, visto

que a quantidade de substrato contida nos recipientes é insignificante perto do volume de solo em que essas mudas são plantadas (ROCHA et al., 2013).

7. CONCULÕES

Mudas produzidas nos recipientes de resíduos orgânicos obtiveram crescimento e qualidade igual e, na maioria das variáveis, superior às mudas produzidas em recipiente de polipropileno.

As mudas produzidas nos recipientes de bagaço de malte obtiveram melhor crescimento e qualidade que os demais recipientes.

Os recipientes de resíduos orgânicos forneceram nutrientes para as mudas, porém de forma geral, houve resposta linear e exponencial para o aumento da fertilização, não sendo possível determinar o ponto máximo para a espécie em estudo.

Não há necessidade de suplementação de fósforo no recipiente de bagaço de malte.

O método de plantio precoce, simulado em vasos, se mostrou uma potencial alternativa ao processo convencional de produção de mudas, independentemente do tipo recipiente.

A incorporação de polímero hidrorretentor ao processo de plantio precoce não proporcionou maior crescimento das plantas.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ainda são necessários estudos de campo para verificar o desenvolvimento das mudas após o plantio.

Experimentos aumentando as doses de fertilização seriam interessantes para se determinar qual o tempo mínimo de produção das mudas nos recipientes testados, para a espécie do estudo.

Visando o aprimoramento dos recipientes de resíduos orgânicos, sugere-se a realização de algumas mudanças estruturais, como no formato, para que sejam adequados às bandejas das bancadas suspensas já utilizadas nos viveiros e ao maquinário de plantio. Também sugere-se estudar diferentes capacidades volumétricas, assim como a gama de espécies.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, A. H. M. de; ALONSO, J.M.; MELO, L.A. de; LELES, P.S. dos S.; SANTOS, G. R. dos. Caracterização de biossólido e potencial de uso na produção de mudas de *Schinus terebinthifolia* Raddi. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, [s.l.], v. 24, n. 3, p.591-599, 2019.
- ABREU, A. H. M. et al. Resíduos sólidos urbanos na produção de mudas de *Lafoensia pacari*. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v. 21, n. 2, p. 83-87, fev. 2017.
- ALIYU, S.; BALA, M. Brewer's spent grain: A review of its potentials and applications. **African Journal of Biotechnology**, v. 10, n. 3, p. 324–331, 2011.
- BARROSO, D. G.; BARROSO, D.; CARNEIRO, A. A.; NOVAES, A. B. Efeitos do recipiente sobre o desempenho pós-plantio de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. e *E. urophylla* S.T. Blake. **Revista Árvore**, v. 24, n. 3, p. 291-296, 2000.
- BEDIN, M. G. **Compósitos com polietileno de baixa densidade e fibra de coco in natura e modificada**. 2014. 75f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Materiais) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Rio de Janeiro.
- BENINI, K. C. C. **Desenvolvimento e caracterização de compósitos poliméricos reforçados com fibras lignocelulósicas: HIPS/fibra da casca do coco verde e bagaço de cana de açúcar**. 2011. 105f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP), Guaratinguetá.
- BERNARDI, M. R.; SPEROTTO JÚNIOR, M.; DANIEL, O.; VITORINO, A. C. T. Crescimento de mudas de *Corymbia citriodora* em função do uso de hidrogel e adubação. **Cerne**, v.18, n.1, p.67-74, 2012.
- BIRCHLER, T.; ROSE, R. W., ROYO, R.; PARDOS, M. La planta ideal: revision del concepto, parametros definitorios e implementacion practica. **Investigacion Agraria, Sistemas y Recursos Forestales**, v. 7, n. 1, p. 109-121, 1998.
- BRASIL, U.M.; SIMÕES, J.W.; SPELTZ, R.M. Tamanho adequado dos tubetes de papel na formação de mudas de eucalipto. **IPEF** n.4, p.29-34, 1972.

BRUST, L. A. C. et al. Enfermidades em Bovinos Associadas ao Consumo de Resíduos de Cervejaria. Pesquisa **Veterinaria Brasileira**, v. 35, n. 12, p. 956–964, 2015.

CARDOSO, M. S.; GONÇALVEZ, J. C. Aproveitamento da casca do coco-verde (*Cocos nucifera* L.) para produção de polpa celulósica. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 1, p. 321-330, jan.-mar., 2016.

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

CARVALHO, D. F, SILVA D. G, SOUZA, A. P, GOMES, D. P, ROCHA, H. S. Coeficientes da equação de Angström-Prescott e sua influência na evapotranspiração de referência em Seropédica, RJ. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**, v 15, n 8, p 108-116, 2011.

