



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO *DEL-REI*
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE GRADUAÇÃO
BACHARELADO EM ENGENHARIA FLORESTAL
*CAMPUS SETE LAGOAS***

LETÍCIA MÁRCIA DE SOUSA SILVA

**CRESCIMENTO E QUALIDADE DE MUDAS FLORESTAIS EM
DIFERENTES PROPORÇÕES DE COMPOSTO ORGÂNICO**

Sete Lagoas, MG

2022

LETÍCIA MÁRCIA DE SOUSA SILVA

**CRESCIMENTO E QUALIDADE DE MUDAS FLORESTAIS EM
DIFERENTES PROPORÇÕES DE COMPOSTO ORGÂNICO**

Trabalho de Conclusão apresentado ao Curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal de São João del-Rei, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientadora: Profa. Dra Glauciana da Mata Ataíde

Sete Lagoas, MG

2022

LETÍCIA MÁRCIA DE SOUSA SILVA

**CRESCIMENTO E QUALIDADE DE MUDAS FLORESTAIS EM
DIFERENTES PROPORÇÕES DE COMPOSTOS ORGÂNICOS**

Trabalho de Conclusão apresentado ao Curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal de São João del-Rei, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Florestal.

Sete Lagoas, 25 de novembro de 2022.

Banca avaliadora:

Dra. Glauciana da Mata Ataíde, Orientadora — Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ)

Dr. Renato Vinícius Oliveira Castro — Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ)

Dra. Aline de Almeida Vasconcelos — Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ)

Ms. Rodrigo Teixeira Soares Moreira — Fundação de Parques Municipais e Zoobotânica de Belo Horizonte

Tudo tem seu apogeu e seu declínio. É natural que seja assim, todavia, quando tudo parece convergir para o que supomos o nada, eis que a vida ressurge, triunfante e bela!

Novas folhas, novas flores, na infinita benção do recomeço.

Chico Xavier

Filha de pais trabalhadores, professora e industrial, que se dedicaram a minha criação. Me ensinaram o valor do estudo, da honestidade, do trabalho. Ao apoio dos meus pais, que vibraram junto a mim minha passagem na universidade federal e todas as minhas conquistas ao longo desse percurso chamado vida. Me deram forças para que esse sonho se tornasse realidade, e aqui estou eu: me tornando uma Engenheira Florestal.

Dedico aos meus pais, Márcio e Marcília

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer a Deus pela vida e por chegar até aqui.

Agradeço a Universidade Federal de São João del-Rei, ao curso de Engenharia Florestal, todo o corpo docente e colegas de curso, pelas vivências, ensinamentos e trocas que com certeza contribuíram para minha vida profissional e pessoal.

A minha orientadora Glauciana da Mata Ataíde pela oportunidade de crescimento profissional e acadêmico, pelas contribuições correções e incentivo. Sua disponibilidade e atenção foram peças chaves para que tudo isso fosse possível. Meu muito obrigada!

A Fundação de Parque Municipais e Zoobotânica de Belo Horizonte pela oportunidade em desenvolver essa pesquisa. Em especial, gratidão ao Rodrigo Teixeira e a equipe do Jardim Botânico de Belo Horizonte pelas lições, pelas orientações, suporte e risos nos momentos de descontração.

Aos meus grandes amigos, Izabelle, Jéssika e Pedro, por torcerem por mim, por permanecem ao meu lado, pelos momentos de alegria.

Aos meus pais, Márcio e Marcília, gratidão eterna por sempre me apoiarem, por celebrarem comigo as minhas vitórias e pelos conselhos. A toda minha família (família Sousa e família Silva), as minhas avós, vocês me dão forças para continuar a lutar.

Ao meu namorado, Rafael, pela dedicação oferecida, pelos momentos de companheirismo e pela compreensão nos momentos de ausência.

Por fim, agradeço a mim por não ter desistido, por todas a minha dedicação e esforço ao longo de toda a minha trajetória, permitindo-me chegar até aqui.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	OBJETIVOS.....	11
2.1.	GERAL	11
2.2.	ESPECÍFICOS	12
3	REFERENCIAL TEÓRICO.....	12
3.1	PRODUÇÃO DE MUDAS FLORESTAIS	12
3.2	SUBSTRATOS PARA A PRODUÇÃO DE MUDAS FLORESTAIS	15
3.2.1	Composto orgânico como substrato para produção de mudas florestais	16
3.3	AROEIRINHA (<i>SCHINUS TEREBINTHIFOLIUS</i> RADDI)	17
3.4	CEDRO (<i>CEDRELA FISSILIS</i> VELL.)	19
3.5	DEDALEIRO (<i>LAFOENSIA PACARI</i> A.ST.-HIL.)	21
3.6	MUTAMBA (<i>GUAZUMA ULMIFOLIA</i> LAM.)	23
4	METODOLOGIA.....	24
5	RESULTADO E DISCUSSÃO	32
5.1	CARACTERIZAÇÃO DOS SUBSTRATOS	32
5.2	PARÂMETROS BIOMÉTRICOS	35
5.2.1	Altura de parte aérea	35
5.2.2	Diâmetro do coleto	42
5.2.3	Produção de massa seca	44
5.3	PARÂMETROS DE QUALIDADE DE MUDAS	50
5.4	ÍNDICE SPAD	53
5.5	ANÁLISE FOLIAR DE MACRONUTRIENTES	55
5.5.1	Nitrogênio (N)	55
5.5.2	Fósforo (P)	57
5.5.3	Potássio (K)	59
5.5.4	Cálcio (Ca)	60

5.5.5	Magnésio (Mg)	62
5.5.6	Enxofre (S)	63
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	64
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65

RESUMO

Para produzir mudas de qualidade, a composição do substrato adequado é essencial, visto que este tem função de fornecer nutrição e sustentação para as plantas, favorecendo seu crescimento. Por isso, o principal objetivo desse trabalho foi avaliar a viabilidade da utilização do composto orgânico em diferentes proporções volumétricas nas formulações dos substratos, a fim de produzir mudas de quatro espécies florestais nativas, avaliando o crescimento e a qualidade das mesmas. As espécies testadas foram: *Schinus terebinthifolius* Raddi (aroeirinha); *Guazuma ulmifolia* Lam. (mutamba); *Cedrela fissilis* Vell. (cedro); e *Lafoensia pacari* A.St. – Hil. (dedaleiro). Para a produção das mudas foram definidos 06 tratamentos, com diferentes porcentagens dos componentes areia (A), terra de subsolo (T) e composto orgânico (C), originado da compostagem de dejetos dos animais herbívoros do Zoológico de Belo Horizonte/MG: T1 = 15% areia + 85% terra de subsolo + 0% composto orgânico; T2 = 15% areia + 65% terra de subsolo + 20% composto orgânico; T3 = 15% areia + 45% terra de subsolo + 40% composto orgânico; T4 = 15% areia + 25% terra de subsolo + 60% composto orgânico; T5 = 15% areia + 5% terra de subsolo + 80% composto orgânico; e T6 = 15% areia + 0% terra de subsolo + 85% composto orgânico. Foi realizada a caracterização química de cada substrato produzido. Aos 107 dias após a semeadura, avaliou-se os parâmetros altura de parte aérea, diâmetro do colo (RHD), índice SPAD, relação entre parte aérea e diâmetro do coleto, índice de qualidade de Dickson (IQD) e análise foliar para determinação de macronutrientes. A composição de 80 e 85% de substrato orgânico obtiveram os melhores resultados para a maioria dos parâmetros analisados (biométricos, qualitativos e fisiológico) para as espécies aroeira, mutamba e cedro. Já as mudas de dedaleiro são sensíveis a pH do solo muito alto, se desenvolvendo melhor nos tratamentos com menor concentração do composto. Os macronutrientes foliares não apresentam relação com a quantidade de composto orgânico no substrato.

Palavras-chave: Produção de mudas. Substrato alternativo. Matéria orgânica.

ABSTRACT

To produce quality saplings, the composition of the appropriate substrate is essential, since it has the function of providing nutrition and support for the plants, favoring their growth. Therefore, the main objective of this project was to evaluate the viability of using organic compost in different volumetric proportions in substrate formulations, in order to produce saplings of four native forest species, evaluating their growth and quality. The species tested were *Schinus terebinthifolius* Raddi (aroeirinha); *Guazuma ulmifolia* Lam. (mutamba); *Cedrela fissilis* Vell. (cedro); and *Lafoensia pacari* A.St. – Hil. (dedaleiro). For the production of saplings, 06 treatments were defined, with different percentages of the components sand (A), subsoil (T) and organic compost (C), originated from the composting of waste from herbivorous animals from the Belo Horizonte Zoo/MG: T1 = 15% sand + 85% subsoil + 0% organic compost; T2 = 15% sand + 65% subsoil soil + 20% organic compost; T3 = 15% sand + 45% subsoil soil + 40% organic compost; T4 = 15% sand + 25% subsoil soil + 60% organic compost; T5 = 15% sand + 5% subsoil soil + 80% organic compost; and T6 = 15% sand + 0% subsoil soil + 85% organic compost. Chemical characterization of each substrate produced was performed. At 107 days after sowing, the parameters of height, root collar diameter, SPAD index, relation height and root collar diameter (RHD), the Dickson quality index (IQD) and leaf analysis to macronutrients ascertainment. The composition of 80 and 85% of organic substrate obtained the best results for most of the parameters analyzed (biometric, qualitative and physiological) for the species aroeira, mutamba and cedro. On the other hand, dedaleiro seedlings are sensitive to very high soil pH, developing better in treatments with lower concentrations of the compost. Leaf macronutrients were not related to the amount of organic compost in the substrate.

Keywords: Sapling production. Alternative substrate. Organic matter.

1 INTRODUÇÃO

As questões e preocupações envolvendo a depreciação do meio ambiente se tornaram, nas últimas décadas, significativas para a comunidade global. As narrativas de sustentabilidade, conservação e reabilitação da natureza promovem a consciência popular quanto à importância da qualidade ambiental.

A procura por mudas de espécies florestais nativas cresce devido a programas de recuperação de áreas degradadas, recomposição de reserva legal e áreas destinadas à preservação permanente e, para sistemas de plantio homogêneo (FREITAS *et al.*, 2015), além de áreas designadas para arborização urbana e paisagismo.

Com o intuito de fornecer mudas florestais de qualidade, essas são produzidas em viveiros florestais, os quais são equipados para dar suporte em todas as etapas de produção e de crescimento das mudas. Senar (2018) apontou que a produção de mudas em viveiros compreende processos visando certificar a qualidade das mudas, como por exemplo a seleção de matrizes, a coleta de sementes, o tratamento e beneficiamento dessas sementes, a semeadura propriamente dita, técnicas de cuidado com a muda, irrigação, adubação e preparação para plantio.

Produzir mudas arbóreas nativas é importante do ponto de vista da preservação, pois gradualmente diversas espécies nativas são ameaçadas de extinção, devido a boa qualidade da madeira e pelo maior valor de mercado (NOVAES *et al.*, 2019). Nos ecossistemas, indivíduos arbóreos proporcionam manutenção da biodiversidade local, bem como outros serviços ao meio ambiente no geral, tal qual a proteção do solo, fonte de alimentação e habitat de fauna silvestre, paisagens visualmente atraentes, dentre outros aspectos positivos.

Para produzir mudas de qualidade, a composição do substrato adequado é essencial, visto que este tem função de fornecer nutrição e sustentação para as plantas, favorecendo seu crescimento.

O substrato ideal deve conter boas condições físicas e químicas, sendo a primeira mais importante, dado que o aspecto químico pode ser construído e o físico não pode ser alterado (GOMES; PAIVA, 2011). Além de precisar ser um bom fornecedor de nutrição para as plantas, o substrato também deve ter boa aeração, para que o sistema radicular tenha espaço para crescer, e boa drenagem, a fim de evitar o apodrecimento das raízes.

