

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

CLÉBERSON PORATH

CRESCIMENTO DE MUDAS DE *Ilex paraguariensis* A. ST. -HIL. PRODUZIDAS EM  
DIFERENTES RECIPIENTES E SUBSTRATOS

CURITIBA

2022

CLÉBERSON PORATH

CRESCIMENTO DE MUDAS DE *Ilex paraguariensis* A. ST. -HIL. PRODUZIDAS EM  
DIFERENTES RECIPIENTES E SUBSTRATOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Dagma Kratz

Coorientadora: Dr<sup>a</sup>. Mônica Moreno Gabira

CURITIBA

2022



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL

## PARECER

Defesa nº 296

A Banca Examinadora, instituída pelo Colegiado do Curso de Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, após arguir **Cléberon Porath** em relação ao seu Trabalho de Conclusão de Curso intitulado **Crescimento de mudas de *Ilex paraguariensis* A. St. -Hil. produzidas em diferentes recipientes e substratos**, é de parecer favorável à **APROVAÇÃO** na Disciplina ENGF010 - Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Florestal, condicionada a entrega da versão final corrigida.

*Manoela Mendes Duarte*

Profa. Dra. Manoela Mendes Duarte  
1. Avaliadora

*Letícia Siqueira Walter*

Profa. Me. Letícia Siqueira Walter  
2. Avaliadora

*Dagma Kratz*

Profa. Dra. Dagma Kratz  
Orientadora - Presidente da Banca

Curitiba, 09 de setembro de 2022.

*Allan Libanio Pelissari*

Prof. Dr. Allan Libanio Pelissari  
Vice-Coordenador do Curso de Engenharia Florestal em exercício

À minha mãe, Marlice Porath e ao meu pai, Herbert Porath que diante de todas as dificuldades e obstáculos da vida não hesitaram em me dar apoio e acreditaram na realização de um dos maiores objetivos e conquistas da minha vida.

À minha “oma” Mafalda (*in memoriam*) pelo carinho e por sua dedicação. Sua história de vida foi inspiração desde o começo desta trajetória acadêmica.

## AGRADECIMENTOS

À Deus, pela graça da vida, por sempre me conduzir para a direção certa, por nunca ter me deixado desistir dos objetivos apesar da árdua e dolorosa caminhada. A fé no Senhor que se renova diariamente me fortalece e me sustenta.

Aos meus pais, pelo suporte dado durante esse período, especialmente nos momentos mais difíceis. Que abdicaram de seus próprios objetivos para me apoiar nessa jornada e por depositarem todo o amor e confiança nos meus sonhos. Sou grato especialmente à minha mãe, que se tornou uma mulher mais forte a cada ano e está lutando incansavelmente contra as adversidades impostas pela vida. Bem como ao meu irmão Heinrich e à minha cunhada Alessandra pelo apoio durante essa fase.

Ao meu amigo e irmão de coração Gabryel, pela amizade genuína desde a infância que só se fortaleceu ao longo de todos os anos, apesar da distância. E ao Haron pelo laço imutável de amizade que construímos, que permanecerá como uma das pessoas mais marcantes da vida. Sua alegria, seu sorriso, seu carisma são contagiantes e ficarão guardados dentre os momentos mais felizes desse ciclo.

Aos meus amigos, Vinícius, Lucas, Martha, Heloísa, Leon e Luane pela amizade construída desde o primeiro semestre do curso. Todos vocês foram muito importantes e fazem parte dessa trajetória que está terminando. Com o apoio de cada um os dias se tornaram mais leves e possíveis de serem vencidos.

À minha orientadora Dagma Kratz, que acreditou no meu potencial e me agraciou com a chance de ingressar em seu laboratório. Agradeço pelas dicas, pelo conhecimento repassado, pelo apoio, pela compreensão, assim como pela amizade. Sua trajetória como pesquisadora, professora e pessoa é uma grande inspiração.

À minha coorientadora Mônica, por aceitar esse desafio, por todos os conselhos dados e por todos os apontamentos realizados. À Letícia pela assistência em análises estatísticas, tenha certeza de que sua alegria, energia e sobretudo sua amizade ficarão registrados na minha vida.

À Pró Reitoria de Assuntos Estudantis – PRAE que desde o primeiro semestre do curso forneceu subsídio financeiro. Bem como à Universidade Federal do Paraná que tornou possível a realização do sonho de cursar o ensino superior.

Aos que não foram citados e que fizeram parte dessa longa jornada, se sintam abraçados e saibam que sou muito grato pela contribuição de cada um, muitos fizeram e ainda farão parte de grandes momentos da extensa arte chamada vida.

Sei que o pra sempre virou pó,  
E na cabeça deu um nó, mas eu tô bem consciente,  
Me conformei que agora, e não depois vou ter que seguir em frente.

(MENDONÇA, 2018)

## RESUMO

Por ser o principal produto florestal não madeireiro do Sul do Brasil, a erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St. -Hil.) possui grande potencial socioeconômico, principalmente para pequenos produtores. Com o advento de novos produtos oriundos da espécie, se faz necessária a produção de mudas de qualidade para suprir a demanda criada com o aumento dos plantios comerciais. Assim, objetivou-se neste estudo avaliar o crescimento e a qualidade das mudas de erva-mate produzidas em recipientes BGC<sup>®</sup>, Plantpaper<sup>®</sup>, Paperpot<sup>®</sup>, saco plástico e tubetes de 55 cm<sup>3</sup> e 100 cm<sup>3</sup>, em combinação com substratos a base de turfa *Sphagnum* (Turfa) e a base de casca de *Pinus* semidecomposta (*Pinus*). O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial duplo 6x2 (recipientes e substratos). As mudas foram avaliadas mensalmente quanto à altura da parte aérea (H) e diâmetro de colo (DC) e ao final do seu período de produção, foram avaliadas a biomassa seca da parte aérea e radicular. A partir dos dados obtidos, foram calculados a biomassa seca total, a relação H/D e o índice de qualidade de Dickson (IQD). Os dados foram submetidos à análise de variância, seguida do teste de *Tukey* quando houve diferença significativa entre as médias. Mudanças de maior qualidade foram obtidas utilizando o substrato a base de turfa *Sphagnum* e o crescimento apresentou influência do volume dos recipientes, com as maiores mudas no recipiente saco plástico e Paperpot<sup>®</sup>.

Palavras-chave: Erva-mate. Produção de mudas. Viveiros.

## ABSTRACT

As the main non-timber forest product in southern Brazil, yerba mate (*Ilex paraguariensis* A. St. -Hil.) has a strong socioeconomic potential, especially for small producers. With the advent of new products from the species, it is necessary to produce high quality seedlings to meet the demand of increasing commercial plantations. Thus, the objective of this study was to evaluate growth and quality of yerba mate seedlings produced in containers: BGC<sup>®</sup>, Plantpaper<sup>®</sup>, Paperpot<sup>®</sup>, plastic bag and plastic tubes of 55 cm<sup>3</sup> and 100 cm<sup>3</sup>, in combination with substrates based on *Sphagnum* peat (Turfa) and semi-decomposed pine bark (*Pinus*). The experiment was carried out in a completely randomized design, in a 6x2 double factorial scheme (containers and substrates). Seedlings were evaluated monthly for shoot height (H) and root stem diameter (DC) and at the end of the production period, shoot and root dry biomass were evaluated. From the data obtained, total dry biomass, H/D ratio, and Dickson's Quality Index (IQD) were calculated. Data were submitted to analysis of variance, followed by Tukey test when there was significant differences between the averages. High-quality seedlings were obtained with *Sphagnum* peat substrate and growth was influenced by container volume, with the largest seedlings in plastic bag and Paperpot<sup>®</sup>.

Keywords: Yerba mate. Seedling production. Nurseries.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	- DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DE ERVA-MATE.....	14
FIGURA 2	- PARTICIPAÇÃO DO VALOR DE PRODUÇÃO POR PRODUTOS DO GRUPO DE ALIMENTÍCIOS (%). .....	16
FIGURA 3	- RECIPIENTES (A) BGC®; (B) PLANTPAPER®; (C) PAPERPOT®; (D) SACO PLÁSTICO; (E) TUBETE 55 cm <sup>3</sup> e (F) TUBETE 110 cm <sup>3</sup> UTILIZADOS NO ESTUDO.....	21
FIGURA 4	- MEDIÇÃO DE ALTURA (cm) E DIÂMETRO DE COLO (mm).....	23
FIGURA 5	- CRESCIMENTO ACUMULADO EM ALTURA TOTAL (cm) DE MUDAS DE ERVA-MATE, NOS RECIPIENTES (A) – BGC®; (B) - PLANTPAPER®; (C) - PAPERPOT®; (D) - SACO PLÁSTICO; (E) - TUBETE 55 cm <sup>3</sup> E (F) – TUBETE 110 cm <sup>3</sup> . .....	27
FIGURA 6	- CRESCIMENTO ACUMULADO EM DIÂMETRO DE COLO (mm) DE MUDAS DE ERVA-MATE, NOS RECIPIENTES (A) – BGC®; (B) - PLANTPAPER®; (C) - PAPERPOT®; (D) - SACO PLÁSTICO; (E) - TUBETE 55 cm <sup>3</sup> E (F) – TUBETE 110 cm <sup>3</sup> . .....	28
FIGURA 7	- COMPARAÇÃO DA QUALIDADE DE MUDAS EM RECIPIENTE RECIPIENTES (A) BGC®; (B) PLANTPAPER®; (C) PAPERPOT®; (D) SACO PLÁSTICO; (E) TUBETE 55 cm <sup>3</sup> e (F) TUBETE 110 cm <sup>3</sup> UTILIZADOS NO ESTUDO, AMBOS COM SUBSTRATO Turfa 180 DIAS APÓS O TRANSPLANTIO.....	32

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1	- ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA AS VARIÁVEIS ALTURA TOTAL (H), DIÂMETRO DE COLO (DC), BIOMASSA SECA AÉREA (BSA), BIOMASSA SECA RADICULAR (BSR), BIOMASSA SECA TOTAL (BST), RELAÇÃO ALTURA/DIÂMETRO (H/D) E ÍNDICE DE QUALIDADE DE DICKSON (IQD) PARA A PRODUÇÃO DE MUDAS DE ERVA-MATE 180 DIAS APÓS O TRANSPLANTIO, CULTIVADAS EM DIFERENTES SUBSTRATOS E RECIPIENTES.....	24
TABELA 2	- EFEITO DOS SUBSTRATOS E RECIPIENTES NA ALTURA (cm) E DIÂMETRO DE COLO (mm) DE MUDAS DE ERVA-MATE 180 DIAS APÓS O TRANSPLANTIO.....	25
TABELA 3	- BIOMASSA SECA AÉREA (BSA); BIOMASSA SECA RADICULAR (BSR) E BIOMASSA SECA TOTAL (BST) DE MUDAS DE ERVA-MATE 180 DIAS APÓS O TRANSPLANTIO CULTIVADAS EM DIFERENTES SUBSTRATOS E RECIPIENTES.....	29
TABELA 4	- EFEITO DOS SUBSTRATOS E RECIPIENTES NA RELAÇÃO ALTURA-DIÂMETRO (H/D) E ÍNDICE DE QUALIDADE DE DICKSON (IQD) DE MUDAS DE ERVA-MATE 180 DIAS APÓS O TRANSPLANTIO CULTIVADAS EM DIFERENTES SUBSTRATOS E RECIPIENTES.....	31

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
1.1	JUSTIFICATIVA.....	12
1.2	OBJETIVOS .....	12
1.2.1	OBJETIVO GERAL.....	12
1.2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	13
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>14</b>
2.1	A ESPÉCIE.....	14
2.2	PRODUÇÃO DE MUDAS DE ERVA-MATE .....	16
2.2.1	SUBSTRATOS .....	17
2.2.2	RECIPIENTES.....	19
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>21</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>24</b>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>34</b>
5.1	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	34
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>35</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St. -Hil.) é uma espécie cuja ocorrência natural abrange o Brasil, Paraguai e Argentina. No Brasil, a produção de erva-mate é de grande relevância socioeconômica, principalmente para pequenos produtores da região sul do país (FRITZSONS *et al.*, 2020; NASCIMENTO *et al.*, 2020). As folhas da erva-mate são consumidas tradicionalmente na forma de infusões quentes (chimarrão e chá) e frias (tererê) (BRUNI *et al.*, 2020; GULLÓN *et al.*, 2018; DUARTE *et al.*, 2020). Além dos usos tradicionais, a erva-mate tem sido utilizada pela indústria farmacêutica para a produção de medicamentos e cosméticos, aumentando assim o interesse no desenvolvimento de novas tecnologias associadas à espécie (GAWRON-GZELLA *et al.*, 2021). A propagação de mudas de erva-mate pode ser realizada por via seminal ou vegetativa, sendo a primeira mais usual (PENTEADO-JUNIOR; GOULART, 2019). Porém, a propagação seminal demanda um longo período de estratificação devido, principalmente, a dormência embrionária existente na espécie (FOWLER; BIANCHETTI 2000; FOWLER; STURION, 2000).