CARVALHO, P. C. T.; BARRAL, M. F. Aplicação de lodo de esgoto como fertilizante. **Fertilizantes**, Piracicaba, v. 3, n.2, p. 1-4, 1981.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. 1. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. v. 1, 1039 p.

CASTILHOS, L. F. F., Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas, **Dossiê técnico: aproveitamento da fibra de coco**, Instituto de Tecnologia do Paraná – TECPAR, p. 3-8, 2011.

CASTRO, C. D. P. D. C. **Avaliação da fibra de coco verde como material de acolchoamento em sistemas de embalagens para mamão e manga**. 2011. 121 f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011.

CASTRO, H. F. de. **Processos Químicos Industriais II: Papel e Celulose**. Universidade de São Paulo, Lorena, 2009.

CERVBRASIL. **Anuário da cerveja no Brasil - 2016**. Disponível em: <www.cervbrasil.org.br/novo_site/anuarios/CervBrasil-Anuario2016_WEB.pdf>. Acesso em: 15 set. 2021.

CONTI, A. C.; REIS, R. C. S.; CONTI, C.; DANIEL NETO, R. F.; ARANTES, A. K. Análise do desenvolvimento e da viabilidade econômica do plantio de mudas de árvores em tubetes biodegradáveis. **RETEC**, Ourinhos-SP, v. 5, n. 1, p. 113-121, 2012.

CORDEIRO, L. G.; EL-AOUAR, A. A.; GUSMÃO, R. P. Caracterização do bagaço de malte oriundo de cervejarias. **Revista Verde (Mossoró – RN)**, v. 7, n. 3, p. 20-22, jul-set, 2012.

COSTA, C. C.; ALMEIDA, L. E.; CASTRO, V. R. Avaliação dos parâmetros morfológicos de espécies nativas da Mata Atlântica em tubetes biodegradáveis. **Revista Ambientale**, v. 12, n. 4, p. 44-54, 2020.

COSTA, L. A. M.; OSTA, M. S. S. M.; PEREIRA, D. C.; BERNARDI, F. H.; MACCARI, S. Avaliação de substratos para a produção de mudas de tomate e pepino. **Revista Ceres**, v. 60, p. 675-682, 2013.

CREPALDI, I. C.; SANTANA, J. R. F.; LIMA, P. B. Quebra de dormência de sementes de pau-ferro (*Caesalpinia ferrea* Mart. ex Tul. – Leguminosae, Caesalpinoideae). **Sitientibus**, Feira de Santana, n.18, p.19-29, 1998.

DIAS, B. A. S. **Análise comparativa de tubetes biodegradáveis e de polietileno na produção de mudas de *Paratecoma peroba* (Record & Mell) Kuhlm.** 2011. 84 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.

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

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**, 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro: Embrapa: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 112 p. (Documentos, 1).

FAGURY, R. V. G. **Avaliação de fibras naturais para a fabricação de compósitos: açaí, coco e juta.** 2005. 49f. Dissertação (Mestrado Engenharia Mecânica). Universidade Federal do Pará, 2005.

FERRAZ, A. V.; ENGEL, V. L. Efeito do tamanho de tubetes na qualidade de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L. var. silbocarpa (Hayne) Lee at Lang), ipê-amarelo (*Tabebuia chrysotricha* (Mart. Ex DC.) Sandl.) e guarucaia (*Parapiptadenia rigida* (Benth) Brenan). **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 35, n. 3, p. 413-423, 2011.

FLORES, H.J.M.; MAGAÑA, J.J.G.; ÁVALOS, V.M.C.; GUTIÉREZ, G.O.; VEGA, Y.Y.M. Características morfológicas de plântulas de dos especies forestales tropicales

propagadas em contenedores biodegradables y charolas styroblock. **Rev. Mex. Cien. For.**, v.2, n.8, 2011.

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

GOMES, J. M.; BORGES, R.C.G.; FREITAS, S.C. Influência do tamanho da embalagem plástica na produção de mudas de Ipê (*Tabebuia serratifolia*) de Copaíba (*Copaifera langsdorffii*) e de Angico Vermelho (*Piptadenia peregrina*). **Revista Árvore**, v. 14, n. 1, p. 26-34, 1990.

GOMES, J. M.; COUTO, L.; LEITE, H. G.; XAVIER, A.; GARCIA, S.L.R. Crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes tamanhos de tubetes e fertilização N-P-K. **Revista Árvore**, v. 27, n. 2, p. 113-127, 2003.

GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. **Viveiros florestais (propagação sexuada)**. Viçosa: UFV, 3 ed., 116 p., 2004.

GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. Nutrição e fertilização florestal. Piracicaba: IPEF, 2000. 427p. HUNT, G. A. Effect of styroblock design and cooper treatment on morphology of coniferseedlings. In: ROSE, R. et al. (Ed.). **Proceedings...** Fort Collins: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, p. 218-222, 1990.

IATAURO, R.A. **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.

IBÁ – Indústria Brasileira de Árvores. **Relatório Anual 2020**. Disponível em: <<https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio-iba-2020.pdf>>. Acesso em 15 de setembro de 2021.

KIRIN HOLDINGS COMPANY. **Kirin Beer University Report Global Beer Production by Country in 2016.** Disponível em: <https://www.kirinholdings.co.jp/english/news/2017/0810_01.html>. Acesso em: 15 set. 2021.

KLOCK, U.; MUÑIZ, G. I. B.; HERNANDEZ, J. A.; ANDRADE, A. S. **Química da Madeira**. 3^a Ed. UFPN – DETF, Curitiba, 2005.

KUNZE, W. **Technology Brewing and Malting**. 5. ed. Berlin: VLB Berlin, 2014.

LIMA, M. L. S. et al. 2019. Germinação e vigor de sementes de *Caesalpinia ferrea* Mart. ex. Tul. var. ferrea submetidas a diferentes regimes de luz e temperaturas. **Ciência Florestal**, 29(3):1180-1186.

LIMA, P. A. F.; GATTO, A.; ALBUQUERQUE, L. B.; MALAQUIAS, J. V.; AQUINO, F. G. Crescimento de mudas de espécies nativas na restauração ecológica de matas ripárias. **Neotropical Biology and Conservation**, v. 11, n. 2, p.72-79, 2016.

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

LORENZI, H. 2020. **Árvores Brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 8.ed. Nova Odessa: Plantarum, 384p.

MARCUSSO, E. F.; MÜLLER, C. V. ANUÁRIO DA CERVEJA NO BRASIL 2018: Crescimento e Inovação. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**, n. 72, p. 6, 2019.

MARTINS, C. R.; JESUS JUNIOR, L. A. **Evolução da produção de coco no Brasil e o comércio internacional: panorama 2010**. Aracaju: 2011. 28 p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Documentos, 164)

MASSARDI, M. M., MASSINI, R. M. M., & Silva, D. de J. Caracterização química do bagaço de malte e avaliação do seu potencial para obtenção de produtos de valor agregado. **The Journal of Engineering and Exact Sciences**, v. 6, n.1, p.83–91, 2020.

MENDONÇA, A. V. R.; RIBEIRO, L. G.; ASSUNÇÃO, J. R. A.; FREITAS, T. A. S.; SOUZA, J. S. Recipiente de fibras de *Attalea funifera* para produção de mudas de eucalipto. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 36, n. 87, p. 245–252, 2016.

MOREIRA, E. J. C.; MAYRINCK, R. C.; MELO, L. A.; TEIXEIRA, L. A. F.; DAVIDE, A. C. Desenvolvimento de mudas de angico vermelho no campo produzidas em tubetes biodegradáveis. In: X CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 2011, São Lourenço/MG. **Resumos...** São Lourenço: Sociedade de Ecologia do Brasil, 2011.

MUSSATTO, S. I.; DRAGONE, G.; ROBERTO, I. C. Brewers' spent grain: Generation, characteristics and potential applications. **Journal of Cereal Science**, v. 43, n. 1, p. 1–14, 2006.

MUSSATTO, S. I.; ROBERTO, I. C. Chemical characterization and liberation of pentose sugars from brewer's spent grain. **Journal of Chemical Technology and Biotechnology**, v. 81, n. 3, p. 268–274, 2006.

NOVAES, A. B. **Avaliação morfológica da qualidade de mudas de *Pinus taeda* L. produzidas em raiz nua e em diferentes tipos de recipientes.** 1998. 133p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1998.

NOVAES, A. B., SILVA, H. F., SOUSA, G. T. O., AZEVEDO, G. B. Qualidade de mudas de Nim Indiano produzidas em diferentes recipientes e seu desempenho no campo. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 44, n. 1, p.101–110, 2014.

PARPINELLI, W. **Utilização de resíduo seco de cervejaria na alimentação de frangos de corte.** Dois Vizinhos: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2016.

PARTON, W.; SILVER, W.L.; BURKE, I.C.; GRASSENS, L.; HARMON, M.E.; CURRE, W.S.; KING, J.Y.; ADAIR, E.C.; BRANDT, L.A.; HART, S.C.; FASTH, B. Global scale similarities in nitrogen release patterns during longterm decomposition. **Science**, 135:361-364, 2007.