Para composição dos substratos, é comum o uso de terra de subsolo em mistura com materiais orgânicos ou minerais (WENDLING *et al.*, 2002). Almeida (2016) recomendou

utilizar substratos com satisfatório teor de matéria orgânica em mudas florestais, apontando a possibilidade de os compostos orgânicos integrarem 100% do substrato. As substâncias orgânicas melhoram a agregação, aumentam a capacidade de troca catiônica e aumentam a capacidade de retenção de água (GOMES; PAIVA, 2011; CALDEIRA *et al.*, 2008).

Schinus terebinthifolius Raddi, popularmente, chamada de aroeirinha é uma espécie pioneira arbórea nativa do Brasil pertencente à família Anacardiaceae (LORENZI, 2002). É encontrada no território entre as regiões Nordeste e Sul (CARVALHO *et al.*, 2013). Por ter crescimento rápido, é bastante procurada para compor plantios de recuperação de áreas degradadas.

Cedrela fissilis Vell., também conhecido como cedro, é uma espécie da família Meliaceae (LORENZI, 2002). Por ser considerada como não-pioneira, é muito encontrada em florestas secundárias e/ou nas clareiras de florestas primárias (CORADIN *et al.*, 2011). Apresenta grande relevância econômica e paisagística (MARTINS e LAGO, 2008), bem como importância ecológica, principalmente em sua localidade natural.

Lafoensia pacari St. Hill. é uma espécie de classe sucessional classificada como secundária e pertencente à família Lythraceae (CARVALHO, 1978). Comumente nomeada por dedaleiro ou mangava-brava, possui distribuição principal na fitofisionomia do Cerrado (LORENZI, 2002). A espécie é interessante por apresentar vasto espectro de utilização, como por exemplo a madeira para multi-usos e, principalmente, em programas de recuperação de áreas degradadas.

Guazuma ulmifolia Lam. ou, simplesmente mutamba, é pioneira, de rápido crescimento pertencendo à família Sterculiaceae (LORENZI, 2002), justificando sua ampla utilização em áreas destinadas à reabilitação ecológica e/ou ambiental. Preferencialmente, se desenvolve melhor em áreas abertas, no entanto, pode ser encontrada em fitofisionomias fechadas, além de estar representada numa abundante ocupação territorial (GALINA *et al.*, 2005).

2 OBJETIVOS

2.1. GERAL

Avaliar a viabilidade da utilização do composto orgânico em diferentes proporções volumétricas nas formulações dos substratos, a fim de produzir mudas de quatro espécies florestais nativas, avaliando o crescimento e a qualidade das mesmas.

2.2. ESPECÍFICOS

- Determinar a melhor proporção de composto orgânico no substrato para a produção de mudas das espécies *Schinus terebinthifolius* Raddi, *Cedrela fissilis* Vell., de *Lafoensia pacari* A.St.-Hil. e *Guazuma ulmifolia* Lam.;
- Avaliar a influência das formulações dos substratos nas características morfológicas, fisiológicas e parâmetros de qualidade das mudas;
- Fornecer bases científicas para produção de mudas das espécies *S. terebinthifolius* Raddi, *C. fissilis* Vell., de *L. pacari* A.St.-Hil. e *G. ulmifolia* Lam.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 PRODUÇÃO DE MUDAS FLORESTAIS

A qualidade ecossistêmica tem provocado inquietação global, por isso, há maior procura por funções e produtos florestais (JOSÉ *et al.*, 2005). Vechiato e Parisi (2013) apontaram que a crescente procura por sementes e mudas de espécies florestais é culminada pela demanda de atividades de compensações ambientais e de recuperações de áreas degradadas, a fim de seguir as legislações federais e estaduais vigentes.

O viveiro florestal é um espaço destinado à germinação de sementes e desenvolvimento de mudas, permanecendo ali até que tenha tamanho suficiente para sobreviver no local definitivo do plantio (OLIVEIRA *et al.*, 2016). Segundo Simões (1987), a germinação e o crescimento inicial são as fases mais frágeis de todo o processo produtivo, no qual objetiva a sobrevivência das mudas, sendo que os viveiros florestais contêm condições favoráveis de irrigação, sombreamento e proteção ao ataque de pragas. Assim sendo, a produção de mudas nesses tipos de viveiros tem como cerne a maximização do controle do crescimento inicial de mudas, bem como a triagem de plântulas por maior tamanho e melhor vigor, a fim de garantir plantas que sejam homogêneas e de forte sobrevivência em campo (BIANCHETTI *et al.*, 1998).

A produtividade de um indivíduo e da floresta em si é impactada pela qualidade das mudas, repercutindo diretamente no crescimento futuro da árvore. Logo, toda e qualquer tecnologia utilizada no processo deve-se conciliar com a qualidade no processo produtivo (SIMÕES, 1987).

O processo de produção de mudas florestais se inicia na sementeira. Nesta fase, tende-se a seguir por dois caminhos: a sementeira direta no recipiente final ou a sementeira em canteiros (sementeira indireta), com posterior repicagem da muda no recipiente definitivo, permanecendo nele até que a muda alcance altura suficiente para ir a campo (STURION, 1981). Quando a sementeira é feita em canteiros, após semear, Sturion e Antunes (2000) recomendaram a cobertura das sementes com uma fina camada do substrato utilizado, a fim de manter a umidade do canteiro necessária à germinação e assegura a profundidade de sementeira, evitando a exposição das sementes na superfície.

Na sementeira indireta, no momento da repicagem, é importante que as plântulas não estejam muito grandes para evitar que ocorra o enovelamento do sistema radicular (SIMÕES, 1987). Nesse processo, é importante a escolha do recipiente correto, para distanciar potenciais danos na radícula das plântulas. Oliveira *et al.* (2016) reiteraram que na seleção do recipiente deve-se avaliar o tamanho inicial e final das mudas, o custo de aquisição, durabilidade, facilidade de manuseio e de armazenamento, dentre outros aspectos. Além disso, a seleção de recipientes precisa viabilizar maior proporção de solo nas raízes, todavia que seja factível e de fácil transporte.

Dentre os recipientes utilizados para produção de mudas, Simões (1987) destaca que o saco plástico promove, muitas vezes, um entrave na produção quanto a promoção do enovelamento de raízes, mas ainda assim, é um dos recipientes mais populares no Brasil para produção de mudas florestais. Corroborando com o autor anterior, Vargas *et al.* (2011) garantiram a majoritiedade dos sacos plásticos na produção de mudas florestais e, também, adicionaram os tubetes de polipropileno de diferentes dimensões a essa vasta utilização. Para eles, quando a muda é destinada ao plantio de recuperação, privilegia-se as mudas que foram produzidas em sacos plásticos, já que esse tipo de recipiente ocasiona maior probabilidade de sobrevivência das mudas e, também, maior crescimento inicial depois do plantio.

O entrave da utilização de sacos plásticos é a carência de grande quantidade de mão-de-obra para enchimento do recipiente com substrato e para alinhamento dos mesmos nos canteiros. Outro problema apontado, é em relação ao possível enovelamento das raízes, afetando o desenvolvimento das mudas em campo pela não estabilização do sistema radicular no solo (VARGAS *et al.*, 2011), e, por consequência, a não sustentação dos indivíduos ao longo do ciclo de vida.

Cada espécie reage de uma forma diferente quanto a necessidade nutricional. Portanto, há a importância de conhecimentos do comportamento dos nutrientes nos solos, para que se obtenha maior incremento, produtividade e desenvolvimento das mudas em viveiro e, também,

em campo; para menor gasto com insumos no viveiro; para diminuir potenciais danos ambientais causados pela lixiviação de nutrientes que podem se tornar poluidores (NAVROSKI *et al.*, 2016).

Todo o manejo realizado durante o crescimento das mudas no viveiro florestal tem impacto direto na qualidade das mudas produzidas. A avaliação da qualidade de mudas florestais pode ser feita através de medições morfológicas e fisiológicas das mesmas (SIMÕES *et al.*, 1987). No entanto, segundo Gomes e Paiva (2013) por serem de mais simples mensuração e visualização, os parâmetros morfológicos são os mais utilizados, sendo eles: comprimento da parte aérea (H), diâmetro da base do coleto (DC), peso de matéria seca total (PMST), peso de matéria seca da parte aérea (PMSPA) e peso de matéria seca das raízes (PMSR). Simões *et al.* (1987) apontaram que o diâmetro do coleto é a variável mais assertiva para monitorar a qualidade de mudas.

Além disso, Gomes e Paiva (2013) descreveram que a relação entre o comprimento da parte aérea e o diâmetro da base do coleto (H/DC); a relação entre comprimento da parte aérea e o peso de matéria seca da parte aérea (H/PMSPA); a relação entre o peso de matéria seca da parte aérea e o peso de matéria seca das raízes (H/PMSR); e o índice de qualidade de Dickson (IQD) são, também relações pautadas em variáveis morfológicas utilizadas na classificação da qualidade de mudas florestais.

Objetivando reconhecer a associação entre os fatores morfológicos de crescimento e o índice de qualidade de Dickson, com o intuito de presumir a qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis* e *Pinus elliottii*, Binotto *et al.* (2010) obtiveram em seus resultados uma forte correlação entre o diâmetro da base do coleto e todas as variáveis parametrizadas na pesquisa, sendo elas altura de parte aérea (cm), número de folhas, massa seca de folha, massa seca de caule, matéria seca de raiz, matéria seca de parte aérea, matéria seca total, proporção de altura com diâmetro de coleto, proporção do caule e raiz e Índice de qualidade Dickson (DQI), em ambas espécies estudadas.

Segundo eles, o quão maior era a conformação das raízes, mais os indivíduos reagiram positivamente ao crescimento. Desse modo, a massa seca de raiz e o diâmetro da base do coleto se tornam atributos morfológicos para delimitação da qualidade de mudas. Outra relação importante foi a obtida entre índice de qualidade de Dickson (DQI) e diâmetro do coleto, sendo que esse segundo, é o parâmetro não destrutivo que melhor representa o DQI. Ou seja, quanto maior o diâmetro da base do coleto, maior será o valor do índice, indicando superioridade na qualidade das plantas.

3.2 SUBSTRATOS PARA A PRODUÇÃO DE MUDAS FLORESTAIS

O ar, a água e o solo são os três meios fornecedores de elementos químicos para a constituição das plantas, sendo o solo, o meio de mais fácil manipulação para adequação tanto das questões físicas quanto das questões químicas atreladas a ele (FAQUIN, 2005). De acordo com o mesmo autor, além do mais, o solo ainda exerce papel de reservatório dos minerais exigidos pelas plantas.

Segundo Caldeira *et al.* (2014), a produção de mudas florestais de qualidade é essencial para o sucesso do plantio, tanto em produtividade quanto em estabelecimento de indivíduos, e por isso, a qualidade das mudas florestais tem relação direta com o tipo de substrato utilizado no processo.

Existem várias definições acerca do substrato. Para Bianchetti (1998), o substrato é a matéria sólida colocada em canteiros de sementeiras ou em recipientes de produção de mudas, sendo que este pode ser constituído de solo, subsolo ou misturas de materiais diversos. Além disso, necessita ter adequada estrutura e textura, para proporcionar boa drenagem, arejamento e retenção de água para o desenvolvimento e estabelecimento do sistema radicular das plântulas. Também, é fundamental que haja boa fertilidade e matéria orgânica (BIANCHETTI, 1998).

Oliveira *et al.* (2016) determinaram que o substrato é o material sólido, sendo ele natural ou residual, tendo essência mineral ou orgânica. Este pode ser usado puramente ao cultivo ou em misturas, substituindo uma parte do solo original ou todo ele.