Devido à maior demanda por produtos oriundos da espécie, se faz necessária a produção de mudas de qualidade para atender o crescimento das áreas plantadas (SILVA *et al.*, 2020; LIMA FILHO *et al.*, 2019), sendo a qualidade um dos fatores mais sensíveis para o estabelecimento de plantios florestais de espécies exóticas ou nativas (CALDEIRA *et al.*, 2012; WINHELMANN *et al.*, 2022). Uma muda de qualidade deve apresentar características de capacidade de sobrevivência em campo, resistência a condições adversas e, no caso da erva-mate, apresentar alta produção foliar, pois esta é a principal matéria prima oriunda da espécie (WENDLING *et al.* 2020). Dentre as variáveis que influem na produção de mudas, o substrato e o recipiente devem ser escolhidos com cautela (CUNHA *et al.*, 2005).

O substrato fornece sustentação às mudas, é o meio que proporcionará retenção a níveis adequados de água e nutrientes fundamentais para o crescimento das mudas (KRATZ *et al.*, 2015; SIQUEIRA *et al.*, 2018). Para ser considerado um bom substrato, este deve apresentar as características físicas e químicas que cada espécie necessita, além de apresentar microporosidade e macroporosidade em equilíbrio, ser livre de patógenos e sementes de plantas infestantes (CUNHA *et al.*, 2005). Na produção de mudas florestais os substratos mais utilizados são a base de

matéria orgânica decomposta e turfa. Porém, atualmente muitos estudos têm sugerido a utilização de substratos alternativos (GASPARIN *et al.*, 2014; KRATZ *et al.*, 2017).

O recipiente é outro fator influente na produção de mudas, este precisa ter as dimensões adequadas, favorecendo o bom desenvolvimento das mudas e possibilitando a ocupação mais eficaz do viveiro (CORREIA *et al.*, 2013; FREITAS *et al.*, 2022). No setor florestal destacam-se os sacos plásticos e os tubetes, muito empregados para produção de mudas nativas e exóticas (VARGAS *et al.*, 2011; GOMES *et al.*, 2003; GABIRA *et al.* 2020b). No entanto, recipientes biodegradáveis estão sendo estudados como uma forma de favorecer o desenvolvimento mais adequado do sistema radicular; nestes recipientes, as raízes não se encontram limitadas às paredes rígidas como ocorre em tubetes de polipropileno, além de ser mais sustentável por não gerar resíduos no plantio (WENDLING *et al.* 2021).

## 1.1 JUSTIFICATIVA

Diante da importância ecológica, econômica e social e devido ao aumento na área plantada de erva-mate com conseqüente acréscimo na demanda por mudas, são necessários estudos acerca de novas opções de materiais a serem utilizados para garantir o abastecimento deste mercado com mudas de qualidade.

Grande parte da produção de mudas no setor florestal brasileiro ocorre com recipientes plásticos que geram excesso de mão de obra, principalmente pela necessidade de retirada das mudas antes da expedição à campo, além de passivos ambientais. Nesse sentido o uso de recipientes biodegradáveis tem-se apresentado como uma alternativa viável para produção de mudas e são ambientalmente mais sustentáveis.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo geral

Este trabalho objetivou avaliar o crescimento e a qualidade das mudas de erva-mate produzidas em diferentes recipientes e substratos.

### 1.2.2 Objetivos específicos

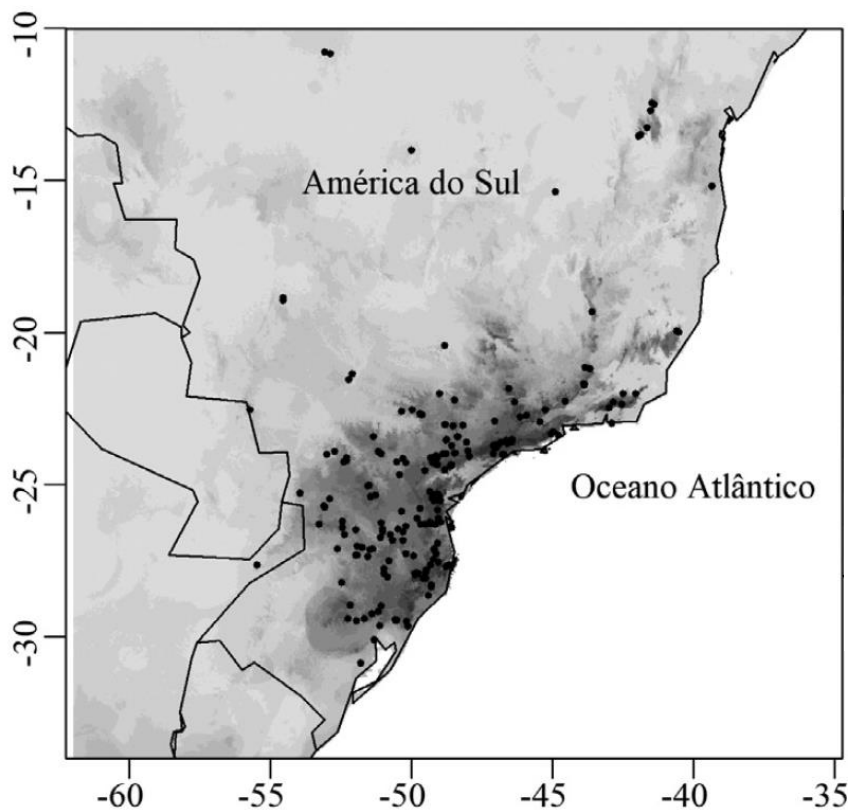
- Mensurar variáveis morfológicas de mudas seminais de erva-mate produzidas em diferentes substratos (a base de turfa *Sphagnum* e a base e casca de *Pinus* semidecomposta) e recipientes (BGC<sup>®</sup>, Plantpaper<sup>®</sup>, Paperpot<sup>®</sup>, saco plástico e tubetes de 55 cm<sup>3</sup> e 100 cm<sup>3</sup>);
- Determinar a melhor combinação de recipiente x substrato, dentre os materiais testados, para a produção de mudas de erva-mate.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 A ESPÉCIE

*Ilex paraguariensis* A. St. -Hil, conhecida popularmente como erva-mate, pertence à família Aquifoliaceae e ocorre naturalmente na América do Sul, entre a Argentina, Paraguai e Brasil. No Brasil se concentra a maior extensão de ocorrência da espécie, abrangendo os estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo e Mato Grosso do Sul (FRITZSONS *et al.*, 2020; NASCIMENTO *et al.*, 2020). Além destes estados, Silva *et al.* (2018) relatam a ocorrência da espécie até ao sul da Bahia (FIGURA 1), no entanto a distribuição nessa região tende a ficar restrita às áreas de maior altitude, limitando sua maior área de ocorrência no Sul e Sudeste do Brasil. É uma espécie representativa da Floresta Ombrófila Mista, onde se desenvolve no sub-bosque em associação com a *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze (CARVALHO, 2003).

FIGURA 1 - DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DE ERVA-MATE.



FONTE: Adaptado de Silva *et al.* (2018).

De acordo com Daniel (2009), a erva-mate se desenvolve em solos com profundidade acima de 30 cm e naturalmente de baixa fertilidade. É uma planta perenifólia, esciófita, seletiva higrófito, geralmente formando capões homogêneos (LORENZI, 2008). Seus frutos são disseminados por pássaros, sendo esta sua principal importância em plantios destinados à recomposição da vegetação em áreas degradadas.

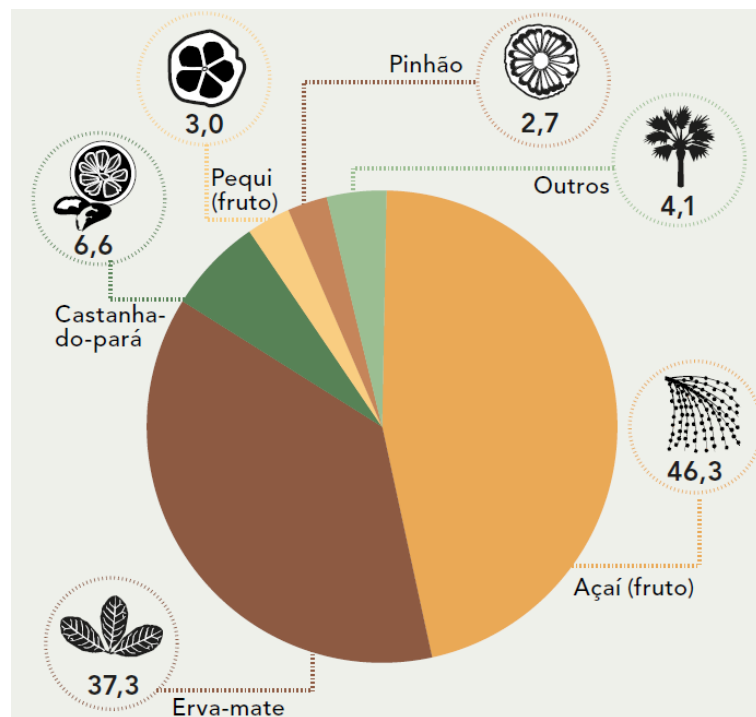
A erva-mate é o principal produto florestal não madeireiro da região Sul do Brasil, nesta região a espécie pode ser encontrada em sistema natural, em monocultura ou inserida em sistema agroflorestal (WESTPHALLEN *et al.*, 2019; PENTEADO-JUNIOR; GOULART, 2019; DUARTE *et al.*, 2022). É consumida através da infusão de suas folhas e ramos, dando origem a bebidas tradicionais quentes como o “chimarrão”, frias como o “tererê”; no entanto, tem sido muito consumida na forma de chá, sendo considerada uma das bebidas mais populares em países da América do Sul (BRUNI *et al.*, 2020; GULLÓN *et al.*, 2018; DUARTE *et al.*, 2020; KUNGEL *et al.*, 2018). Em países como Argentina, Brasil, Chile, Paraguai e Uruguai o consumo anual de erva-mate é de 3-10 kg por pessoa (GAN *et al.*, 2018). Seu cultivo é realizado principalmente por pequenos produtores, sendo a sua principal fonte de renda e, conseqüentemente, tendo grande importância econômica, social e ecológica nestas regiões (DUARTE *et al.*, 2019).