PEREIRA, L. P. et al. 2016. Modulator effect of a polysaccharide-rich extract from *Caesalpinia ferrea* stem barks in rat cutaneous wound healing: Role of TNF- α , IL-1 β , NO, TGF- β . **Journal of Ethnopharmacology**, 187:213-223.

QIN, F.; JOHANSEN, A. Z.; MUSSATTO, S. I. Evaluation of different pretreatment strategies for protein extraction from brewer's spent grains. **Industrial Crops and Products**, v. 125, n. June, p. 443–453, 2018.

REINOLD, M. R. **Manual Prático de Cervejaria.** 1. ed. São Paulo: ADEN Editora e Comunicações Ltda, 1997.

REIS, M.G.F.; REIS, G.G.; REGAZZI, A.J.; LELES, P.S.S. Crescimento e forma de fuste de mudas de jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* Fr. Allem.) sob diferentes níveis de sombreamento e tempo de cobertura. **Revista Árvore**, v. 15, n.1, p. 23-34, 1991.

ROCHA, J.H.T.; BACKES, C.; DIOGO, F.A.; PASCOTTO, C.B.; BORELLI, K. Composto de lodo de esgoto como substrato para mudas de eucalipto. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 33, n. 73, p. 27-36, 2013.

ROSA, M. de F.; ABREU, F. A. P. DE; FURTADO, A. A. L.; BRÍGIDO, A. K. L.; NORÕES, E. R. de V. **Processo agroindustrial: obtenção de pó de casca de coco verde**. Fortaleza: Embrapa Agroindustria Tropical, 2001. 3p. (Comunicado Técnico, 61).

SANTOS, F.E.V.; KUNZ, S.H.; CALDEIRA, M.V.W.; AZEVEDO, C.H.S.; RANGEL, O.J.P. Características químicas de substratos formulados com lodo de esgoto para produção de mudas florestais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 9, p. 971-979, 2014.

SANTOS, R.A. **Qualidade de mudas clonais de *Eucalyptus* spp. produzidas nos sistemas Ellepot® e Tubetes**. 2018. 73p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, 2018.

SCHEER, M. B.; CARNEIRO, C.; SANTOS, K G. Substratos à base de lodo de esgoto compostado na produção de mudas de *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.38, n.88, p. 637 – 644, 2010.

SENHORAS, E. M. Oportunidades da Cadeia Agroindustrial do Coco Verde: do coco verde nada se perde, tudo se desfruta. **Revista Urutágua**, Maringá, n.5, 2004.

SILVA, R. M. et al. 2017. Aspectos biométricos de frutos e sementes de *Caesalpinia ferrea* Mart. ex Tul. Provenientes do semiárido baiano. **Revista de Agricultura Neotropical**, 4(3): 85-91.

SILVA, R. V.; SPINELLI, D.; BOSE FILHO, W. W.; CLARO NETO, S.; CHIERICE, G. O.; TARPANI, J. R. Fracture toughness of natural fibers/castor oil polyurethane composites. **Composites Science Tecnology, Barking**, v.66, n.10, p.1328-1335, 2006.

SIMÕES, D.; SILVA, M.R. Análise técnica e econômica das etapas de produção de mudas de eucalipto. **Cerne**, v. 16, n. 3, p. 359-366, 2010.

SOUZA, T. J. S.; ALONSO, J. M.; LELES, P. S. S.; ABEL, E. L. da S.; RIBEIRO, J. G.; SANTANA, J. E. da S. Mudas de *Luehea divaricata* produzidas com biossólido de duas estações de tratamento de esgoto. **Advances in Forestry Science**, [s.l], v. 6, n. 2, p. 595-601, 2019.

VALE, G. F. R. et al. Avaliação da eficiência de polímeros hidrorretentores no desenvolvimento do cafeiro em pós-plantio. **Coffee Science**, Lavras, v.1, n.1, p.7-13, jan./jun. 2006.

VIÉGAS, L.B. **Viabilidade do recipiente biodegradável na produção de mudas florestais nativas.** 2015. 157p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2015.

WILKINSON, S.; SMART, K. A.; COOK, D. J. A comparison of dilute acid- and alkali-catalyzed hydrothermal pretreatments for bioethanol production from brewers' spent grains. **Journal of the American Society of Brewing Chemists**, v. 72, n. 2, p. 143–153, 2014.

WENDLING, I.; DUTRA, L. F. Produção de mudas de eucalipto por sementes. In: WENDLING, I.; DUTRA, L. F. (org.). **Produção de mudas de eucalipto.** 2. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2017. p. 13-46.