O principal papel do substrato é proporcionar sustentação e fornecer nutrientes para as mudas, portanto, pode ser produzido a partir de um componente ou misturas de vários, sendo eles de origem animal, vegetal e/ou mineral (DE OLIVEIRA *et al.*, 2005). Diversos materiais têm sido utilizados puros ou em mistura como substratos para produção de mudas florestais, tais como terra de subsolo e substrato comercial (TRAZZI *et al.*, 2013), areia (DA COSTA *et al.*, 2005), esterco (SEVERINO *et al.*, 2006), casca de arroz carbonizada (DA COSTA *et al.*, 2005) e resíduos orgânicos de diferentes procedências (SEVERINO *et al.*, 2006; TRAZZI *et al.*, 2013).

É de suma importância que todos os componentes que irão constituir o substrato sejam bem peneirados antes de serem misturados entre si, evitando que algum tipo de material impeça o crescimento radicular das plantas e inviabilizando o enchimento dos recipientes (DE OLIVEIRA *et al.*, 2005). As razões pelo qual se tem o favorecimento da mistura de componentes ao substrato, em vez do solo natural, pode ser pela: facilidade de logística;

cultivo em solo natural pode trazer problemas de infecções de patógenos e/ou plantas daninhas; facilidade de padronização do substrato; e maior rendimento e lucratividade nas atividades. Quando se faz a formulação de substratos, normalmente, utiliza-se um componente mineral e um ou mais componentes orgânicos, podendo ser inertes ou biologicamente ativos, ademais, pode ser acrescentado fertilizantes e corretivos (OLIVEIRA *et al.*, 2016).

3.2.1 Composto orgânico como substrato para produção de mudas florestais

Resíduos ou rejeitos de origem animal e vegetal tem vasto uso, tanto na agricultura orgânica quanto na ecológica, e podem ser indicados para composição de substratos com vistas a serem utilizados em solos pobres para adubação, pelo aspecto nutricional, e permitirem elevação da atividade biológica do solo (WEINÄRTNER *et al.*, 2006).

Segundo Faquin (2005), a adubação pode ser determinada como a incorporação de nutrientes necessários à sobrevivência da planta, a fim de obter produtividade e qualidade, sem que haja transtorno ambiental. Ou seja, quando as condições nutritivas do solo forem menores que as requisitadas pela planta, é fundamental a inclusão de adubos que supram as insuficiências.

Quando se fala em adubos orgânicos, o esterco é a primeira fonte de matéria orgânica a ser lembrado. É dependente do tipo de animal e, quando advindos da mesma classe, variam em relação a idade, a alimentação e ao manejo feitos na espécie (WEINÄRTNER *et al.*, 2006).

De acordo com os mesmos autores, independente da origem dos dejetos, todos os materiais oriundos de animais, precisam passar pelo processo de fermentação antes da utilização. Isso porque este processo faz com que alguns microrganismos prejudiciais sejam eliminados, já que fazem mal à saúde humana e, quando o esterco “verde” é usado nas plantas, pode causar à elas, queimaduras. A utilização de esterco de origem animal nas mudas florestais auxilia na economia de gastos do processo, sob condição de boa formulação, garantindo qualidade do produto. Além disso, esse tipo de material orgânico é ainda importante no fornecimento nutricional para as mudas (CALDEIRA *et al.*, 2014).

A matéria orgânica de origem animal (esterco), quando está estabilizado biologicamente falando, é um componente que proporciona ao substrato, aspectos interessantes. Caldeira *et al.* (2014) detectaram que o esterco bovino proporcionou altas concentrações de potássio no substrato, no entanto, verificaram aumento nos níveis de Na em

todas as formulações que continham esterco de origem animal, principalmente, no substrato que continha esterco de codorna.

Esse fato pode acarretar diminuição do crescimento da muda, em função da interferência no processo de interceptação de nutrientes. A utilização de esterco provenientes de animais, beneficia positivamente os aspectos químicos dos substratos, uma vez que há aumento considerável da quantidade e da acessibilidade de nutrientes para as plantas. Para mais, expande a capacidade de troca catiônica, a soma de bases e a saturação de bases conforme aumenta a fração dos esterco no substrato. E melhora a macroporosidade do substrato, já que esta é aumentada (CALDEIRA *et al.*, 2014).

Souza *et al.* (2006) desenvolveram um estudo quanto a produção de mudas de *Eucalyptus urophylla* (eucalipto), *Cedrela odorata* (cedro-rosa), *Schinus terebinthifolius* (aroeira) e *Acacia holosericea* (acácia) submetidas a várias composições de adubações, sendo elas: esterco bovino; esterco de galinha; adubação mineral NPK (testemunha); esterco de boi + Hidroplan; esterco de galinha + Hidroplan e adubação mineral NPK + Hidroplan. Observou-se que os substratos constituídos por adubos orgânicos cooperaram para a melhor performance em todas as espécies, exceto o eucalipto, em que obteve melhor resposta na composição de NPK e NPK + Hidroplan. Para eles, a utilização de adubação orgânica nessas espécies é totalmente praticável, no entanto, é limitada em plantios de grande proporção, devido a quantidade de adubo necessária.

3.3 AROEIRINHA (*SCHINUS TEREBINTHIFOLIUS* RADDI)

Schinus terebinthifolius Raddi, também conhecida como aroeira-vermelha, aroeira-da-praia, aroeira-de-remédio, aroeira-mansa, aroeirinha ou, simplesmente aroeira pertence à família Anacardiaceae e é nativa do Brasil (LORENZI, 2002; SILVA-LUZ e PIRANI, 2015). Carvalho *et al.* (2013) relataram que essa espécie pode ser encontrada na costa do Brasil, pela ampla disseminação, estendendo da região Nordeste à região Sul do país. Apresenta vasta distribuição, sendo desde a restinga a florestas pluviais e semidecíduas de altitude (LORENZI, 2002), podendo ser encontrada nas fitofisionomias dos biomas Cerrado, Mata Atlântica e Pampa. Contudo, a aroeirinha não é endêmica no país (SILVA-LUZ e PIRANI, 2015), já que ocorre de maneira orgânica na Argentina, no Paraguai e no Uruguai (NEVES *et al.*, 2016).

Classificada como perenifólia, heliófita e pioneira antrópica de crescimento rápido, *S. terebinthifolius* Raddi é comumente encontrada nas margens de rios, córregos e/ou em

planícies umidificadas de composições secundárias, apesar disso, também cresce em regiões secas e de solos pobres (LORENZI, 2002; GONÇALVES e DE VICENTE FERRAZ, 2009). A árvore adulta pode chegar de 5 a 10 metros de altura, sendo dióica, tendo copa larga e tronco com 30 a 60 cm de diâmetro (LORENZI e MATOS, 2008). O caule é cilíndrico, aéreo e lenhosos com ramificações simpodiais e sua casca é rugosa e grossa com estrias longitudinais e cor marrom acinzentada (LORENZI, 2002; AZEVEDO *et al.*, 2015). Produzem sementes do tipo ortodoxa (WIELEWICKI *et al.*, 2006).

Em relação à sua fenologia, Lorenzi (2002) afirmou que a aroeirinha floresce sobretudo entre os meses de setembro e janeiro, frutificando de janeiro a julho; e a semeadura para produção de mudas deve ser em sementeiras a pleno sol, contendo substrato de textura argilosa e a germinação pode ser superior a 50%, entre 10 a 15 dias após a semeadura. O mesmo autor reiterou que o ideal é fazer a repicagem das plântulas quando estas estiverem com 5 a 6 cm de altura, para o recipiente definitivo, além disso, a evolução das mudas em campo ocorre de maneira rápida.

Lorenzi e Matos (2008) afirmaram que a espécie é largamente utilizada para arborização urbana e na ornamentação, especialmente, ao longo da época de frutificação. Foi introduzida na América do Sul, no continente Europeu e nos Estados Unidos, principalmente na Flórida com o intuito paisagístico, porém atualmente, é considerada espécie invasora (NEVES *et al.*, 2016).

Muitas são as utilizações da espécie além da ornamentação e arborização urbana. A madeira, por exemplo, pode ser utilizada para fabricação de mourões, produção de carvão e lenha, e sua casca apresenta efeitos anti-inflamatórios e cicatrizantes, bem como para tratamento de doenças (LORENZI e MATOS, 2008). Por isso, é considerada planta medicinal.

Segundo Carvalho *et al.* (2013), às substâncias bioativas têm sido manifestadas favoravelmente nas espécies constituintes da família *Anacardiaceae*, por isso, as propriedades farmacológicas encontradas na *S. terebinthifolius* são de conhecimentos antigos. Um dos constituintes mais relevantes da sua casca são os taninos presentes, fazendo com que a partir do uso comum como planta medicinal apresenta vantajosa potencialidade de evolução de atuais produtos fitoterápicos, já que a pesquisa para reconhecer e descrever os constituintes químicos são escassos. Hoje em dia, a aroeirinha tem seu uso no ramo medicinal através da infusão das suas folhas como remédios para bronquites e como fortificante capilar. Os elementos mais utilizados são cascas, folíolos, sementes, frutos, galhos, óleos e resina (DE ALMEIDA e DA CÂMARA, 2008).

Apesar de ter seu uso farmacologista mais destacado, a aroeirinha, também tem grande relevância ecológica, em especial se tratando da recuperação de áreas degradadas. Por ser atrativa a avifauna, possui dispersão zoocórica por pássaros, o que justifica a boa regeneração natural apresentada pela espécie (PAOLI e CARMELLO-GUERREIRO, 1999; LORENZI, 2002). Para Silva (2007), a aroeira se adapta a condições adversas de ambiência, como a caatinga. Devido a esse fato, com a intensa degradação ambiental, essa espécie tem sido usada para recuperação dessas áreas e até mesmo sendo plantadas em áreas de semiárido do Nordeste do Brasil. O mesmo autor aponta que o problema de plantios mal sucedidos com a espécie, é a falta de conhecimentos autoecológicos da mesma.

Espécies de início de sucessão florestal e de crescimento moderadamente rápido como a aroeirinha, tendem a desenvolver-se de maneira superior quando há pronta disponibilidade de nutrientes advindos da adubação mineral disponível. Além disso, são mais exigentes a quantidades de nutrientes para interceptação, a fim de proporcionar absoluto desenvolvimento e geram respostas às concentrações de elementos nutricionais presentes no substrato (GONÇALVES e DE VICENTE FERRAZ, 2009; ABREU *et al.*, 2017). Paiva (2005) afirmou que a exigência por nutrientes é proporcional às taxas de crescimento, ou seja, quanto superior for o índice de crescimento da muda, maior serão as demandas por nutrientes após o plantio.

Em estudo realizado por José *et al.* (2009), no qual objetivava estimar o efeito do tipo de adubação e as quantidades de doses de fertilizantes na qualidade de mudas de aroeira, produzidas em tubetes de 50 e 150 mLs autores constataram que, a medida em que as doses de fertilizantes eram maiores, mais significativas eram as respostas das mudas em relação às variáveis diâmetro do coleto (D), altura total (H), matéria seca de parte aérea (MSPA), matéria seca total (MST) e a relação entre matéria seca de parte aérea/matéria seca de raízes. Eles garantiram ainda, que a condição limitante para o crescimento das mudas foi o volume do recipiente, que interferiu significativamente nas variáveis morfológicas das mudas de *S. terebinthifolius*. Segundo Knapik *et al.* (2005), a aroeirinha respondeu melhor ao tratamento que continha maiores níveis de fósforo (P), favorecendo as variáveis altura e diâmetro.