Além do consumo tradicional, a erva-mate apresenta potenciais usos para fabricação de fármacos, cosméticos e produtos alimentícios (GAWRON-GZELLA *et al.* 2021). Estudos recentes têm demonstrado que o extrato de erva-mate possui benefícios à saúde por apresentar ação antioxidante, anti-inflamatória e anticancerígena, sendo de grande relevância para a indústria farmacêutica (DUARTE *et al.*, 2020; CARDOZO JUNIOR; MORAND, 2016). Dentre os componentes químicos presentes na erva-mate, destacam-se os alcalóides, cafeína, teofilina e teobromina, os quais podem ser usados como calmantes, sedativos, estimulantes e analgésicos (FRITZSONS *et al.*, 2020).

No ano de 2020 a produção brasileira de erva-mate foi de 426 mil toneladas, crescimento de 14,6% em relação ao ano anterior (IBGE, 2020). Ainda segundo o relatório IBGE (2020), a erva-mate gerou neste ano o equivalente a R\$ 559,7 milhões, representando o segundo maior valor de produção dentre os produtos florestais não madeireiros, crescimento de 38,8% comparado ao ano de 2019. A produção de erva-mate se destacou também por ocupar a segunda posição na participação do valor de

produção por produtos do grupo de alimentícios em 2020, com 37,3% (FIGURA 2). Parte da produção nacional é consumida no mercado interno, principalmente nos estados da região Sul, e outra parte é exportada para países como Uruguai, Chile, Estados Unidos e Alemanha (ZANIN; MEYER, 2018). No entanto, também há registros de consumo em países como Espanha, Itália, Austrália, França, Japão, Coreia do Sul e Rússia (CARDOZO JUNIOR; MORAND, 2016).

FIGURA 2 - PARTICIPAÇÃO DO VALOR DE PRODUÇÃO POR PRODUTOS DO GRUPO DE ALIMENTÍCIOS (%).



FONTE: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Agropecuária, Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura 2020.

## 2.2 PRODUÇÃO DE MUDAS DE ERVA-MATE

Para o sucesso dos plantios florestais são necessárias mudas de padrão qualitativo superior, que apresentem altos níveis de sobrevivência no plantio e resistência a estresses ambientais, o que depende diretamente da qualidade das sementes, do tipo de recipiente e do substrato utilizado (WINHELMANN *et al.*, 2022; CALDEIRA *et al.*, 2012; FOWLER, 2021). Porém, a dificuldade existente em obter mudas que atendam parâmetros de alto vigor e crescimento é um desafio constante

em viveiros de mudas florestais, especialmente se tratando de espécies nativas com crescimento lento, sobretudo as classificadas como tardias ou clímax, como é o caso da erva-mate, classificada como uma espécie clímax tolerante à sombra (WALTER *et al.*, 2022; CUNHA *et al.*, 2005; CARVALHO 2003). Além das sementes e da espécie outros fatores exercem influência na produção de mudas, como o tipo de recipiente, substrato, manejo de irrigação, adubação, sombreamento, aclimação, controle de pragas e doenças (SUN *et al.*, 2018; GABIRA *et al.*, 2020a; STUEPP *et al.*, 2020; STORCK *et al.*, 2016).

Mudas superiores devem ser capazes de suportar adversidades climáticas, proporcionar altos percentuais de sobrevivência no campo e produzir indivíduos com as características qualitativas desejáveis, especialmente relacionadas ao vigor da parte aérea e produção de massa foliar, principal produto extraído da erva-mate (WENDLING *et al.* 2020). A produção de mudas de erva-mate no Brasil é comumente realizada via seminal devido ao menor custo e à facilidade de produção das mudas em viveiro quando comparada à propagação vegetativa (PENTEADO-JUNIOR; GOULART, 2019).

Um entrave na produção mudas seminais de erva-mate é a dormência apresentada pela espécie. Este fenômeno faz com que as sementes, embora viáveis e com todas as condições ambientais favoráveis para finalizar o processo germinativo, não germinem (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). As principais dormências verificadas nos pirênios (endocarpo + semente) de erva-mate são a mecânica e a embrionária, na qual o endocarpo lenhoso dificulta a protusão da radícula, mesmo o embrião estando no estágio maduro (MEDEIROS, 1998). Além disso, verifica-se a dormência fisiológica e a física, que são superadas durante o período de estratificação (FOWLER; BIANCHETTI 2000; FOWLER; STURION, 2000).

### 2.2.1 Substratos

O substrato tem a função de fornecer suporte físico ao sistema radicular e condições para suprir de modo adequado a demanda hídrica e nutricional das mudas, de forma a manter o equilíbrio entre o volume de água facilmente disponível e a concentração de oxigênio (SIQUEIRA *et al.*, 2018; KRATZ *et al.*, 2015; TAZZO *et al.*, 2021). Deve ser uniforme em sua composição, apresentar baixa densidade, ser poroso, dispor adequada capacidade de retenção de água e capacidade de troca

catiônica (CTC) e ainda ser livre de patógenos e substâncias tóxicas, além de ser constituído com materiais de fácil manejo, acessível, estável, hidratável e apresentar facilidade de realizar combinações com um ou mais substratos (CUNHA *et al.*, 2005; HARTMANN *et al.*, 2011; GAYOSSO-RODRÍGUEZ *et al.*, 2016). Ainda de acordo com os autores e com Siqueira *et al.* (2019) faz-se necessário investimento em pesquisas relacionadas ao efeito de diferentes composições de substrato sobre a qualidade das mudas, buscando permear os preceitos da sustentabilidade, aliado ao fornecimento de alternativas ao produtor no que tange a redução de tempo e custos dos processos produtivos.

Dentre os substratos utilizados na produção de mudas florestais, destacam-se aqueles à base de matéria orgânica decomposta e turfa, considerados componentes principais, os quais são misturados a componentes secundários, como vermiculita, casca de arroz carbonizada e fibra de coco, a fim de melhorar as propriedades físicas (GASPARIN *et al.*, 2014). No entanto, a disponibilidade e o elevado custo em locais distantes da fonte de produção podem ser um fator limitante, sobretudo para os resíduos de casca de arroz, fibra de coco e o substrato à base de turfa (KRATZ *et al.*, 2017; MADRID-AISPURO *et al.*, 2020). Kratz e Wendling (2013) destacam o substrato comercial à base de casca de *Pinus*, utilizado em larga escala devido às suas características físicas e químicas, se tornando substrato padrão em grande parte dos viveiros florestais do país. Segundo Gasparin *et al.* (2014), a alternativa mais frequente entre os viveiristas produtores de espécies nativas é a aquisição de substrato comercial com posterior adição de componentes secundários, devido à falta de substratos específicos para espécies nativas.

Dentre as características físicas destacam-se a densidade global (que é influenciada pela mistura, embalagem, transporte do substrato e pressão aplicada no momento do preenchimento do recipiente), macroporosidade e microporosidade (que influenciam na retenção de água e nutrientes) (GASPARIN *et al.*, 2014). Segundo Wendling *et al.* (2007) para a produção de mudas de erva-mate é necessário utilizar substratos com menor porosidade total, menor macroporosidade e menor capacidade máxima de retenção de água, de modo a maximizar o crescimento das mudas. Quanto às características químicas, as mais relevantes são o pH, a capacidade de troca catiônica e a condutividade elétrica (WENDLING; DUTRA, 2017; CUNHA *et al.*, 2005; GAYOSSO-RODRÍGUEZ *et al.*, 2016). Cabe ressaltar que um substrato considerado bom para a produção de determinada espécie pode não apresentar o mesmo

resultado para uma espécie distinta, pois essa definição será de acordo com algumas características e composições que proporcionem condições adequadas ao desenvolvimento das mudas (TRAZZI *et al.*, 2012; WENDLING; DUTRA, 2017; GABIRA *et al.*, 2020b).

### 2.2.2 Recipientes

A escolha do recipiente ideal na produção de mudas está aliada à qualidade do substrato e deve-se considerar as necessidades de cada espécie e que recipientes de menor volume apresentam espaço limitado para o crescimento do sistema radicular em contraste com recipientes de maior volume (GASPARIN *et al.*, 2014), além de influenciar o tempo de produção das mudas. Os recipientes, segundo Correia *et al.* (2013) e Freitas *et al.* (2022), devem ser analisados com cuidado em relação ao seu uso, sobretudo ao adequado tamanho a se utilizar, sendo necessário que esteja bem ajustado ao sistema de produção, de modo a não prejudicar o desenvolvimento do sistema radicular das plantas. Os autores destacam ainda a influência na ocupação do espaço no viveiro, o aumento nos custos de produção, transporte, manutenção e distribuição das mudas no campo. Adicionalmente Storck *et al.* (2016) destacam a escolha do tamanho dos recipientes dentre as práticas culturais capazes de alterar a qualidade fisiológica das mudas. Gomes *et al.* (2003) discorrem sobre estudos dinâmicos realizados com recipientes para produção de mudas, os quais tomam como parte importante o sistema radicular, considerando que este deve apresentar boa arquitetura e o recipiente deve assegurar a formação de um torrão sólido e bem agregado, a fim de aumentar a sobrevivência e o crescimento inicial das mudas em campo.

Ao longo dos últimos anos, os principais recipientes utilizados para a produção de mudas de espécies florestais foram tubetes de polipropileno, que proporcionam manipulação ágil para enchimento com substrato e transporte de mudas, possibilitam mecanização de parte do processo de produção de mudas com relativo baixo custo, minimizam os problemas de enovelamento, porém podem restringir o crescimento das mudas, sobretudo o desenvolvimento do sistema radicular devido as suas paredes rígidas (VARGAS *et al.*, 2011; GOMES *et al.*, 2003; GABIRA *et al.*, 2020b). Os sacos plásticos, também muito utilizados na produção de mudas florestais, apresentam algumas desvantagens como a intensa mão de obra para o enchimento e

movimentação em viveiro, enovelamento do sistema radicular, baixa eficiência de ocupação do espaço, alto custo de transporte das mudas para o campo, baixo rendimento na distribuição e plantio em campo, além da geração de resíduos ao final do período de produção das mudas (GOMES *et al.*, 2003; GABIRA *et al.* 2020b).

O volume e as proporções do recipiente devem ser selecionados de acordo com o ritmo de crescimento da espécie a ser produzida, o local de plantio e as particularidades climáticas do ambiente (SANTANA *et al.*, 2019). Além disso, deve-se atentar à existência de frisos internos, que atuam no direcionamento das raízes para a abertura inferior dos mesmos, evitando dessa forma o enovelamento do sistema radicular (WENDLING; DUTRA, 2017).

Alternativamente aos recipientes tradicionais estão sendo desenvolvidos e implementados nos viveiros os recipientes biodegradáveis. Estes são considerados mais sustentáveis pelo uso de recursos renováveis e por se decomporem rapidamente no ambiente, ao mesmo tempo que apresentam resistência suficiente para sustentar o processo produtivo, incluindo irrigação e manuseio (JUANGA-LABAYEN; YUAN, 2021). Os recipientes biodegradáveis apresentam ainda diminuição dos custos inerentes a mão de obra e materiais utilizados durante o processo produtivo no viveiro e no campo, quando comparados aos recipientes tradicionais.