3.4 CEDRO (*CEDRELA FISSILIS* VELL.)

Cedrela fissilis Vell., popularmente denominado como cedro, é uma espécie arbórea nativa do Brasil, com indivíduos podendo atingir cerca de 20 a 35 metros de altura e tendo o troco de 60 a 90 cm de diâmetro. Possui distribuição mais presente entre os estados do Rio

Grande do Sul e Minas Gerais, principalmente, em territórios de transição entre as zonas úmidas e de semiárido (LORENZI, 2002).

Um dos constituintes da família Meliaceae, o cedro é classificado quanto ao grupo sucessional como sendo secundária inicial ou clímax exigente de luz e se desenvolve melhor, preferencialmente, em solos profundos e úmidos (CARVALHO, 2005) como os encontrados em planícies e vales (LORENZI, 2002), com boa drenagem com textura argilosa e/ou areno-argilosa (CARVALHO, 2005). Lorenzi (2002) descreveu a espécie como sendo caducifólia, heliófita ou esciófita, já que pode se desenvolver no interior de florestas primárias e pode ser encontrada como espécie pioneira em capoeiras.

Essa espécie apresenta madeira com densidade de leve a moderada, macia e bastante durável (LORENZI, 2002; IBF, 2020), por isso, diversas são as utilizações e aplicabilidades. Dentre elas, pode-se citar o uso da madeira serrada na construção civil e na marcenaria, toras para mourões, para energia, produção de celulose e papel, produção de óleos essenciais e *etc* (CARVALHO, 2005). Também, é muito utilizada em paisagismo e na recuperação de áreas degradadas com reflorestamentos heterogêneos, uma vez que não é indicado fazer o plantio de aglomerados de indivíduos em razão dos ataques de brocas (*Hypsipyla grandella*) à espécie (LORENZI, 2002; CARVALHO, 2005; CNCFlora, 2012.2).

Quanto à designação desta para o paisagismo e arborização urbana, há pontos que precisam ser considerados, como por exemplo a possibilidade de problemas com a rede elétrica e fissuras na malha viária urbana (IBF, 2020), devido à altura que os indivíduos podem atingir.

O gênero *Cedrela* está fortemente ameaçado de extinção, devido à extração madeireira e pelo desmatamento de áreas de ocorrência natural (LAUDANO *et al.*, 2005). Corroborando com esses autores, o CNCFlora (2012.2) aponta que o cedro tem sofrido com a exploração antrópica exacerbada de florestas, levando a extinção de algumas subpopulações de indivíduos. Apesar de haver poucas pesquisas voltadas às práticas silviculturais e técnicas de melhoramento de *C. fissilis* Vell., essas são importantes para obtenção de informações que facilitem a domesticação da espécie. Contudo, sabe-se que a abrangente disseminação natural do cedro é compreendida por agentes climáticos, edáficos, topográficos e outros, sendo esses priorizados em estudos de beneficiamento do melhoramento e da seleção genética da espécie, a fim de, buscar a qualificação do material genético mais adaptável e produtivo a condições adversas a qual será submetido em campo (NAVROSKI *et al.*, 2016).

C. fissilis Vell. dispõe de sementes não dormentes (CARVALHO, 2005), ortodoxas (WIELEWICKI *et al.*, 2006) e aladas, tendo os frutos encapsulados e deiscentes (LORENZI,

2002; IBF, 2020). Por isso, a dispersão é anemocórica. Para Martins e Lago (2008), o acondicionamento ideal das sementes é mantê-las com umidade entre 4,5 % e 12,4% nas temperaturas de 10 e 20°C.

Lorenzi (2002) determinou que após a coleta das sementes, estas devem ser colocadas para germinar em canteiros semisombreados com substrato argiloso e cobri-las com uma fina camada de substrato peneirado. Entre 12 a 18 dias, ocorre a germinação das sementes. No estudo de Salamoni *et al.*, (2012), a germinação do cedro ocorreu após 30 dias da semeadura, sendo que, 100% das sementes que tinham o substrato comercial e a vermiculita como substrato, germinaram. No entanto, as que estavam em solo argiloso e a areia atingiram 88,75% e 63,65% de germinação, respectivamente. Nos quatro substratos utilizados na pesquisa as sementes da espécie germinaram, porém em porcentagens diferentes, sendo o substrato comercial e a vermiculita mais indicados para a *C. fissilis* Vell. Estes mesmo autores observaram ainda que, as sementes não apresentaram perda de poder germinativo, sendo que estas foram armazenadas por 6 meses, sob baixa temperatura.

Questões genéticas e ambientais induzem os efeitos quanto a qualidade de mudas e o crescimento no campo (DE OLIVEIRA PEREIRA *et al.*, 2017) e devido ao cedro apresentar crescimento lento, é fundamental maior aplicação nutricional (NAVROSKI *et al.*, 2016). No estudo realizado por Navroski *et al.* (2016), no qual, avaliaram a influência da adubação de base e de cobertura no crescimento de mudas de cedro, concluíram que as mudas cresceram bem quando houve a introdução de 5 g dm⁻³ de Osmocote® ao substrato e a aplicação de cobertura de 3 g L⁻¹ de Peter's®. Porém, a ureia em adubação de cobertura não trouxe resultados satisfatórios.

3.5 DEDALEIRO (*LAFOENSIA PACARI* A.ST.-HIL.)

Pertencente à família *Lythraceae*, o dedaleiro, pacari, mangava-brava ou dedal ocorre nas florestas de altitude (latifoliada semidecídua e de pinhais) e no Cerrado, principalmente, nos Estados de Minas Gerais, São Paulo, Mato Grosso do Sul até o estado de Santa Catarina (LORENZI, 2002). É comumente encontrado nas formações ditas como secundárias, como por exemplo as capoeiras e capoeirões (CARVALHO, 1978), e também, muito identificada em bordas das Matas de Galeria, nas Matas Secas e no Cerrado sentido restrito (OLIVEIRA *et al.*, 2016). No entanto, a distribuição é vasta e descontínua, não formando grandes aglomerados populacionais. Por isso, a regeneração natural da espécie é dificultada (CARVALHO, 1978).

Para Lorenzi (2002) e IBF (2020), são árvores decíduas, heliófitas e não sensíveis às condições físicas do solo. De acordo com Carvalho (1978), na fitofisionomia Cerrado, os indivíduos crescem mais lentamente. A árvore apresenta, aproximadamente, altura de 10 a 18 metros com tronco de 30 a 60 cm de diâmetro (LORENZI, 2002), havendo sazonalidade na floração e na frutificação dos indivíduos, ocorrendo no período de seca, entre os meses de abril a outubro (SANTOS *et al.*, 2009).

O dedaleiro possui utilidades variadas, que vão desde a utilização da madeira na construção civil e marcenaria, até o uso da árvore para recuperação de áreas antropizadas e no paisagismo e/ou ornamentação (LORENZI, 2002; IBF, 2020). Ademais, pode ser usada como planta medicinal. Pasa e Cabral (2009) afirma que a utilização é ampla, podendo ser usada no tratamento de úlcera e no oeste do Paraguai, é indicada no tratamento do câncer.

As sementes de *L. pacari* A.St.-Hil. são determinadas como ortodoxas (WIELEWICKI *et al.*, 2006) e, segundo Oliveira *et al.* (2016), elas são frequentemente atacadas por insetos. Apesar disso, a germinação ocorre 10 dias após a semeadura, atingindo cerca de 90% de germinação. Já Lorenzi (2002) relatou que a germinação se aproxima de 10 a 15 dias após a semeadura e tendo uma taxa de germinação de 60%.

O mesmo autor determinou que para produzir mudas de dedaleiro, é necessário colocar as sementes para germinação logo após a colheita, em canteiros semi-sombreados com substrato organo-arenoso e cobri-las com uma fina camada do mesmo substrato peneirado e que a irrigação deve ser feita duas vezes ao dia. As sementes não precisam passar por nenhum tratamento pré-germinativo, pois estas não são impermeáveis no tegumento (CARVALHO, 1978).

Segundo Martinelli-Seneme *et al.* (2010), a utilização dos substratos areia fina, areia grossa e, a combinação de areia grossa com vermiculita foram os que obtiveram maior germinação de sementes de dedaleiro, 73%, 69% e 63%, respectivamente. Determinaram ainda que, independentemente dos substratos utilizados na pesquisa, as sementes da espécie germinaram melhor na temperatura de 20°C (60%).

Segundo Carvalho (1978), para a produção de mudas de *L. pacari* A.St.-Hil., as sementes podem ser semeadas em canteiros ou diretamente nos recipientes finais e, uma vez que a porcentagem de germinação é alta, o ideal é semear já nas embalagens. As plantas se adaptam melhor em solos profundos, mas não requerem altos índices de fertilização.

No estudo de Scheer *et al.* (2012), as mudas de dedaleiro que obtiveram maiores diâmetros de coleto, foram as submetidas no substrato composto por resíduos de podas de árvores trituradas + lodo de esgoto, na proporção 2:1 e com 2,7 dm³ de fertilizante. E Silva e

Santos (2019) afirmaram que as mudas dessa espécie tiveram maior qualidade quando produzidas a pleno sol e nos substratos constituídos de solo com NPK e solo com esterco bovino.

Com o intuito de analisar o desenvolvimento inicial de *L. pacari* A.St.-Hill em diferentes dosagens de calagem e adubação com NPK, como resultado obteve-se que os indivíduos da espécie cresceram mais em altura quando submetidos a níveis de 300g e 500g de NPK, quando comparada aos indivíduos que não sofreram aplicação do fertilizante. Ou seja, os maiores números de altura e diâmetro da espécie foram aqueles que haviam disponibilidade de nutrientes, no qual, eram fornecidos pela fertilização (SCHEER *et al.*, 2017).

3.6 MUTAMBA (*GUAZUMA ULMIFOLIA* LAM.)

Guazuma ulmifolia Lam. mais conhecida como mutamba ou mutambo, ocorre quase em todo o território brasileiro, desde a Amazônia até Paraná, sobretudo nas florestas latifoliadas semidecíduas (LORENZI, 2002; LORENZI; MATOS, 2008). Ambienta-se em locais abertos, porém pode ser encontrada em matas fechadas, como por exemplo, as Florestas Ombrófilas Montanas Semidecíduas (GALINA *et al.*, 2005).

Pertencente à família *Sterculiaceae*, é classificada como semidecídua, heliófita e pioneira, apresentando característica de formações secundárias da Floresta Latifoliada da bacia do Paraná. (LORENZI, 2002). Espécie arbórea com altura aproximada de 8 a 16 m e com tronco de 30 a 50 cm de diâmetro, exibe ampla dispersão, mas de maneira descontínua e irregular (IBF, 2020), podendo ocorrer em estruturas com altitude superior a 800 metros (LORENZI, 2002).

Lorenzi (2002) afirmou que a espécie é de rápido crescimento, tendo a madeira leve, pouco compacta e de boa durabilidade quando segura de chuva e umidade. Pode ser matéria-prima para fabricação de tonéis, para construção civil interna, para caixotaria e até mesmo para produção de pasta celulósica (IBF, 2020). Além de ser explorada no paisagismo, por seus frutos serem extremamente atrativos a macacos e outros animais, pode ser usada em plantios heterogêneos de recuperação de áreas degradadas (LORENZI, 2002) nos estágios iniciais de sucessão ecológica (GALINA *et al.*, 2005). Para mais, as folhas e raízes podem ser utilizadas na medicina caseira (LORENZI e MATOS, 2008).

As sementes devem ser colocadas para germinar em canteiros a pleno sol ou em recipientes individuais tendo um substrato argiloso-arenoso, logo após a coleta. A emergência

das plântulas ocorre, geralmente, de 7 a 15 dias após a semeadura e a taxa de germinação é baixa (LORENZI, 2002). No estudo de Oliveira *et al.* (2016) determinou-se que a germinação das sementes de mutamba atingiu 50%, aproximadamente (OLIVEIRA *et al.*, 2016).