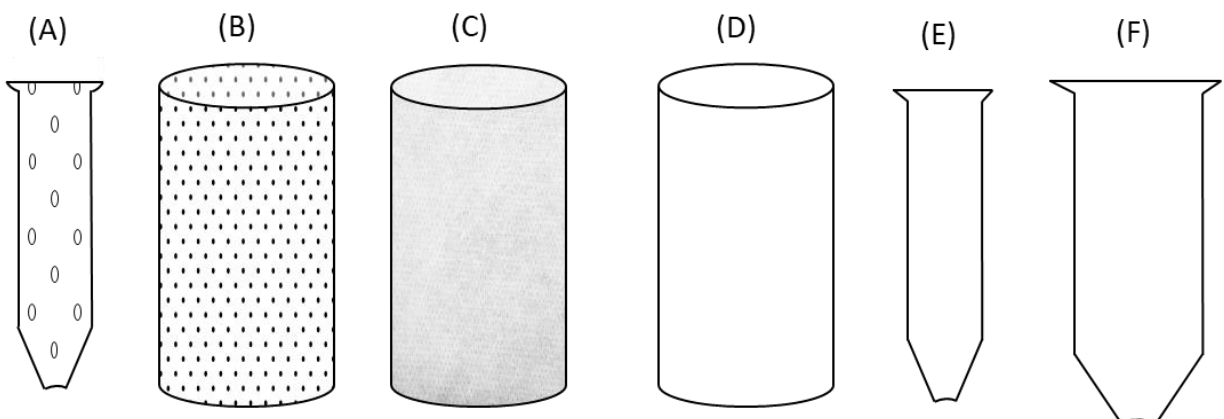
Com o uso destes recipientes, não há necessidade de retirada das mudas no pré-plantio, nem retorno dos recipientes ao viveiro, menor necessidade de espaço para armazenamento, não geração de resíduos e melhor conformação do sistema radicular, tendo em vista que as raízes não são direcionadas em sua totalidade para a base do recipiente (WENDLING *et al.* 2021). Outra vantagem apontada por Santana *et al.* (2019) é a redução de danos causados ao sistema radicular da planta no momento do plantio, haja vista que as mudas são levadas a campo sem exposição das raízes, como ocorre no sistema produtivo com tubetes ou sacos plásticos. Como desvantagem, Wendling *et al.*, (2021) citam a necessidade de diferenciação dos tubetes biodegradáveis em função do tempo de produção de mudas, variável de acordo com a espécie e com condições de manejo. Gabira *et al.* (2020b) destacam a dificuldade durante o enchimento e transporte de recipientes biodegradáveis como o Paperpot<sup>®</sup>, especialmente se o viveiro não possui equipamentos e estrutura adequados.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no laboratório de Propagação de Espécies Florestais da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Florestas) entre julho de 2019 e abril de 2020. A Embrapa Florestas está localizada no município de Colombo-PR, sob as coordenadas 25°20'S e 49°14'W, a 950m de altitude. De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Cfb, ou seja, subtropical úmido (Alvares *et al.*, 2013). As plântulas de erva-mate foram cedidas pela Empresa Bitumirim Ind. e Com. de erva-mate Ltda., provenientes de pomar clonal de sementes localizado no município de Ivaí-PR. As plântulas foram padronizadas quanto a altura média da parte aérea, sendo selecionadas todas com aproximadamente 2 cm e quanto ao sistema radicular no qual as raízes demasiadamente longas foram reduzidas com uso de tesoura de poda.

Para a produção das mudas foram utilizados substrato comercial a base de turfa *Sphagnum* (Turfa) e substrato comercial a base de casca de *Pinus* semidecomposta (*Pinus*). Como recipientes foram utilizados BGC® - BGC (à base de amido de milho e carbonato de cálcio – 55 cm<sup>3</sup>), Plantpaper® - PLP (à base de fibra de milho – 157 cm<sup>3</sup>), Paperpot® - PAP (à base de fibra de celulose – 280 cm<sup>3</sup>), saco plástico - SP (500 cm<sup>3</sup>) e tubetes de polipropileno com dois volumes – T55 e T110 (55 cm<sup>3</sup> e 110 cm<sup>3</sup>) (FIGURA 3). A diferença entre os volumes utilizados neste estudo ocorreu pela disponibilidade comercial, sendo os recipientes mais utilizados nos viveiros florestais, ou pela possibilidade de inovação com os recipientes biodegradáveis.

FIGURA 3 - RECIPIENTES (A) BGC®; (B) PLANTPAPER®; (C) PAPERPOT®; (D) SACO PLÁSTICO; (E) TUBETE 55 cm<sup>3</sup> e (F) TUBETE 110 cm<sup>3</sup> UTILIZADOS NO ESTUDO



FONTE: O autor (2022).

Após a repicagem das plântulas, as bandejas contendo os recipientes foram acondicionadas em estufa, com três irrigações diárias de 20 min via microaspersão e vazão de 144 L hora<sup>-1</sup>. Decorridos 30 dias da instalação do experimento, iniciou-se a fertilização de crescimento, que consistiu em 4 g L<sup>-1</sup> de Ureia, 3 g L<sup>-1</sup> de superfosfato simples, 0,25 g L<sup>-1</sup> de FTE BR 10 (7% Zinco - Zn, 4% Ferro - Fe, 4% Manganês - Mn, 0,1% Molibdênio - Mo, 2,5% Boro - B, 0,8% Cobre - Cu) e 3 g L<sup>-1</sup> de Cloreto de Potássio, aplicada a cada sete dias até 120 dias após o transplântio (4 ml muda<sup>-1</sup>). Após esse período deu-se início a adubação de rustificação, constituída por 4 g L<sup>-1</sup> de sulfato de amônio, 10 g L<sup>-1</sup> de superfosfato simples, 4 g L<sup>-1</sup> KCl e 1 g L<sup>-1</sup> de FTE BR 10, aplicada a cada sete dias até o final do experimento, que teve duração total de 180 dias (4 ml muda<sup>-1</sup>).

As mudas foram avaliadas mensalmente (a partir dos 60 dias até aos 180 dias após o transplântio, totalizando 5 avaliações) quanto à altura da parte aérea (H), utilizando-se régua graduada, adotando como limite a gema apical da muda e diâmetro de colo (DC), com uso de paquímetro digital com precisão de 0,01 mm (FIGURA 4). Ao término do período de produção das mudas foram avaliados ainda a biomassa seca aérea (BSA) e a biomassa seca radicular (BSR). Para isso as plantas foram separadas em parte aérea e radicular, secas em estufa com ventilação forçada a 65 °C por 72h e pesadas em balança analítica com precisão de 0,001 g. A partir dos dados obtidos, foram calculados a biomassa seca total (BST), relação altura-diâmetro (H/D) e o índice de qualidade de Dickson (IQD) (DICKSON *et al.*, 1960), determinado pela fórmula:

$$IQD = \frac{BST}{(H/DC) + (BSA/BSR)},$$

onde

IQD = Índice de Qualidade de Dickson

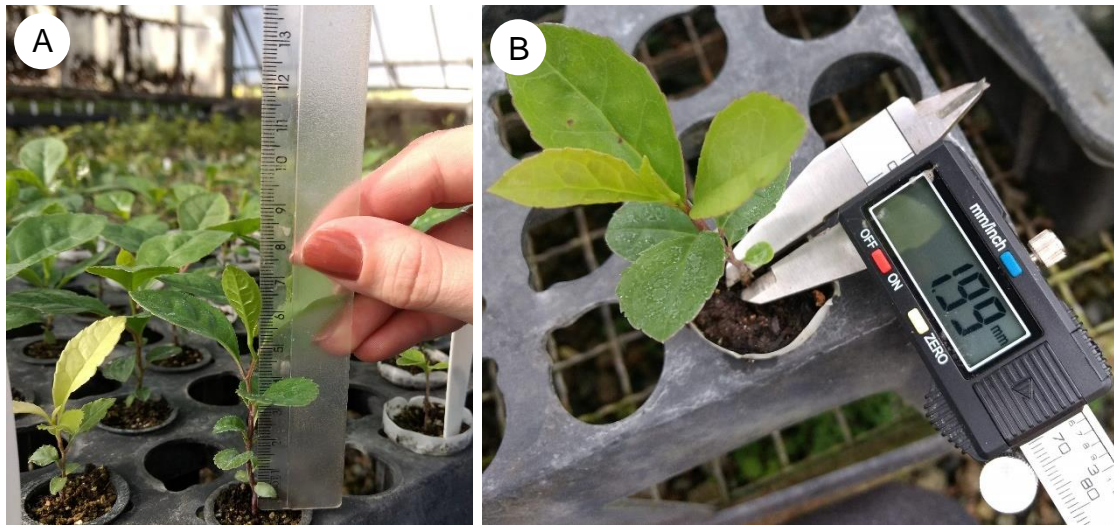
BST = Biomassa Seca Total (g);

H/DC = Relação Altura-Diâmetro; H (cm) e DC (mm);

BSA = Biomassa Seca Aérea (g);

BSR = Biomassa Seca Radicular (g).

FIGURA 4 - MEDIÇÃO DE ALTURA (cm) E DIÂMETRO DE COLO (mm)



FONTE: O autor (2022).

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial duplo 6x2 (6 recipientes x 2 substratos), com 5 repetições de 20 plantas por tratamento. A análise estatística foi realizada com o auxílio do *software* R, v. 4.0.4 (R CORE Team, 2020). Os dados foram submetidos ao Teste de *Bartlett* ( $p < 0,05$ ) para verificar a homogeneidade da variância e, em seguida, à análise de variância (ANOVA) ( $p < 0,05$ ). Quando houve diferença, as médias foram comparadas pelo Teste de *Tukey* ( $p < 0,05$ ).

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os fatores analisados (substrato x recipiente) apresentaram interação significativa para todas as avaliações (TABELA 1). Isto denota a necessidade de avaliar a melhor combinação de substrato e recipiente, de modo a proporcionar melhor eficiência na produção das mudas de erva-mate.

TABELA 1 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA AS VARIÁVEIS ALTURA TOTAL (H), DIÂMETRO DE COLO (DC), BIOMASSA SECA AÉREA (BSA), BIOMASSA SECA RADICULAR (BSR), BIOMASSA SECA TOTAL (BST), RELAÇÃO ALTURA/DIÂMETRO (H/D) E ÍNDICE DE QUALIDADE DE DICKSON (IQD) PARA A PRODUÇÃO DE MUDAS DE ERVA-MATE 180 DIAS APÓS O TRANSPLANTIO, CULTIVADAS EM DIFERENTES SUBSTRATOS E RECIPIENTES.

FV	GL	Quadrado Médio						
		H	DC	BSA	BSR	BST	H/D	IQD
Recipiente	5	261,87**	2,61**	8,13**	3,41**	19,32 <sup>ns</sup>	5,33**	0,31**
Substrato	1	1525,10 <sup>ns</sup>	12,96**	19,95**	6,71**	51,28 <sup>ns</sup>	35,34**	0,22**
Rec x Sub	5	143,32**	2,60**	1,29**	1,44**	4,66**	2,65**	0,10*
Resíduo	48	9,45	6,54	0,22	0,35	0,63	0,77	0,03
CV (%)	-	17,98	16,19	18,49	19,61	20,72	20,49	29,65

FONTE: O autor (2022).

Em que: <sup>ns</sup> valor de F não significativo a 5% de probabilidade; \* significativo a 5% de probabilidade; \*\* significativo a 1% de probabilidade; FV = fonte de variação; GL = grau de liberdade; CV = coeficiente de variação; Rec = recipiente; Sub = substrato.

As mudas produzidas com o substrato Turfa apresentaram as maiores alturas em todos os recipientes, comparando com as mudas produzidas no substrato *Pinus*. Este resultado corrobora com Dalanhol *et al.* (2017) que, ao testar diferentes composições de substratos para a produção de mudas de *Campomanesia xanthocarpa* (Mart.) O. Berg, obtiveram o menor crescimento com o substrato comercial à base de casca de *Pinus* semidecomposta. Os recipientes saco plástico (SP) e Paperpot® (PAP) diferiram estatisticamente dos demais e proporcionaram as mudas com maior crescimento em altura (32,98 e 32,64 cm, respectivamente) quando combinados com o substrato Turfa. Este resultado está de acordo com Stüpp *et al.* (2015) ao relatarem que o maior volume dos recipientes proporciona maior crescimento das mudas, devido as melhores condições para a estruturação da arquitetura do sistema radicular. Dentre as mudas produzidas com substrato *Pinus*, o recipiente PAP apresentou a maior altura (16,70 cm), porém sem diferir de Plantpaper® (PLP) e BGC® (BGC), os quais não diferiram dos demais recipientes. De

acordo com Stüpp *et al.* (2016) o crescimento em altura não deve ser avaliado como único critério de qualificação das mudas, é recomendado relacionar a altura à outras características a fim de evitar mudas sem a correta rigidez do caule, qualidade do sistema radicular e da parte aérea.