Por apresentar dormência tegumentar, a escarificação térmica e a escarificação química com ácido sulfúrico são eficientes quanto a velocidade de germinação, em comparação à germinação das sementes que não sofreram nenhum método de supressão de dormência. Deste modo, os procedimentos de quebra de dormência favorecem o tempo da produção de mudas da espécie, bem como a homogeneidade das idades das plântulas (PAIVA SOBRINHO *et al.*, 2012).

Quando as mudas de *G. ulmifolia* Lam. são submetidas a condições nutricionais favoráveis, essas apresentam adequada performance fisiológica, ocasionando maior crescimento e desenvolvimento (SILVA *et al.*, 2020a). Com base no estudo desses autores, verificou-se que de fato a utilização de substratos contendo água derivada de resíduos suínos são eficientes na produção de mudas de mutamba. Os tratamentos 4 e 5, contendo respectivamente 60% e 80% de lodo suíno, forneceram os maiores valores de condução estomáticos, transpiração e taxa fotossintética. Além disso, também foi detectada maior abundância de massa seca do caule e da folha, por isso foram indicados como os melhores tratamentos para produção da espécie. Em relação à qualidade das mudas, os tratamentos 4, 5 e 6 (100% de lodo suíno) atingiram maiores taxas, sendo que esse resultado está relacionado às características nutricionais dos substratos, devido aos elevados níveis de cálcio, magnésio, fósforo e potássio.

4 METODOLOGIA

O experimento foi conduzido entre os meses de Junho e Novembro de 2021 no Viveiro de Produção de Mudas do Jardim Botânico de Belo Horizonte-MG (Figura 1), com coordenadas 19°51'33"S e 44° 00' 42"O (GOOGLE, 2014). Segundo Alvares *et al.* (2013), a classificação climática descrita por Köppen é do tipo Aw.

Figura 1: Área do viveiro.



Fonte: Google Earth (2022).

Para avaliação das diferentes formulações de substratos no crescimento de mudas florestais foram definidos 06 tratamentos, com diferentes porcentagens dos componentes areia, terra de subsolo e composto orgânico, conforme descrito na Tabela 1.

Tabela 1: Composição, em volume (L), dos substratos utilizados na produção de mudas florestais.

Tratamentos	Composições ¹
T1 (controle)	15% A + 85% T + 0% C
T2	15% A + 65% T + 20% C
T3	15% A + 45% T + 40% C
T4	15% A + 25% T + 60% C
T5	15% A + 5% T + 80% C
T6	15% A + 0% T + 85% C

¹A = areia, T = terra de subsolo, C = composto orgânico.

A terra de subsolo (T) utilizada foi proveniente do horizonte AB com *topsoil*, solo originário da área destinada à construção da Arena MRV em Belo Horizonte - MG. E o composto orgânico é proveniente da mistura de restos vegetais (capim, folhas e outros resíduos vegetais) com os dejetos de animais herbívoros do Zoológico de Belo Horizonte, principalmente, dejetos dos elefantes africanos.

O composto orgânico foi submetido ao processo de compostagem durante, aproximadamente 120 dias, antes de sua utilização no estudo, em ambiente com condições climáticas naturais e com aeração realizadas com retroescavadeira. Tal processo é importante para a mineralização dos nutrientes, tornando-os disponíveis para as plantas.

A areia, a terra e o composto foram devidamente peneirados, antes das misturas, a fim de retirar partículas grandes que eventualmente possam influenciar negativamente no desenvolvimento radicular das mudas, conforme ilustrado na Figura 2.

Figura 2: Preparação dos componentes da mistura.



Fonte: Autora (2021)

¹Peneiramento da terra de subsolo, ²Peneiramento do composto orgânico.

Com os componentes peneirados, as proporções de cada um deles foram misturadas, manualmente, até a homogeneização total (Figura 3) para preenchimento do recipiente utilizado, o saco plástico nas medidas 18x24 cm.

Figura 3: Preparação de substrato.



Fonte: Autora (2021)

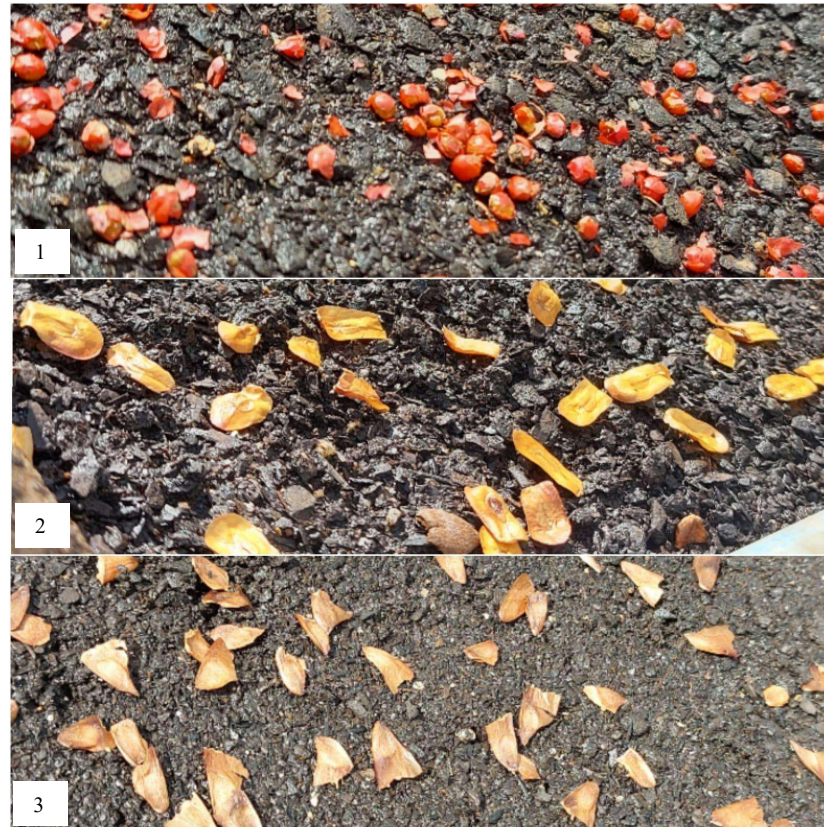
Realizou-se a análise química dos substratos conforme a metodologia descrita por Donagema et al. (2011), sendo a composição química dos tratamentos apresentada na Tabela 2.

As sementes de *Cedrela fissilis* Vell. (cedro), *Schinus terebinthifolius* Raddi (aroeira) e *Lafoensia pacari* A.St.-Hil. (dedaleiro) foram coletadas nos indivíduos-matrizes presentes no espaço da Zoobotânica, enquanto as sementes de *Guazuma ulmifolia* Lam. (mutamba) utilizadas na pesquisa foram adquiridas do estoque de sementes do próprio viveiro, coletadas no Parque das Mangabeiras em Belo Horizonte/MG. Apenas as sementes de tal espécie passaram pelo procedimento de superação de dormência, utilizando a imersão das sementes na água a 100°C e retirando-as após a água ficar em temperatura ambiente, descrito por Barboza et al. (2014).

Para o processo de germinação, foram selecionadas sementes que, visualmente, aparentavam ter boas condições fenotípicas. Após a triagem, as sementes foram colocadas

para germinar em canteiros de semeadura (Figura 4) na estufa de germinação, preenchidos com substrato comercial e, posteriormente, foram cobertas por uma fina camada do mesmo substrato, como indicado por Sturion e Antunes (2000).

Figura 4: Semeadura da aroeira, do cedro e do dedaleiro.



Fonte: Autora (2021)

¹Sementes de *Schinus terebinthifolius* Raddi; ²Sementes de *Lafoensia pacari* St. Hill.; ³Sementes de *Cedrela fissilis* Vell.

As germinações das sementes das quatro espécies ocorreram entre 10 e 15 dias após a semeadura, e a repicagem para os sacos plásticos foi realizada após, aproximadamente um mês da germinação.

Selecionou-se as melhores plântulas, considerando coletos retilíneos e o vigor aparente das estruturas vegetativas. A Figura 5 ilustra uma muda que foi selecionada para a repicagem e outra muda que não foi selecionada.

Figura 5: Características fenotípicas para seleção de plântulas para repicagem.



Fonte: Autora (2021)

¹Plântula de *C. fissilis* Vell. selecionada para repicagem; ²Plântula de *G. ulmifolia* Lam. não selecionada para repicagem.

A repicagem ocorreu nos sacos plásticos, previamente preenchidos com os substratos, que foram mantidos no sombrite 50% por 15 dias, a fim de que as plântulas se adaptassem ao ambiente externo para processo de rustificação. Nesta etapa, a irrigação era manual ocorrendo uma vez, na parte da manhã, a cada três dias da semana (segunda, quarta e sexta-feira). No 5º e no 10º dia após a repicagem, houve a substituição de plântulas mortas por plântulas vigorosas.

Posteriormente, as mudas foram transportadas para a estufa agrícola, onde foram mantidas até o final do experimento. Neste estágio, a irrigação manteve-se manualmente, sendo três vezes na semana e regando, aproximadamente, 200 ml de água por planta.

Durante toda a condução do experimento realizou-se quatro medições, sendo a 1ª realizada 15 dias após a repicagem e as medições subsequentes foram realizadas mensalmente. Os parâmetros mensurados foram: altura da muda, usando uma régua graduada e tomando como padrão a gema terminal; diâmetro do coleto, com o paquímetro; e relação altura de parte aérea e diâmetro do coleto (Figura 6). Na última medição, mediu-se indiretamente também a quantidade de clorofila através do índice SPAD, com o auxílio do aparelho clorofilômetro.

Figura 6: Instrumentos utilizados nas aferições.



Fonte: Autora (2021)

Após a última medição, cinco repetições de cada tratamento e de cada espécie foram selecionadas aleatoriamente e levadas ao laboratório para pesagem de massa de matéria verde e matéria seca da parte aérea e massa verde e massa seca de sistema radicular, além de passarem por processos laboratoriais de análise foliar.

Para as avaliações de massa verde e seca, as mudas foram retiradas dos sacos plásticos e lavadas, cuidadosamente, para eliminar resíduos do solo das raízes. Na sequência, foram

colocadas para secar de um dia para outro, a fim de eliminar a água contida externamente, como exemplificado na Figura 7.

Figura 7: Secagem das mudas.



Fonte: Autora (2021)

Após isso, as mudas foram segmentadas na altura do colo, fragmentando a parte aérea do sistema radicular e pesadas, para determinação da massa de matéria verde. Acondicionadas em sacos de papel, foram colocadas na estufa a aproximadamente 45 °C, durante 48 horas. Passadas 48 horas, as estruturas das mudas foram novamente pesadas para determinação da massa seca de parte aérea, raiz e total, objetivando determinar o Índice de qualidade de Dickson (IQD).

O índice de qualidade de Dickson (IQD) foi calculado de acordo com Dickson (1960) através da fórmula abaixo:

$$ID = \frac{MST}{\frac{H (cm)}{D (mm)} + \frac{MSPA (g)}{MSR (g)}}$$

Onde: MST = matéria seca total; MSPA = matéria seca de parte aérea; MSR = matéria seca de raiz; H = altura de parte aérea; diâmetro do coleto

Para análise dos teores de nutrientes foliares, a parte aérea seca das mudas foi processada em um triturador industrial, a fim de moer o material até que estivesse homogêneo, para realização das análises. Os teores dos nutrientes nos tecidos vegetais aéreos foram determinados, após passarem pelo processo de mineralização por digestão nítrico-perclórica. Fósforo (P) e enxofre (S) por espectrofotômetro, potássio (K) por fotometria de chama, nitrogênio (N) determinado por titulação e cálcio (Ca), magnésio (Mg) por espectrofotometria de absorção atômica.

O delineamento experimental utilizado foi o em blocos casualizados (DBC), com seis tratamentos contendo 21 repetições cada, sendo que cada repetição equivale a uma muda. Cada espécie foi analisada como sendo um experimento independente, com os mesmos tratamentos e conduzido com o mesmo delineamento.

Os dados gerados ao longo do experimento foram submetidos às análises no software R, por análises paramétricas, perfazendo análise de variância e teste Tukey a 5% de significância. Quando necessário, os dados também foram submetidos às análises não-paramétricas de Friedman a 5% de significância.

5 RESULTADO E DISCUSSÃO

5.1 CARACTERIZAÇÃO DOS SUBSTRATOS

Todos os tratamentos apresentaram pH alto (Tabela 2), variando de 6,2 a 7,8. Ou seja, substratos pouco ácidos a moderadamente alcalinos. Esses valores estão próximos da faixa de pH (5,6 a 7,0) indicada por Lepsch (2011), no qual traz condições ótimas de cultivo de plantas. Por não serem ácidos, os substratos apresentaram vantagem quanto a não disponibilidade de alumínio trocável (Al^{+3}). Tal fato, favorece o desenvolvimento das raízes, uma vez que, a presença de Al^{+3} prejudica a extensão das mesmas, segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2015), além de influenciar na disponibilidade de nutrientes. Observou-se aumento do pH nos tratamentos à medida que o teor de composto orgânico aumenta, o que pode ser explicado por Ebeling et al. (2008). Segundo os autores, quanto maior o teor de matéria orgânica, maior o teor de hidrogênio ou acidez potencial.

Tabela 2: Análise química dos substratos

Parâmetros	Unidade de medida	T1	T2	T3	T4	T5	T6
pH H ₂ O	-	6,2	6,8	7,1	7,3	7,5	7,8
Ca	cmol/dm ³	7,3	10,4	14,2	23,5	14,4	17,1
Mg	cmol/dm ³	0,3	1,5	1,5	2,7	4,3	6
Al	cmol/dm ³	0	0	0	0	0	0
H+Al	cmol/dm ³	6	5,7	5,6	5,5	5,6	5,3
K Mehlich-1	mg/dm ³	130	800	1000	2800	3600	4200
P Mehlich-1	mg/dm ³	1,5	66	134,8	292	524	565,5
Zn	mg/dm ³	6,1	18,5	66,7	23,5	45,6	42,7
Cu	mg/dm ³	2,4	2,4	4,5	1,8	6,9	7,6
Fe	mg/dm ³	297,8	182,6	344,4	146,8	593,1	618,7
Mn	mg/dm ³	69,5	70,3	228	94,1	171	120,4
SB	cmol/dm ³	8	14	18,3	33,4	27,9	33,8
CTC pH 7	cmol/dm ³	14	19,7	23,9	38,9	33,5	39,1
V	%	57	70,9	76,4	85,7	83,1	86,5
m	%	0	0	0	0	0	0

Fonte: Autora (2022)

pH em água; Ca: Cálcio; Mg: Magnésio; Al: Alumínio; H: Hidrogênio; K: Potássio; P: Fósforo; Zn: Zinco; Cu: Cobre; Fe: Ferro; Mn: Manganês; SB: Soma de base; CTC: Capacidade de troca catiônica; V: Saturação de base; m: Saturação por alumínio. T1 = 15% areia + 85% terra de subsolo + 0% composto orgânico; T2 = 15% areia + 65% terra de subsolo + 20% composto orgânico; T3 = 15% areia + 45% terra de subsolo + 40% composto orgânico; T4 = 15% areia + 25% terra de subsolo + 60% composto orgânico; T5 = 15% areia + 5% terra de subsolo + 80% composto orgânico; T6 = 15% areia + 0% terra de subsolo + 85% composto orgânico.

O pH do substrato é muito importante de ser analisado, pois aponta condições químicas, a longo prazo, que podem comprometer a estrutura do solo e o crescimento das plantas (LEPSCH, 2011). Segundo Malavolta (1979) grande parte dos nutrientes se tornam mais disponíveis a uma faixa de 6,0 e 7,0 de pH do solo e o alumínio trocável se torna pouco disponível.

Analisando a CTC apresentada na Tabela 2, pode-se afirmar que os substratos são de argilosos a muito argilosos (VILLAR, 2007), por apresentarem valores consideravelmente altos de tal parâmetro do solo. Durante a condução do experimento foi possível constatar, visualmente, a veracidade da classificação argilosa dos substratos, pois houveram problemas quanto à infiltração de água nos mesmos, como ilustrado na Figura 8.

Figura 8: Substratos com problema de infiltração imediata



Fonte: Autora (2021)

Notou-se que, ao umedecer os sacos plásticos, os que continham maior porcentagem de terra de subsolo (T) apresentou menor infiltração e, por consequência, a permanência nessa condição por mais tempo para penetrar no substrato, quando comparado os sacos plásticos que continham maior quantidade de composto orgânico. Em conformidade com Villar (2007), solos com maiores proporções de argila apresentam maior capacidade de reter água.

É possível perceber que as variações na composição dos substratos, influenciaram na constituição química dos mesmos (Tabela 2). Ou seja, ao aumentar a quantidade de composto orgânico na formulação, os teores de P, K e Mg também aumentaram proporcionalmente, comportamento semelhante à pesquisa realizada por Abreu et al. (2017) para os dois primeiros elementos, no entanto, com reação contrária com relação ao Mg. Já os demais nutrientes analisados não apresentaram um padrão definido.

O P e K fazem parte da categoria de macronutrientes (NUNES *et al.*, 2013) essenciais, por isso são bastante requeridos pelas plantas. Foram os mais encontrados nas composições dos substratos. A alta concentração de fósforo é importante, porque de acordo com Gomes e Paiva (2013), é um elemento bastante encontrado na constituição morfológica e fisiológica das plantas e é imóvel no solo e na planta. No que diz respeito ao potássio, os mesmos autores afirmaram que, a importância desse advém da sua participação em funções fisiológicas da planta, como por exemplo na respiração e fotossíntese.

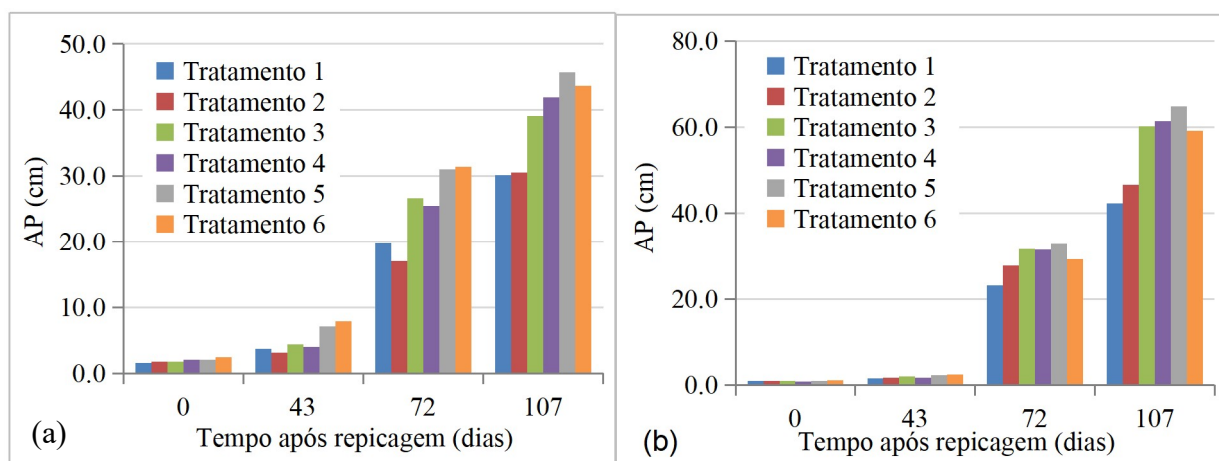
Por outro lado, em condições adequadas e necessárias para cada espécie, Franco *et al.* (1992) e De Sales *et al.* (2018) afirmaram que a matéria orgânica é fonte de disponibilidade de nutrientes minerais para as plantas. Neste contexto, apresenta também tem papel fundamental na produção de mudas fortes e saudáveis influenciando-as em diversas características.

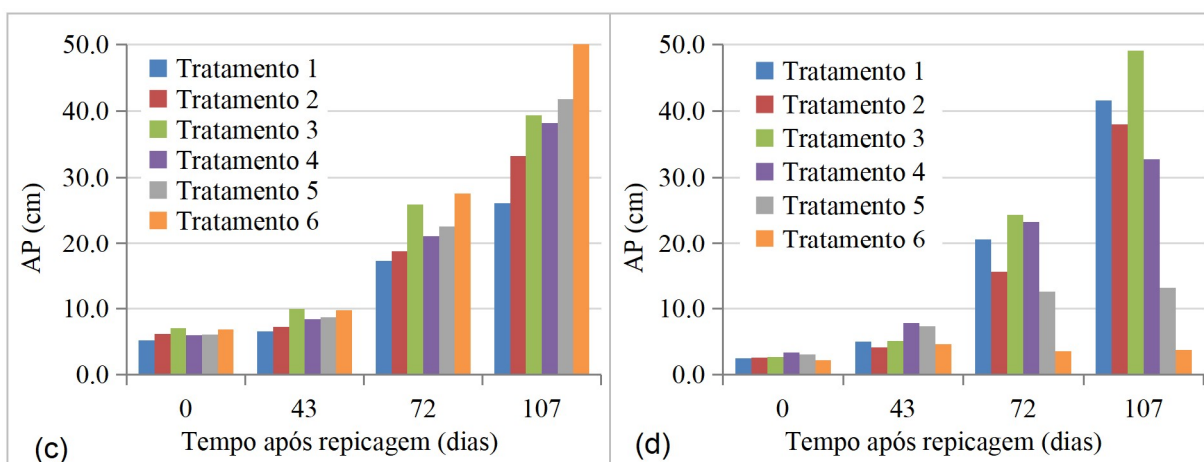
5.2 PARÂMETROS BIOMÉTRICOS

5.2.1 Altura de parte aérea

Na Figura 9 é possível observar que houve crescimento em altura das mudas ao longo das medições, do dia 0 aos 107 dias de idade, após a repicagem. A aroeira, a mutamba e o cedro tiveram maior incremento de desenvolvimento dos 43 dias para 72 dias, em todos os tratamentos. Ao passo que, em alguns tratamentos do dedaleiro, o avanço não foi tão evidente.

Figura 9: Crescimento das mudas, de 0 dias a 107 dias, das quatro espécies florestais nativas submetidas a diferentes composições de substratos.





Fonte: Autora (2022)

- (a) *Schinus terebinthifolius* Raddi - aroeirinha; (b) *Guazuma ulmifolia* Lam. - mutamba; (c) *Cedrela fissilis* Vell. - cedro; (d) *Lafoensia pacari* A.St. – Hil. – dedaleiro. Onde AP = altura de parte aérea; T1 = 15% areia + 85% terra de subsolo + 0% composto orgânico; T2 = 15% areia + 65% terra de subsolo + 20% composto orgânico; T3 = 15% areia + 45% terra de subsolo + 40% composto orgânico; T4 = 15% areia + 25% terra de subsolo + 60% composto orgânico; T5 = 15% areia + 5% terra de subsolo + 80% composto orgânico; T6 = 15% areia + 0% terra de subsolo + 85% composto orgânico.