O diâmetro de colo das mudas foi influenciado pelo volume dos recipientes e pelos substratos, observamos que o recipiente saco plástico, em combinação com o substrato Turfa favoreceu o crescimento em diâmetro das mudas (5,72 mm), sendo este o recipiente com maior volume dentre os utilizados neste estudo. No entanto, as mudas produzidas no SP não diferiram das produzidas em PAP e estas não diferiram das mudas produzidas nos demais recipientes analisados. De modo semelhante ao obtido para a altura total das mudas produzidas no substrato *Pinus*, o recipiente PAP proporcionou o melhor resultado (4,46 mm), porém não diferindo de PLP e este dos outros recipientes (TABELA 2). Os menores diâmetros foram verificados nos recipientes de menor volume, é importante ressaltar que quanto menor o diâmetro das mudas, maior pode ser a dificuldade das mesmas em campo, seja pela quebra na região do colo com conseqüente ocorrência de brotações laterais, crescimento tortuoso ou mortalidade (STÜPP *et al.*, 2016).

TABELA 2 - EFEITO DOS SUBSTRATOS E RECIPIENTES NA ALTURA (cm) E DIÂMETRO DE COLO (mm) DE MUDAS DE ERVA-MATE 180 DIAS APÓS O TRANSPLANTIO.

Recipientes	Altura (cm)		Diâmetro de colo (mm)	
	Turfa	<i>Pinus</i>	Turfa	<i>Pinus</i>
BGC®	15,08 aB	11,12 bAB	3,67 aB	3,25 aBC
Plantpaper®	20,56 aB	14,78 bAB	4,18 aB	4,00 aAB
Paperpot®	32,64 aA	16,70 bA	4,78 aAB	4,46 aA
Saco Plástico	32,98 aA	10,14 bB	5,72 aA	2,80 bC
Tubete 55 cm <sup>3</sup>	15,92 aB	9,72 bB	3,81 aB	3,00 bBC
Tubete 110 cm <sup>3</sup>	15,62 aB	9,84 bB	3,94 aB	3,01 bBC

FONTE: O autor (2022).

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na linha e maiúsculas na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). Turfa = substrato comercial a base de turfa *Sphagnum*; *Pinus* = substrato comercial de casa de *Pinus* semidecomposta; H = altura total; DC = diâmetro de colo.

Resultados semelhantes foram obtidos por Cunha *et al.* (2005) ao utilizar diferentes volumes de sacos plásticos em combinação com substrato de subsolo e composto orgânico, no qual as mudas de *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos atingiram valores superiores de altura e diâmetro nos recipientes de maior

volume. O efeito de diferentes recipientes e substratos foram avaliados de forma similar ao presente estudo por Gabira *et al.* (2020b), os autores obtiveram resultados inferiores para altura total e diâmetro de colo aos 180 dias após o transplante de mudas de erva-mate produzidas em tubete 110 cm<sup>3</sup> e saco plástico 500 cm<sup>3</sup>, em combinação com o substrato comercial à base de casca de *Pinus* semidecomposta.

De maneira oposta, Gasparin *et al.* (2014) observaram que a redução do volume do recipiente não influenciou negativamente o crescimento de mudas de *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart. produzidas em tubetes de 100 e 280 cm<sup>3</sup> associado a substratos com diferentes proporções de turfa com casca de arroz carbonizada (CAC). Nesse caso, a adição de um componente secundário à base de matéria orgânica ao substrato pode ter favorecido a produção das mudas, pois com a matéria orgânica as propriedades físicas são beneficiadas com maior capacidade de retenção de umidade, disponibilização hídrica gradativa e a manutenção de adequada densidade (VIEIRA; WEBER, 2016; KOHLER *et al.*, 2022), além de favorecer a elevação da macroporosidade, importante fator para conferir uma boa drenagem ao substrato (SILVA *et al.*, 2012; KRATZ *et al.*, 2015).

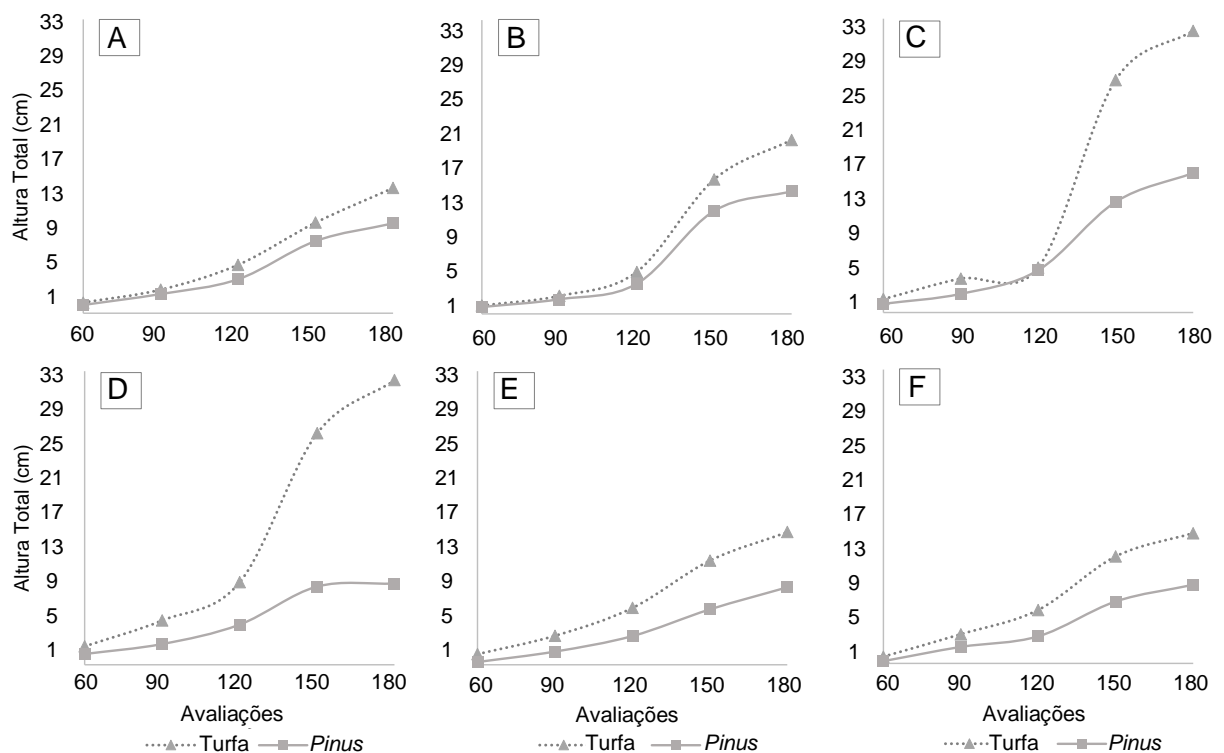
Silva *et al.* (2007), ao analisarem o crescimento de mudas de erva-mate sob diferentes condições de sombreamento em viveiro, utilizando sacos plásticos como recipiente e substrato comercial, verificaram após 230 dias que o melhor tratamento os permitiu atingir uma altura média de 10,06 cm altura, inferior à obtida neste estudo. Essa diferença pode ser devido à intensidade de luz recebida pelas mudas, haja vista que a luminosidade é um dos fatores que desempenha importante influência no desenvolvimento inicial de mudas (RESENDE *et al.*, 2011). A menor altura neste estudo foi verificada para as mudas produzidas no recipiente T55 (9,72 cm) no substrato *Pinus*, sendo seguido por T110 (9,84 cm) e nos outros recipientes foram obtidos valores de altura superiores a 10,00 cm.

Considera-se que mudas de erva-mate adequadas para o plantio em campo tenham ao menos 12 cm de altura e 3 mm de diâmetro de colo (PENTEADO-JUNIOR; GOULART, 2019). Aos 180 dias, todas as mudas produzidas neste estudo com o substrato Turfa já atendiam aos padrões mínimos de qualidade em relação às variáveis morfológicas avaliadas (altura e diâmetro de colo). No entanto, a altura total nos recipientes BGC<sup>®</sup>, SP, T55 e T110 em combinação com o substrato *Pinus* foram inferior à 12 cm e a combinação do recipiente SP com o substrato *Pinus* não atingiu diâmetro mínimo de 3 mm. Ao analisar os recipientes SP e PAP conjuntamente com

o substrato Turfa observa-se que as alturas obtidas são muito superiores à altura tecnicamente desejada para o plantio em campo (valores acima de 30 cm), isso pode suscitar em alguns efeitos negativos às mudas, como menor sobrevivência após plantio em campo, bem como custo elevado que embalagens de maior volume induzem em todo o processo de produção, transporte, distribuição e plantio das mudas (GOMES *et al.*, 2003). Wendling *et al.* (2007) observaram, após 180 dias de experimento, que as mudas de erva-mate repicadas em tubete de 100 cm<sup>3</sup> e utilizando diversos substratos atingiram os maiores diâmetros, entre 2,20 e 2,71 mm. No presente estudo, aos 180 dias, foram obtidos valores similares ou superiores, denotando a eficiência destes substratos e recipientes no que se refere ao tempo necessário para que as mudas alcancem tais diâmetros.

O crescimento acumulado em altura evidencia que o substrato Turfa foi desde o princípio aquele que favoreceu o maior incremento em altura às mudas. Destacam-se os recipientes PAP e SP ao serem combinados com o substrato Turfa proporcionaram de forma acentuada as maiores alturas (ambas acima de 27 cm) das mudas a partir dos 150 dias (quarta avaliação) (FIGURA 5).

FIGURA 5 - CRESCIMENTO ACUMULADO EM ALTURA TOTAL (cm) DE MUDAS DE ERVA-MATE, NOS RECIPIENTES (A) – BGC®; (B) - PLANTPAPER®; (C) - PAPERPOT®; (D) - SACO PLÁSTICO; (E) - TUBETE 55 cm<sup>3</sup> E (F) – TUBETE 110 cm<sup>3</sup>.