Segundo Gonçalves et al. (2000), as espécies de início de sucessão manifestam taxas de crescimento maiores que as espécies de final de sucessão, neste caso as espécies pioneiras são aroeira e mutamba, já o cedro e o dedaleiro são não pioneiras. Portanto, quanto maiores índices de crescimento, maior é a exigência por nutriente, especialmente nas fases iniciais de desenvolvimento (PAIVA, 2005). Paiva *et al.* (2009) expressam ainda que espécies de grupos sucessionais iniciais tendem a ter maiores incrementos em altura, em contrapartida, espécies ditas como de estágios mais avançados de sucessão, tendem a ter menores incrementos.

Em congruência com o teste de médias realizado aos 107 dias, houve efeito dos tratamentos sobre o crescimento em altura das mudas de todas as espécies estudadas, salvo a mutamba, como apresentado na Tabela 3.

Tabela 3: Resultado dos testes de médias para a variável altura de parte aérea para produção de mudas de espécies florestais nativas, submetidas a diferentes formulações de substratos contendo composto orgânico

Tratamento	Aroeira* (cm)	Mutamba (cm)	Cedro (cm)	Dedaleiro* (cm)
------------	------------------	-----------------	---------------	--------------------

T1	30,6 c	42,4 ab	26,1 b	49,4 a
T2	34,4 bc	47,1 ab	33,3 ab	41,9 ab
T3	37,9 bc	60,8 a	37,9 a	37,8 ab
T4	41,1 ab	59,1 a	40,0 a	33,0 ab
T5	46,7 a	64,1 a	38,5 a	18,2 b
T6	44,5 a	60,42 a	43,1 a	7,0 bc
CV (%)	35,58	23,31	31,76	32,88

Fonte: Autora (2022)

Médias seguidas de mesma letra para uma mesma espécie são estatisticamente iguais pelo teste Tukey a 5% de significância. *Parâmetros avaliados pela análise não-paramétrica de Friedman a 5% de significância. T1 = 15% areia + 85% terra de subsolo + 0% composto orgânico; T2 = 15% areia + 65% terra de subsolo + 20% composto orgânico; T3 = 15% areia + 45% terra de subsolo + 40% composto orgânico; T4 = 15% areia + 25% terra de subsolo + 60% composto orgânico; T5 = 15% areia + 5% terra de subsolo + 80% composto orgânico; T6 = 15% areia + 0% terra de subsolo + 85% composto orgânico.

Para a aroeira, os T4, T5 e T6 foram estatisticamente superiores, no entanto, o T4 não pode ser diferenciado dos tratamentos 2 e 3. O T5 foi detentor da maior média, com 46,7 cm, seguido dos T6 e T4, 44,5 cm e 41,1 cm, respectivamente. E o T1, considerado como o pior tratamento, com a menor média (30,6 cm) e 52,6% menor que o T5. Dessa forma, a espécie necessita de proporções superiores a 60% de composto orgânico para apresentar maior desenvolvimento em altura da parte aérea.

Segundo José *et al.* (2005), o padrão ideal de mudas de aroeira, com 90 dias após a repicagem, é de 25 cm de altura de parte aérea. Tendo tal valor como base, todos os tratamentos ficaram em concordância com o padrão proposto. Os resultados encontrados no presente experimento estão em concordância com Abreu *et al.* (2019), em que observaram que tratamentos com 50 e 100% de biossólido na composição resultaram em mudas com maior crescimento, principalmente, quando compara-se o tratamento 100% de matéria orgânica com o tratamento 100% de substrato comercial. Ou seja, formulações que continham maiores proporções de composto orgânico obtiveram superior crescimento das mudas de *Schinus terebinthifolius* Raddi.

Para a mutamba, não houve diferença estatística entre os tratamentos. Todavia, o T5 obteve maior média numérica enquanto o T1 a menor, consistindo em 51,2% de diferença entre ambos. A Figura 10 ilustra o crescimento em altura das mudas de *Guazuma ulmifolia* Lam. em função dos tratamentos aplicados. Silva *et al.* (2020a) testaram a produção de mudas

de mutamba em diferentes substratos utilizando água residual da suinocultura como fonte de matéria orgânica e verificaram-se que tratamentos contendo 60% e 80% do composto na formulação resultaram em mudas com melhor altura. Além disso, mudas de mutamba bem nutridas evidenciam ótimo desenvolvimento fisiológico, permitindo crescimento e desenvolvimento superior (SILVA *et al.*, 2020a).

Figura 10: Mudas de *Guazuma ulmifolia* Lam. nas diferentes composições de substratos aos 107 dias de idades



Fonte: Autora (2021).

T1 = 15% areia + 85% terra de subsolo + 0% composto orgânico; T2 = 15% areia + 65% terra de subsolo + 20% composto orgânico; T3 = 15% areia + 45% terra de subsolo + 40% composto orgânico; T4 = 15% areia + 25% terra de subsolo + 60% composto orgânico; T5 = 15% areia + 5% terra de subsolo + 80% composto orgânico; T6 = 15% areia + 0% terra de subsolo + 85% composto orgânico.

Para o cedro, o T1 apresentou 26,1 cm de altura e foi o único tratamento estatisticamente diferente dos demais, com exceção do T2. Entre os tratamentos (T2 a T6), apesar de considerados iguais, o T6 foi o detentor da maior média numérica com 43,1 cm, ficando cerca de 65,1% superior e estatisticamente diferente ao T1. Oliveira et al. (2014) realizaram um estudo de comparação do crescimento inicial de mudas de cedro (*Cedrela fissilis* Vell.) entre diferentes substratos e constataram que o melhor tratamento foi solo+esterco (1:1), sendo 52,2% maior que o tratamento determinado como o pior, solo+areia (1:1). Isso porque, o tratamento solo+esterco continha valores superiores de matéria orgânica e nutrientes, do que o tratamento solo+areia. Malavolta (1989) afirmou que a matéria orgânica do solo é, de maneira genérica, bom berço de alimento para plantas. Por isso, *Cedrela fissilis* Vell. obteve melhores resultados para esse parâmetro em tratamentos com maior teor do composto.

O dedaleiro teve os tratamentos T1, T2, T3 e T4 como os melhores e iguais entre si, pertencendo ao T1 a maior média, sendo 22% maior que a média geral dos quatro melhores tratamentos, de 40,5 cm. Os T5 e T6 desempenharam piores performances, ambos não diferindo entre si, mas diferindo entre os demais. O T6 atingiu menor média e as plantas apresentaram 7,0 cm de altura após 107 dias, ocasionando uma diferença de, aproximadamente 605,7% com o T1.

O desempenho em altura do dedaleiro foi inversamente proporcional à quantidade de matéria orgânica no substrato (Figura 10). Essa constatação contradiz os resultados encontrados por SCHEER et al. (2012), nos quais a *Lafoensia pacari* A.St. – Hil. demonstrou maiores alturas em tratamentos contendo o lodo de esgoto, fonte da matéria prima em questão, do que nos tratamentos com substrato comercial em níveis de fertilização iguais. Scheer et al. (2017) identificaram em sua pesquisa que, possivelmente, o desenvolvimento negativo da *Lafoensia pacari* A.St. – Hil. naquele caso, tenha sido causado pela dose excessiva de calcário, ocasionando aumento de pH e indisponibilidade de micronutrientes e/ou desbalanço nutricional. Salienta-se que, na Tabela 2, os tratamentos com maiores concentrações de dejetos dos animais herbívoros no zoológico de Belo horizonte/MG alcançaram maiores valores de pH. Portanto, somado a possível sensibilidade da espécie, esse pode ser um dos motivos da clorose, ter ocorrido, como observado na Figura 11.

Figura 11: Mudas de *Lafoensia pacari* A.St. – Hil. nas diferentes composições de substratos aos 107 dias de idades



Fonte: Autora (2021)

T1 = 15% areia + 85% terra de subsolo + 0% composto orgânico; T2 = 15% areia + 65% terra de subsolo + 20% composto orgânico; T3 = 15% areia + 45% terra de subsolo + 40% composto orgânico; T4 = 15% areia + 25% terra de subsolo + 60% composto orgânico; T5 = 15% areia + 5% terra de subsolo + 80% composto orgânico; T6 = 15% areia + 0% terra de subsolo + 85% composto orgânico.

Figura 12: Clorose internerval acometida nas mudas de *Lafaensia pacari* A.St. – Hil., principalmente nas mudas dos tratamentos 4, 5 e 6



Fonte: Autora (2021)

Para a maioria das espécies, as mudas que estavam em substratos contendo maior concentração de composto orgânico resultaram em maiores alturas, enquanto que tratamentos que continham pouca ou nenhuma concentração de composto orgânico, tiveram menor desenvolvimento em altura. Provavelmente, esse último fato se deu devido à menor concentração de nutrientes na formulação do tratamento controle (T1), e assim entende-se que a composição nutritiva contida na matéria orgânica da camada superficial do solo (*topsoil*) contida na terra de subsolo, não foi suficiente para suprir as demandas das plantas. Geralmente, o subsolo abrange níveis baixos de nutrientes, o que pode ser revertido com a adição de fertilização mineral (GOMES e PAIVA, 2013) ou matéria orgânica, capaz de

fornecer quantidade suficiente de nutrientes demandados pelas plantas. Neste sentido, Silva *et al.* (2012) apontaram que a utilização do lodo de curtume como fonte de matéria orgânica, na formação de substratos, favorecer estimulantes que promovem o crescimento em altura das plantas.

Para as mudas que tiveram melhor desempenho em altura nos tratamentos com maior dose de composto orgânico, tal resposta pode ser atrelada ao alto teor de fósforo contido neles (Tabela 2), em virtude de ser um elemento importante na constituição morfológica das plantas. Cabreira *et al.* (2017a) também destacaram esse motivo justificando o alto crescimento das mudas em tratamentos contendo o bio sólido. Contudo, cada espécie responde ao tratamento de maneira distinta, uma vez que depende da sua ecologia. Portanto, diferentes espécies requerem diferentes formulações e/ou teores de composto orgânico (ABREU *et al.*, 2017).

5.2.2 Diâmetro do coleto

De acordo com o teste de médias, existe diferença entre os tratamentos para a variável diâmetro do coleto para as espécies *Schinus terebinthifolius* Raddi., *Lafoensia pacari* A.St.-Hil. e *Guazuma ulmifolia* Lam., enquanto o cedro não apresentou diferenças significativas para as diferentes formulações de substratos (Tabela 4).

Tabela 4: Resultado dos testes de médias para a variável diâmetro de coleto para produção de mudas de espécies florestais nativas, submetidas a diferentes formulações de substratos contendo composto orgânico aos 107 dias após a repicagem

Tratamen to	Aroeir a (mm)	Mutamb a (mm)	Cedro* (mm)	Dedaleir o (mm)
T1	4.3 c	5.1 b	6.3 a	4.0 ab
T2	4.4 c	5.0 b	6.7 a	3.4 b
T3	5.1 bc	7.1 a	8.7 a	4.4 a
T4	5.6 b	7.0 a	8.9 a	3.5 b
T5	6.5 a	7.3 a	8.2 a	2.6 c
T6	6.4 a	7.3 a	9.2 a	1.5 d

CV (%)	44.23	13.38	17.04	28.54
--------	-------	-------	-------	-------

Fonte: Autora (2022)

Médias seguidas de mesma letra para uma mesma espécie são estatisticamente iguais pelo teste Tukey a 5% de significância. *Parâmetros avaliados pela análise não-paramétrica de Friedman a 5% de significância. T1 = 15% areia + 85% terra de subsolo + 0% composto orgânico; T2 = 15% areia + 65% terra de subsolo + 20% composto orgânico; T3 = 15% areia + 45% terra de subsolo + 40% composto orgânico; T4 = 15% areia + 25% terra de subsolo + 60% composto orgânico; T5 = 15% areia + 5% terra de subsolo + 80% composto orgânico; T6 = 15% areia + 0% terra de subsolo + 85% composto orgânico.