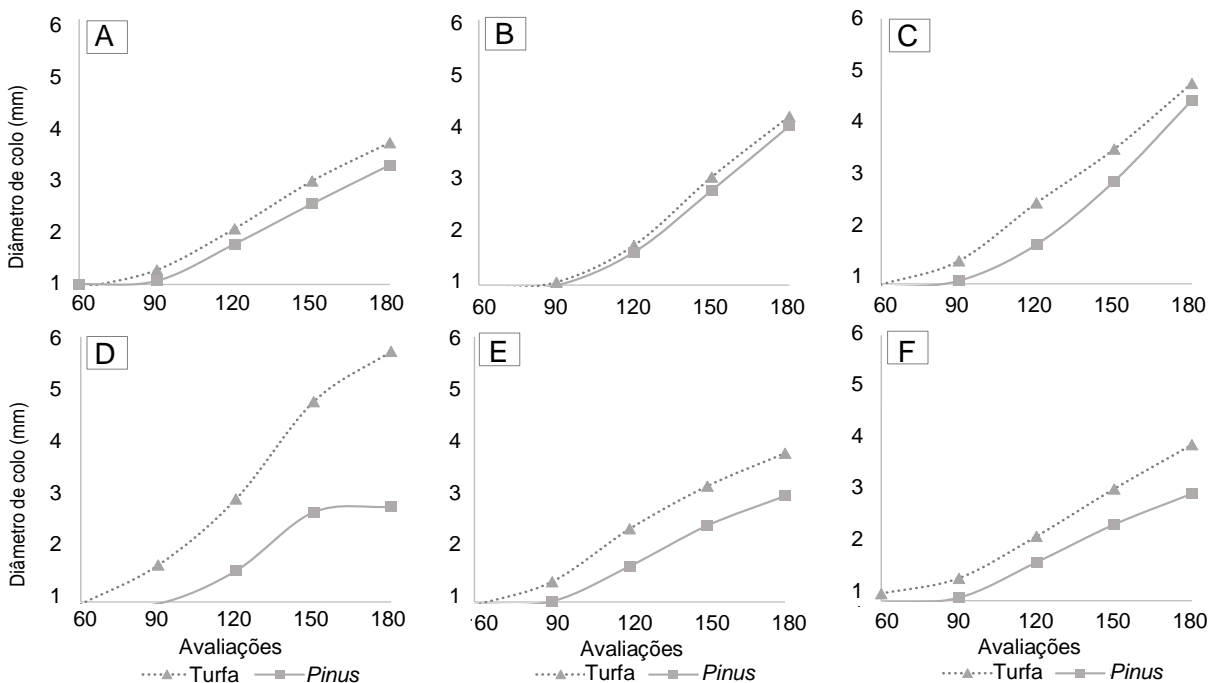


FONTE: O autor (2022).

Um aspecto a ser observado é que aos 150 dias a combinação do substrato Turfa com todos os recipientes, exceto para o BGC® (com 11,18 cm), as mudas já se apresentaram aptas ao plantio em campo considerando a altura tecnicamente desejada, 12 cm (PENTEADO-JUNIOR; GOULART, 2019). Nessa mesma avaliação os recipientes PAP e SP proporcionaram o crescimento em 27 cm ou mais, indicando que entre 120 e 150 dias após o transplante as mudas já estão aptas a serem levadas a campo. Esses resultados indicam que a associação destes recipientes com o substrato Turfa favorece o desenvolvimento das mudas em menor tempo, possibilitando um ciclo de produção mais ágil e por conseguinte diminuindo os custos no processo produtivo.

O crescimento acumulado em diâmetro de colo evidencia que o substrato Turfa foi, desde o início da produção das mudas, aquele que favoreceu o maior incremento em diâmetro às mudas, de forma semelhante ao corrido na avaliação da altura total (FIGURA 6).

FIGURA 6 - CRESCIMENTO ACUMULADO EM DIÂMETRO DE COLO (mm) DE MUDAS DE ERVA-MATE, NOS RECIPIENTES (A) – BGC®; (B) - PLANTPAPER®; (C) - PAPERPOT®; (D) - SACO PLÁSTICO; (E) -TUBETE 55 cm³ E (F) – TUBETE 110 cm³.



FONTE: O autor (2022).

Destaca-se o recipiente SP que se diferenciou dos demais, sobretudo em combinação com o substrato Turfa, proporcionando as maiores obtenções desse

parâmetro para as mudas. Nessa combinação houve maior distanciamento entre as curvas dos substratos Turfa e *Pinus* como o observado para o crescimento acumulado em altura, isso pode ser devido às características físicas e químicas dos substratos, sendo o Turfa mais favorável ao desenvolvimento de mudas de erva-mate, bem como devido ao tamanho do recipiente, sendo o SP e PAP os que apresentam o maior volume. Nesse caso, entre 120 e 150 dias após o transplântio, terceira e quarta avaliação, respectivamente, as mudas já apresentaram o diâmetro mínimo desejado para serem expedidas à campo, 3 mm (PENTEADO-JUNIOR; GOULART, 2019). Observa-se ainda que com os demais recipientes, apenas aos 150 dias as mudas atingem o diâmetro mínimo, com exceção do recipiente BGC® (2,95 mm). De forma oposta, a combinação do substrato *Pinus* com os recipientes avaliados não favoreceu o desenvolvimento das mudas em diâmetro dentro do padrão desejado, indicando desvantagem em sua utilização, pois aumentam o tempo de permanência no viveiro e conseqüentemente os custos de produção.

Observando os valores referentes a biomassa seca, nota-se que as mudas produzidas no substrato Turfa apresentaram resultados superiores às produzidas no substrato *Pinus*, tal como o observado para altura e diâmetro. Com relação aos recipientes, destaca-se o PAP, que proporcionou maior incremento em biomassa aérea (BSA) e total (BST), seguido do recipiente SP (TABELA 3).

TABELA 3 - BIOMASSA SECA AÉREA (BSA); BIOMASSA SECA RADICULAR (BSR) E BIOMASSA SECA TOTAL (BST) DE MUDAS DE ERVA-MATE 180 DIAS APÓS O TRANSPLANTIO CULTIVADAS EM DIFERENTES SUBSTRATOS E RECIPIENTES.

Recipientes	Biomassa Seca Aérea		Biomassa Seca Radicular		Biomassa Seca Total	
	g planta <sup>-1</sup>					
	Turfa	<i>Pinus</i>	Turfa	<i>Pinus</i>	Turfa	<i>Pinus</i>
BGC®	2,03 aD	1,29 bC	0,86 aC	0,72 aA	2,89 aB	2,01 aBC
Plantpaper®	2,82 aCD	1,95 bBC	1,49 aBC	0,78 aA	4,31 aB	2,73 bBC
Paperpot®	5,00 aA	3,17 bA	2,07 aB	1,66 aA	7,07 aA	4,83 bA
Saco Plástico	3,84 aB	1,59 bC	3,23 aA	1,07 bA	7,07 aA	2,66 bBC
Tubete 55 cm <sup>3</sup>	2,06 aD	1,25 bC	0,94 aC	0,54 aA	3,00 aB	1,78 bC
Tubete 110 cm <sup>3</sup>	3,00 aBC	2,59 aAB	1,17 aBC	0,98 aA	4,17 aB	3,42 aAB

FONTE: O autor (2022).

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na linha e maiúsculas na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). BGC = BGC®; PLP = Plantpaper®; PAP = Paperpot®; SP = saco plástico; T55 = tubete 55 cm<sup>3</sup>; T110 = tubete 110 cm<sup>3</sup>; Turfa = substrato comercial a base de turfa *Sphagnum* e *Pinus* = substrato comercial de casa de *Pinus* semidecomposta.

Os resultados para biomassa seca radicular (BSR) indicam relação direta com o volume do recipiente, na qual quanto menor o volume, menor o espaço disponível para o desenvolvimento das raízes. Estes resultados estão de acordo com Gomes *et al.* (2002) e Gabira *et al.* (2020b) ao afirmarem que o maior volume de recipientes favorece o crescimento das raízes, aumenta a quantidade de substrato a ser explorado e possibilita maior absorção de nutrientes, além de proporcionar maior retenção de água. A mesma relação foi observada em estudo realizado por Storck *et al.* (2016) com mudas de *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus grandis* produzidas em tubetes de diferentes volumes, que variaram de 55 a 200 cm<sup>3</sup>, sendo que os menores valores de biomassa seca radicular foram obtidos nos volumes de 55 e 100 cm<sup>3</sup>. As mudas produzidas em SP (recipiente de maior volume neste estudo, 500 cm<sup>3</sup>) e com substrato Turfa apresentaram os maiores valores de biomassa seca radicular (3,23 g planta<sup>-1</sup>), demonstrando a capacidade destes em produzir mudas com sistema radicular mais robusto, podendo estas mudas estarem mais preparadas frente as condições de estresse ambiental e, portanto, assegurando maiores taxas de sobrevivência (SILVA *et al.*, 2012).

Ao utilizarem como substrato para a produção de mudas de erva-mate diferentes combinações de solo, esterco e casca de arroz, Zavistanovicz *et al.* (2017) obtiveram resultados superiores aos encontrados neste estudo para todas as biomassas. De modo semelhante, Gabira *et al.* (2020b) obtiveram valores superiores aos obtidos no presente estudo para biomassa seca nos recipientes tubete de 110 cm<sup>3</sup> e saco plástico com o substrato *Pinus*. Lisboa *et al.* (2012), estudando o efeito do volume de tubetes na produção de mudas de *Calophyllum brasiliense* Cambess., não obtiveram diferença significativa na produção de biomassa seca aérea, radicular e total em diferentes volumes de recipientes, diferindo dos resultados encontrados no presente estudo, denotando que o comportamento resultante de cada espécie pode ser distinto e que é suscetível a variáveis como recipientes, substratos e condições de produção em geral.

A relação altura-diâmetro (H/D) consiste em um dos parâmetros utilizados para avaliação da qualidade das mudas de espécies florestais, dado ao fato de representar o acúmulo de reservas, além de assegurar maior resistência da muda, ser de fácil obtenção e ser uma avaliação não destrutiva (STÜPP *et al.*, 2016; GOMES *et al.*, 2002). A relação H/D apresentou resultados homogêneos nas plantas produzidas no substrato *Pinus*, não havendo diferença significativa entre os

recipientes avaliados. Com relação ao substrato Turfa destaca-se o recipiente PAP favoreceu a obtenção da maior relação H/D para as mudas (7,04), seguido do recipiente saco plástico (TABELA 4).

TABELA 4 - EFEITO DOS SUBSTRATOS E RECIPIENTES NA RELAÇÃO ALTURA-DIÂMETRO (H/D) E ÍNDICE DE QUALIDADE DE DICKSON (IQD) DE MUDAS DE ERVA-MATE 180 DIAS APÓS O TRANSPLANTIO CULTIVADAS EM DIFERENTES SUBSTRATOS E RECIPIENTES.

Recipientes	Relação Altura-Diâmetro		Índice de Qualidade de Dickson	
	Turfa	<i>Pinus</i>	Turfa	<i>Pinus</i>
BGC®	4,10 aC	3,42 aA	0,44 aB	0,38 aBC
Plantpaper®	4,94 aBC	3,69 bA	0,63 aB	0,44 aBC
Paperpot®	7,04 aA	3,76 bA	0,77 aAB	0,86 aA
Saco Plástico	5,99 aAB	3,72 bA	1,00 aA	0,54 bABC
Tubete 55 cm <sup>3</sup>	4,18 aC	3,23 aA	0,47 aB	0,32 aC
Tubete 110 cm <sup>3</sup>	3,98 aC	3,20 aA	0,60 aB	0,66 aAB

FONTE: O autor (2022).

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na linha e maiúsculas na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). Turfa = substrato comercial a base de turfa *Sphagnum* e *Pinus* = substrato comercial de casa de *Pinus* semidecomposta.

Campos e Uchida (2002) relatam que a relação H/D expressa o momento ideal para as mudas serem levadas ao campo por ser indicador do equilíbrio entre parte aérea e sistema radicular da planta. Ainda de acordo com os autores, quanto menor o valor da relação, mais resistentes serão as mudas em campo. Mudas muito altas e com pequeno diâmetro de colo são consideradas de qualidade inferior às de menor altura e com maior diâmetro de colo, pois estas apresentam menor potencial de crescimento inicial em campo (GOMES *et al.*, 2013; STÜPP *et al.*, 2016). Valores muito altos para a relação H/D podem indicar alongamento desproporcional da muda, ocasionando comprometimento em sua qualidade morfofisiológica (ALONSO *et al.*, 2018). Porém, no presente estudo as mudas com a menor relação H/D não são as de maior qualidade (FIGURAS 7), corroborando com Dalanhol *et al.* (2017) que, ao trabalharem com a espécie *C. xanthocarpa*, constataram que os menores índices foram observados nas mudas visualmente de menor qualidade.

FIGURA 7 - COMPARAÇÃO DA QUALIDADE DE MUDAS EM RECIPIENTE RECIPIENTES (A) BGC®; (B) PLANTPAPER®; (C) PAPERPOT®; (D) SACO PLÁSTICO; (E) TUBETE 55 cm<sup>3</sup> e (F) TUBETE 110 cm<sup>3</sup> UTILIZADOS NO ESTUDO, AMBOS COM SUBSTRATO Turfa 180 DIAS APÓS O TRANSPLANTIO.



FONTE: O autor (2022).

Walter *et al.*, (2022) encontraram valores após 180 dias para a relação H/D e para o IQD superiores aos do presente estudo, o que indica a possibilidade de influência benéfica do manejo nutricional e às características do ambiente onde as mudas foram produzidas. O IQD permite estabelecer o padrão de qualidade das mudas com base em relações de parâmetros morfológicos e quanto maior for este índice, melhor será a qualidade das mudas (ALONSO *et al.*, 2018). Sua base de cálculo leva em consideração os parâmetros mais importantes relacionados à qualidade de mudas, dentre eles a altura, diâmetro de colo, biomassa aérea e radicular. Portanto, o mesmo pode ser considerado como um dos parâmetros mais relevantes na classificação de mudas e quanto maior for o índice, mais equilibrado será o crescimento (ALONSO *et al.*, 2018). Neste estudo, a interação do substrato

Turfa com o recipiente saco plástico se apresenta como a que favorece a maior qualidade das mudas, com resultado igual a 1,00, seguido do recipiente PAP.

Ferraz e Engel (2011), relatam a dificuldade em utilizar o índice IQD, tendo em vista que existe uma carência por estudos que apontem valores de referência quanto à qualidade para as espécies arbóreas nativas, o que representa muito bem o caso da erva-mate. Além disso, o IQD pode ser influenciado por fatores como espécie, manejo das mudas no viveiro, tipo e proporção do substrato, volume do recipiente e a idade em que a muda foi avaliada (CALDEIRA *et al.*, 2012; GOMES *et al.*, 2013). Nesse sentido, se faz necessário mais estudos acerca do tema, para estabelecer uma classificação adequada para a espécie.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os recipientes e substratos utilizados neste estudo apresentam grande potencial para serem utilizados na produção de mudas de erva-mate. Dentre eles, os melhores resultados foram obtidos nas mudas produzidas em substrato a base de turfa *Sphagnum* e o seu crescimento se mostrou bastante influenciado pelo volume dos recipientes, com as maiores mudas nos recipientes saco plástico e Paperpot®, tornando dessa forma a combinação deste substrato com estes recipientes a mais viável para a produção das mudas de erva-mate.

### 5.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Recomenda-se o estabelecimento de novos estudos a fim de verificar a influência de outros fatores como manejo nutricional e hídrico no crescimento de mudas de erva-mate, além de outros recipientes e substratos.

## REFERÊNCIAS

- ALONSO, J.M.; ABREU, A.H.M.; MELO, L.A.; LELES, P.S.S.; CABREIRA, G.V. Biosolids as substrate for the production of *Ceiba speciosa* seedlings. **Cerne**, v. 24, n. 4, p. 420-429, 2018. DOI: 10.1590/01047760201824042568.
- ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; MORAES GONÇALVES, J.L. DE; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, p.711–728, 2013. DOI: 10.1127/0941-2948/2013/0507.
- BRUNI, G.P.; ACUNHA, T.S.; OLIVEIRA, J.P.; FONSECA, L.M.; SILVA, F.T.; GUIMARÃES, V.M.; ZAVAREZE, E.R. Electrospun protein fibers loaded with yerba mate extract for bioactive release in food packaging. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.100, p.3341-3350, 2020.
- CALDEIRA, M.V.W.; GOMES, D.R.; GONÇALVES, E.O.; DELARMELINA, W.M.; SPERANDIO, H.V.; TRAZZI, P.A. BIOSÓLIDO COMO SUBSTRATO PARA PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Toona ciliata* VAR. *australis*. **Revista Árvore**, v.36, n.6, p.1009-1017, 2012.
- CAMPOS, M. A. A.; UCHIDA, T. Influência do sombreamento no crescimento de mudas de três espécies amazônicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 3, p. 281-288, 2002.
- CARDOZO JUNIOR, E.L.; MORAND, C. Interest of mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil.) as a new natural functional food to preserve human cardiovascular health - A review. **Journal Of Functional Foods**, v. 21, p. 440-454, 2016. DOI: 10.1016/j.jff.2015.12.010.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5. Ed. Jaboticabal: Funep, 2012. 590p.
- CARVALHO, P.E.R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Colombo: Brasília: Embrapa Informação tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, 2003. 1039p.
- CORREIA, A.C.G.; SANTANA, R.C.; OLIVEIRA, M.L.R.; TITON, M.; ATAÍDE, G.M.; LEITE, F.P. Volume de substrato e idade: influência no desempenho de mudas clonais de eucalipto após replantio. **Cerne**, v. 19, n. 2, p. 185-191, 2013. DOI: 10.1590/s0104-77602013000200002.
- CUNHA, A.O.; ANDRADE, L.A. DE; BRUNO, R. DE L.A.; SILVA, J.A.L. DA; SOUZA, V.C. DE. Efeitos de substratos e das dimensões dos recipientes na qualidade das

mudas de *Tabebuia impetiginosa* (Mart. Ex D.C.) Standl. **Revista Árvore**, v.29, p.507–516, 2005. DOI: 10.1590/s0100-67622005000400002.

DALANHOL, S.J.; NOGUEIRA, A.C.; GAIAD, S.; KRATZ, D. Efeito de micorrizas e da fertilização no crescimento de mudas de *campomanesia xanthocarpa* (Mart.) O. Berg., produzidas em diferentes substratos. **Ciência Florestal**, v.27, n.3, p.931-945, 2017.

DANIEL, O. **Erva-mate: sistema de produção e processamento industrial**. Dourados, MS: UFGD; UEMS, p.288, 2009.

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

DUARTE, M.M.; GABIRA, M.M.; TOMASI, J.C.; AMANO, E.; NOGUEIRA, A.C.; WENDLING, I. Bioactive compounds and leaf anatomy of yerba mate morphotypes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.57, p.e02441-e02441, 2022. DOI: 10.1590/S1678-3921.pab2022.v57.02441

DUARTE, M. M.; MIRESKI, M. C.; OLISZESKI, A.; WENDLING, I.; STUEPP, C. A.; Rooting of yerba mate cuttings with different lengths. **Revista Eletrônica Científica da UERGS**, v. 5, n. 1, p. 05-11, 2019. DOI: 10.21674/2448-0479.51.05-11

DUARTE, M.M.; TOMASI, J.C.; HELM, C.V.; AMANO, E.; LAZZAROTTO, M.; GODOY, R.C.B.; NOGUEIRA, A.C.; WENDLING, I. Caffeinated and decaffeinated mate tea: effect of toasting on bioactive compounds and consumer acceptance. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 15, n. 3, p. 1-10, 2020. DOI:10.5039/agraria.v15i3a8513.

FERRAZ, A. V.; ENGEL, V. L. Efeito do tamanho de tubetes na qualidade de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L. VAR. *stilbocarpa* (Hayne) Lee et Lang.), ipê-amarelo (*Tabebuia chrysotricha* (Mart. Ex DC.) Sandl.) e guarucaia (*Parapiptadenia rígida* (Benth.) Brenan). **Árvore**, v. 35, n. 3, p. 413-423, 2011. DOI: 10.1590/S0100-67622011000300005.

FOWLER, J.A.P. Produção, tecnologia e uso das sementes de eucalipto no Brasil. In: OLIVEIRA, E.B.; JUNIOR, J.E.P. **O eucalipto e a Embrapa : quatro décadas de pesquisa e desenvolvimento**. Brasília, DF: Embrapa, 2021. p.795-797.

FOWLER, J.A.P.; BIANCHETTI, A. **Dormência em sementes florestais**. Colombo: Embrapa Florestas, p. 27, 2000. (Embrapa Florestas. Documentos, 40).

FOWLER, J.A.P.; STURION, J.A. **Aspectos da formação do fruto e da sementes na germinação da erva-mate**. Colombo: Embrapa Florestas, p. 5, 2000 (Embrapa Florestas. Documentos, 45).

FREITAS, T.A.S.; OLIVEIRA, M.F.; SOUZA, L.S.; DIAS, C.N.; QUINTELA, M. P. Qualidades de mudas de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. conduzidas sob diferentes volumes de recipientes. **Ciência Florestal**, v. 32, n. 1, p. 19-42, 2022. DOI: 10.5902/1980509837445.

FRITZSONS, E.; WREGE, M.S.; SOARES, M.T.S.; AGUIAR, A.V.; SOUSA, V. A.; SCARANTE, A.G.; AMBRÓSIO, M.F.M. Proposta metodológica para subsidiar conservação e melhoramento genético da erva mate no sul do Brasil, baseada em grupos climáticos. **Scientia Forestalis**, v.48, n.128, p.e3267-e3267, 2020. DOI: 10.18671/scifor.v48n128.22.

GABIRA, M.M.; GOMES, J.F.P.; KRATZ, D.; WENDLING, I.; STUEPP, C.A. Industrial residues as substrate components for the production of *Ilex paraguariensis* seedlings. **Comunicata Scientiae**, v.11, p.e3215–e3215, 2020a. DOI: 10.14295/CS.v11i0.3215.

GABIRA, M.M.; WALTER, L.S.; BRITO, G.S.; SCHNEIDER, C.R.; WENDLING, I.; KRATZ, D. Alternative substrates and containers for *Ilex paraguariensis* seedlings production. **Acta Iguazu**, v.9, p.78–87, 2020b. DOI: 10.48075/actaiguaz.v9i4.25492.

GAN, Ren-You; ZHANG, D.; WANG, M.; CORKE, H. Health Benefits of Bioactive Compounds from the Genus *Ilex*, a Source of Traditional Caffeinated Beverages. **Nutrients**, v. 10, n. 11, p. 1682, 2018. DOI: 10.3390/nu10111682.

GASPARIN, E.; AVILA, A.L. DE; ARAUJO, M.M.; FILHO, A.C.; DORNELES, D.U.; FOLTZ, D.R.B. Influência do substrato e do volume do recipiente na qualidade das mudas de *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart. em viveiro e no campo. **Ciência Florestal**, v.24, p.553–563, 2014. DOI: 10.1590/1980-509820142403004

GAWRON-GZELLA, A.; CHANAJ-KACZMAREK, J.; CIELECKA-PIONTEK, J. Yerba Mate-A Long but Current History. **Nutrients**, v. 13, n. 11, p. 3706, 2021. DOI: 10.3390/nu13113706.

GAYOSSO-RODRÍGUEZ, S.; BORGES-GÓMEZ, L.; VILLANUEVA-COUOH, E.; ESTRADA-BOTELLO, M.A.; GARRUÑA-HERNÁNDEZ, R. Sustratos para producción de flores. **Agrociencia**, v.50, p.617–631, 2016.

GOMES, D.R.; CALDEIRA, M.V.W.; DELARMELINA, W.M.; GONÇALVES, E.O.; TRAZZI, P.A. Lodo de esgoto como substrato para produção de mudas de *Tectona grandis* L. **Cerne**, v.19, n.1, p.123-131, 2013.

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. **Árvore**, v.27, p.113–127, 2003.

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

GULLÓN, B.; EIBES, G.; MOREIRA, M.T.; HERRERA, R.; LABIDI, J.; GULLÓN, P. Yerba mate waste: a sustainable resource of antioxidant compounds. **Industrial Crops And Products**, v. 113, p. 398-405, 2018. DOI:10.1016/j.indcrop.2018.01.064.

HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIES, J. R. F.; GENEVE, R. **Plant propagation: principles and practices**. New Jersey: Prentice-Hall, 2011, 770p.

IBGE. **Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura**, Rio de Janeiro, v. 35, p. 1-8, 2020.

JUANGA-LABAYEN, J.P.; YUAN, Q. Making Biodegradable Seedling Pots from Textile and Paper Waste-Part B: development and evaluation of seedling pots. **International Journal Of Environmental Research And Public Health**, v. 18, n. 14, p. 7609-7609, 2021. DOI: 10.3390/ijerph18147609.

KOHLER, T.W.; MASCARENHAS, L.S.; LEMÕES, L.S.; HÄRTER, A.; CERQUEIRA, V.S.; SILVA, S.D.A. Substratos a base de compostos orgânicos destinados à produção de mudas de cana-de-açúcar via minitoletes. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 15, n. 2, p. 1-16, 2022. DOI: 10.17765/2176-9168.2022v15n2e9295.

KUNGEL, P.T.A.N.; CORREA, V.G.; CORRÊA, R.C.G.; PERALTA, R.A.; SOKOVIĆ, M.; CALHELHA, R.C.; BRACHT, A.; FERREIRA, I.C.F.R.; PERALTA, R.M. Antioxidant and antimicrobial activities of a purified polysaccharide from yerba mate (*Ilex paraguariensis*). **International Journal Of Biological Macromolecules**, v. 114, p. 1161-1167, 2018. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2018.04.020.

KRATZ, D.; NOGUEIRA, A.C.; WENDLING, I.; MELLEK, J.E. Physic-chemical properties and substrate formulation for *Eucalyptus* seedlings production. **Scientia Forestalis**, v. 45, n. 113, p. 63-76, 2017. DOI: 10.18671/scifor.v45n113.06.

KRATZ, D.; PIRES, P.P.; STUEPP, C.A.; WENDLING, I. Produção de mudas de erva-mate por miniestaquia em substratos renováveis. **Floresta**, v.45, p.609–616, 2015. DOI: 10.5380/uf.v45i3.36531.

KRATZ, D.; WENDLING, I. Produção de mudas de *Eucalyptus dunnii* em substratos renováveis. **Floresta**, v.43, n.1, p.125-136, 2013.

LIMA FILHO, P.; LELES, P.S.S.; ABREU, A.H.M.; FONSECA, A.C.; SILVA, E.V. Produção de mudas de *Ceiba speciosa* em diferentes volumes de tubetes utilizando o biossólido como substrato. **Ciência Florestal**, v. 29, n. 1, p. 27-39, 4 abr. 2019. DOI: 10.5902/1980509819340.

LISBOA, A.C.; SANTOS, P.S. DOS; NETO, S.N. DE O.; CASTRO, D.N. DE; ABREU, A.H.M. DE. Efeito do volume de tubetes na produção de mudas de *Calophyllum brasiliense* e *Toona ciliata*. **Revista Arvore**, v.36, p.603–609, 2012. DOI: 10.1371/journal.pcbi.1000769.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 5. Ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, v.1, p. 384, 2008.

MADRID-AISPURO, R.E.; PRIETO-RUÍZ, J.Á.; ALDRETE, A.; HERNÁNDEZ-DÍAZ, J.C.; WEHENKEL, C.; CHÁVEZ-SIMENTAL, J.A.; MEXAL, J.G. Alternative substrates and fertilization doses in the production of *Pinus cembroides* Zucc. in nursery. **Forests**, v.11, 2020. DOI: 10.3390/f11010071.

MEDEIROS, A. C. de S. **Dormência em sementes de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.)**. Colombo: Embrapa-CNPQ, p. 25, 1998 (Embrapa-CNPQ. Documentos, 36).

NASCIMENTO, M.L.; LOSS, A.; DORTZBACH, D.; BREHMER, J. S.; TRABAQUINI, K. Análise de resíduos de produtos fitossanitários em erva-mate (*Ilex paraguariensis*) proveniente de áreas de sistema agroflorestal do Planalto Norte Catarinense. **Revista de la Facultad de Agronomía**, v. 119, p.1-8, 2020.

PENTEADO-JUNIOR, J. F.; GOULART, I. C. G. R. **Erva 20: Sistema de produção para erva-mate**. Brasília, DF: Embrapa, p. 152, 2019.

R Core Team (2020). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

RESENDE, S.V.; CREPALDI, I.C.; PELACANI, C.R.; BRITO, A.L. Influência da luz e substrato na germinação e desenvolvimento inicial de duas espécies de *Calliandra* Benth. (mimosoideae - leguminosae) endêmicas da chapada Diamantina, Bahia. **Revista Árvore**, v.35, n.1, p.107-117, 2011.

SANTANA, J.A.S.; COSTA, T.L.N.; SILVA, B.R.F.; BARBOSA JUNIOR, V.C.; COSTA, M.P.; CANTO, J.L. Utilização de recipientes biodegradáveis de bambu no desenvolvimento de mudas de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. **Brazilian Journal Of Development**, v. 5, n. 9, p. 15912-15921, 2019. DOI: 10.34117/bjdv5n9-157.

SILVA, E. T.; BICCA NETO, H.; FOLTRAN, B. N. Materiais de cobertura na produção de mudas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hill). **Scientia Agraria**, v. 18, n. 1, p. 103-109, 2007.

SILVA, M.A.F. DA; HIGUCHI, P.; SILVA, A.C. DA. Impact of climate change on the potential geographical distribution of *Ilex paraguariensis*. **Rodriguesia**, v.69, n.4, p.2069–2079, 2018. DOI: 10.1590/2175-7860201869437.

SILVA, O.M.C.; HERNÁNDEZ, M.M.; ARAUJO, G.C.R.; CUNHA, F.L.; EVANGELISTA, D.V.P.; LELES, P.S.S.; MELO, L.A. Potencial uso da casca de café como constituinte de substrato para produção de mudas de espécies florestais. **Ciência Florestal**, v. 30, n. 4, p. 1161-1175, 2020. DOI: 10.5902/1980509842500.

SILVA, R.B.G.; SIMÕES, D.; SILVA, M.R. Qualidade de mudas clonais de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* em função do substrato. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.3, p.297-302, 2012.

SIQUEIRA, D.P.; BARROSO, D.G.; CARVALHO, G.C.M.W.; ERTHAL, R.M.; RODRIGUES, M.C.C.; MARCIANO, C.R. Lodo de esgoto tratado na composição de substrato para produção de mudas de *Plathymenia reticulata* Benth. **Ciência Florestal**, v. 29, n. 2, p. 728-739, 2019. DOI: 10.5902/1980509827297.

SIQUEIRA, D.P.; CARVALHO, G.C.M.W.; BARROSO, D.G.; MARCIANO, C.R. Lodo de esgoto tratado na composição de substrato para produção de mudas de *Lafoensia glyptocarpa*. **Floresta**, v.48, n.2, p.277-284, 2018. DOI: 10.5380/rf.v48i2.55795

STORCK, E.B.; SCHORN, L.A.; BERGAMO FENILLI, T.A. Crescimento e qualidade de mudas de *Eucalyptus urophylla* X *Eucalyptus grandis* em diferentes recipientes. **Floresta**, v.46, p.39–46, 2016. DOI: 10.5380/rf.v46i1.38907.

STUEPP, C.A.; KRATZ, D.; GABIRA, M.M.; WENDLING, I. Survival and initial growth in the field of *eucalyptus* seedlings produced in different substrates. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 55, p. e01587-e01587, 2020. DOI: 10.1590/s1678-3921.pab2020.v55.01587.

STÜPP, Â.M.; NAVROSKI, M.C.; FELIPPE, D.; KNISS, D.D.C.; AMANCIO, J.C.; SILVA, M.A.; PEREIRA, M.D.O. Crescimento de mudas de *Mimosa scabrella* Benth

em função de diferentes tamanhos de recipientes e doses de fertilizante. **Ecologia e Nutrição Florestal**, v.3, p.40–47, 2015. DOI: 10.5902/2316980x18613.

SUN, Q.; DUMROESE, R.K.; LIU, Y. Container volume and subirrigation schedule influence *Quercus variabilis* seedling growth and nutrient status in the nursery and field. **Scandinavian Journal Of Forest Research**, v. 33, n. 6, p. 560-567, 7 mar. 2018. DOI: 10.1080/02827581.2018.1444787.

TAZZO, I.F.; FERMINO, M.H.; TREVISAM, M.; NASCIMENTO, P.A. Uso de turfa e cascas na composição de substratos para produção de mudas de citros. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 27, n. 1, p. 148-160, 2021. DOI: 10.36812/pag.2021271148-160.

TRAZZI, P.A.; CALDEIRA, M.V.W.; COLOMBI, R.; PERONI, L.; GOLDINHO, T.O. Estercos de origem animal em substratos para a produção de mudas florestais: atributos físicos e químicos. **Scientia Forestalis**, v.40, p.455–462, 2012.

VARGAS, F.S.; REBECHI, R.J.; SCHORN, L.A.; FENILLI, T.A.B. Efeitos da mudança de recipiente em viveiro na qualidade de mudas de *Cassia leptophylla* Vogel, *Eugenia involucrata* DC. e de *Cedrela fissilis* Vell. **Revista Acadêmica: Ciência Animal**, v. 9, n. 2, p. 169-177, 14 abr. 2011. DOI: 10.7213/cienciaanimal.v9i2.11774.

VIEIRA, C.R.; WEBER, O.L.S. Produção de mudas de eucalipto em diferentes composições de substratos. **Revista de Estudos Ambientais**, v. 18, n. 2, p. 25-34, 2016. DOI: 10.7867/1983-1501.2016v18n2p25-34.

WALTER, L.S.; GONÇALVES, M.F.; KRATZ, D.; FRAGOSO, R.O.; STUEPP, C.A. Growth and quality of yerba mate seedlings affected by fertilizer doses in south Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.65, 2022, p.e22210394, 2022. DOI: 10.1590/1678-4324-2022210394.

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

WENDLING, I.; DUTRA, L.F.; GABIRA, M.M.; VIEIRA, L.M.; DEGENHARDT, J. Produção de mudas de eucalipto. *In*: OLIVEIRA, E.B.; JUNIOR, J.E.P. **O eucalipto e a Embrapa : quatro décadas de pesquisa e desenvolvimento**. Brasília, DF: Embrapa, 2021. p,823-831.

WENDLING, I.; GUASTALA, D.; DEDECEK, R. Características físicas e químicas de substratos para a produção de mudas de *Ilex paraguariensis* St. Hil. **Revista Árvore**, v. 31, n. 2, p. 209-220, 2007.

WENDLING, I.; SANTAROSA, E.; JUNIOR, L. P.; AUER, C. G.; PENTEADO, S. R. C.; QUEIROZ, D. L.; SANTOS, A. F. **Manual de produção de mudas clonais de erva-mate**. Colombo: Embrapa Florestas, p. 47, 2020.

WINHELMANN, M.C.; VARGAS, L.J. DE; GASTMANN, J.; JAEGER, A.P.; FREITAS, E.M. DE; FIOR, C.S. Avaliação da qualidade de sementes de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A.St.-Hil.) oriundas de diferentes plantas matrizes. *Ciência Florestal*, v. 32, n. 1, p. 247-265, 2022. DOI: 10.5902/1980509848110.

ZANIN, V.; MEYER, L.G. Evolução da margem de comercialização da erva mate no Rio Grande do Sul. **Revista Ipecege**, v. 4, n. 1, p. 7-18, 2018. DOI: 10.22167/r.ipecege.2018.1.7.

ZAVISTANOVICZ, T.C.; ARAUJO, M.M.; AIMI, S.C.; FLORES, R.; BERGHETTI, Á.L.P.; DEPONTI, G. Morphophysiological responses of *Ilex paraguariensis* seedlings to different substrates and fertilizations. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.21, p.111–115, 2017. DOI: 10.1590/1807-1929/agriambi.v21n2p111-115.