Referindo-se a aroeira, o T5 (80% de composto orgânico) e T6 (85% de composto orgânico) foram os melhores tratamentos, sendo estatisticamente iguais e se diferenciando dos demais, ao passo que o T1 e T2 demonstraram pior desempenho, não sendo diferentes do T3. A média dos dois melhores tratamentos foi superior à média dos três piores, 6,45 mm e 4,6 mm, respectivamente. Tais resultados corroboram com Abreu *et al.* (2019), que evidenciaram maior incremento em diâmetro, em mudas de aroeira produzidas em formulações com 50% e 100% de lodo de esgoto. Os autores ainda indicam preferencialmente utilizar 100% do biossólido na composição, visando economizar na aquisição de substratos comerciais.

Se tratando de qualidade de mudas, a média de todos os tratamentos estão em concordância com José *et al.* (2005). Os autores estabeleceram como padrão ideal para mudas de aroeira 3 mm de diâmetro de coleto, aos 90 dias após a repicagem. Não obstante, para plantio em campo, Caldeira *et al.* (2008) ressaltaram que as mudas da espécie precisam estar entre 2,2 a 2,5 mm de diâmetro para melhor estabelecimento. Portanto, caso um dos objetivos desse presente trabalho tivesse sido plantio das mudas *ex-situ*, caberia deixá-las em rustificação por um período maior, até que estivessem com medidas diamétricas conforme o intervalo proposto pelos autores.

Para a mutamba, as tratamento 3, 4, 5 e 6 não diferem entre si, e são significativamente superiores ao T1 e T2. Esses últimos são considerados iguais estatisticamente e classificados como os tratamentos que proporcionaram menores médias de diâmetro. A média dos quatro melhores tratamentos (T3, T4, T5 e T6) é, cerca de, 41,2% maior que a médias dos dois menores tratamentos. Silva *et al.* (2020a) encontraram que tratamentos com 40% a 80% de água residual de suínos na composição dos substratos foram superiores no crescimento em diâmetro de mudas de *Guazuma ulmifolia* Lam. Ou seja, compostos orgânicos beneficiam o desenvolvimento em diâmetro da espécie, assim com o resultado deste trabalho. Fernandes *et al.* (2019) constataram que a adições de dose de esterco

bovino e esterco caprino induziram o crescimento em diâmetro das mudas de *Jacaranda brasiliana* e *Mimosa caesalpiniaefolia*.

O cedro não apresentou nenhuma diferença significativa entre os tratamentos, todos foram considerados iguais. O T6 com a maior média numérica e T1 com a menor, com 46% de diferença entre ambos tratamentos. De acordo com o estudo realizado por Oliveira *et al.* (2014), o maior diâmetro de caule de mudas de *Cedrela fissilis* Vell., após 5 meses da semeadura, foi encontrado nos tratamentos areia+solo+esterco (1:1:1) e solo+esterco (1:1). Os autores ressaltaram que a presença da matéria orgânica no substrato, possivelmente é crucial para crescimento e manutenção das mudas ao longo do tempo de viveiro. Como destacado por Araújo *et al.* (2017), maiores proporções de resíduos orgânicos aumenta a fertilização e melhora propriedades físicas no substrato.

O dedaleiro não apresentou uma tendência de correlação entre o crescimento em diâmetro e aumento do composto orgânico nos tratamentos. Os tratamentos T1 e T3 destacaram-se como os melhores para a espécie no quesito diâmetro de coleto, sendo o último tratamento o possuidor do maior valor de média, com 4,4 mm. No entanto, o T1 não pode ser diferenciado dos T2 e T4, mas esse são distintos dos T5 e T6. Apesar de, na formulação dos substratos, o T5 e T6 deterem de volumes bem próximos do composto orgânico, respectivamente 80% e 85%, ambos não puderam ser considerados iguais para o crescimento em diâmetro para a espécie. Avaliado como o pior tratamento, o T6 obteve 1,5 mm de média em diâmetro. Tal resultado não está fundamentado aos resultados encontrados por Scheer *et al.* (2012). Os substratos formulados à base de lodo de esgoto, nas proporções de 2:1 e 3:1 sem fertilizantes, não diferiram em diâmetro do substrato comercial com 2,7g dm⁻³ de fertilizante (SCHEER *et al.*, 2012). Os autores certificaram que compostos originários de lodo como fonte de nutrientes, dispõem de características físicas e nutricionais boas para produção de mudas da espécie.

Gomes e Silva (2013) defendem que, o modelo de qualidade das mudas de espécies florestais prontas para plantio possui relação com o diâmetro do coleto, pois é ótimo parâmetro para predizer o padrão de qualidade de mudas. Por ser de fácil mensuração e não necessidade de destruição da planta para medi-lo, é considerado como um dos principais e mais relevantes parâmetros de estimação da sobrevivência, posteriormente ao plantio de mudas de diferentes espécies florestais.

5.2.3 Produção de massa seca

Apesar do diâmetro de coleto e altura de parte aérea das mudas serem parâmetros relevantes nas análises de padrão de qualidade, também é recomendada a análise da massa seca de parte aérea e raiz (GOMES e PAIVA, 2013). Entretanto, nem sempre sua determinação é factível, já que é indispensável a destruição por completa da muda e necessário alguns equipamentos, como balança de precisão. Segundo Paiva *et al.* (2009), a produção de biomassa é um parâmetro interessante para avaliar as respostas das espécies à fertilidade dos substratos, além de complementarem dados de altura. Apontaram ainda que o acúmulo e a alocação de massa seca das espécies vegetais em diferentes componentes, está ligada a estratégia de crescimento, bem como com seu grupo sucessional e sua capacidade de adaptar-se a condições adversas do ambiente.

Para as mudas de *Schinus terebinthifolius*, a utilização de 80 a 85% de composto orgânico no substrato resultou em maior massa seca de parte aérea (MSPA), de raízes (MSR) e total (MST), conforme apresentado na Tabela 5. Para MSPA, os tratamentos T1, T2, T3 e T4 apresentaram as menores médias e não diferiram entre si. A média destes foi, aproximadamente, 225% menor que a média dos dois melhores tratamentos. O mesmo comportamento pode ser verificado para o parâmetro MSR, porém a média dos tratamentos inferiores foi 188% menor que a média dos dois superiores, respectivamente 2,3 g/planta e 6,7 g/planta. Já para MST, os tratamentos inferiores e considerados os piores foram T1, T2 e T4, no entanto, T2 e T4 não podem ser diferenciados de T3. Caldeira *et al.* (2008) definiram que, o uso de 20 a 80% do resíduo orgânico utilizado no estudo produziram mudas de maior biomassa seca de parte aérea, enquanto que de 20 a 60% do resíduo produziram mudas de maior biomassa seca de raiz, igualando-se ao substrato padrão utilizado. A utilização de 50 a 100% de biossólido na formulação de composto para a produção de mudas de *Schinus terebinthifolia* Raddi., resultaram em mudas com superior massa seca de parte aérea e de raiz (ABREU *et al.*, 2019).

Tabela 5: Resultado das análises de produção de matéria seca de mudas de *Schinus terebinthifolius* Raddi, em diferentes tratamentos contendo diferentes concentrações de composto orgânico.

Tratamento	MSPA	MSR	MST
T1	2,0 b	1,4 b	3,4 ab
T2	3,0 b	1,3 b	4,3 bc

T3	5,7 b	3,6 b	9,3 b
T4	4,3 b	3,0 b	7,4 bc
T5	11,9 a	6,7 a	18,6 a
T6	12,5 a	6,7 a	19,2 a

Fonte: Autora (2022)

Médias seguidas de mesma letra são estatisticamente iguais pelo teste Tukey a 5% de significância.

MSPA = matéria seca de parte aérea; MSR= matéria seca de raiz; MST = matéria seca total. T1 = 15% areia + 85% terra de subsolo + 0% composto orgânico; T2 = 15% areia + 65% terra de subsolo + 20% composto orgânico; T3 = 15% areia + 45% terra de subsolo + 40% composto orgânico; T4 = 15% areia + 25% terra de subsolo + 60% composto orgânico; T5 = 15% areia + 5% terra de subsolo + 80% composto orgânico; T6 = 15% areia + 0% terra de subsolo + 85% composto orgânico.

Para a mutamba, os tratamentos T3, T5 e T6 produziram mudas de maior MSPA (Tabela 6) e os tratamentos com 0 e 20% de dejetos orgânicos produziram menores médias de MSPA. Para o MSR, os T3, T4, T5 e T6 obtiveram as maiores médias para esse parâmetro. Em oposição, os tratamentos T1 e T2 foram os tratamentos com médias inferiores e não diferem do tratamento T3. Falando sobre o MST, os T3, T5 e T6 foram os tratamentos com maiores valores, resultando em uma média de 14,8 g/planta. Já os tratamentos T1 e T2 foram considerados inferiores, com média de 4 g/planta. A média dos três melhores tratamentos foram cerca de 271% superior à média dos dois piores tratamentos. Silva *et al.* (2020a) constatou maior produção de massa seca de folha e massa seca de caule nos tratamentos com 60 a 80% de água residual de suinocultura, enquanto que, para massa seca de raiz, os maiores valores foram encontrados nos tratamentos com 20 a 60% do composto orgânico utilizado.

Tabela 6: Resultado das análises de produção de massa seca de mudas de *Guazuma ulmifolia* Lam., em diferentes tratamentos contendo diferentes concentrações de composto orgânico.

Tratamen to	MSPA	MSR	MST
T1	1,9 c	0,7 c	2,6 c
T2	3,6 c	1,8 bc	5,4 c
T3	10,5 a	3,0 abc	13,5 ab
T4	7,2 b	4,4 ab	11,5 b

T5	11,1 a	5,3 a	16,4 a
T6	9,1 ab	5,5 a	14,6 ab

Fonte: Autora (2022)

Médias seguidas de mesma letra são estatisticamente iguais pelo teste Tukey a 5% de significância. MSPA = matéria seca de parte aérea; MSR= matéria seca de raiz; MST = matéria seca total. T1 = 15% areia + 85% terra de subsolo + 0% composto orgânico; T2 = 15% areia + 65% terra de subsolo + 20% composto orgânico; T3 = 15% areia + 45% terra de subsolo + 40% composto orgânico; T4 = 15% areia + 25% terra de subsolo + 60% composto orgânico; T5 = 15% areia + 5% terra de subsolo + 80% composto orgânico; T6 = 15% areia + 0% terra de subsolo + 85% composto orgânico.

Para o cedo, tabela 7, Os tratamentos T3 a T6 apresentaram as maiores médias para MSPA enquanto T1 e T2 as menores, sendo não divergentes estatisticamente do T4. Para MSR, o T6 foi o melhor tratamento, diferindo-se dos demais tratamentos. A média de T6 foi 123% maior que a média dos demais tratamentos. A produção de MST foi mais expressiva nos tratamentos T3, T5 e T6, ao passo que T1 e T2 foram os tratamentos que produziram menos MST. Oliveira *et al.* (2014) encontraram maiores valores de produção de massa seca de parte aérea no tratamento combinado por areia, solo e esterco, na proporção 1:1:1, aos cinco meses de idade das mudas de *Cedrela fissilis* Vell. Para mais, dentre os tratamentos de maior massa seca, o tratamento contendo solo e esterco (1:1) concedeu-se maior valor de biomassa seca de raiz, no estudo dos autores citados.

Tabela 7: Resultado das análises de produção de massa seca de mudas de *Cedrela fissilis* Vell., em diferentes tratamentos contendo diferentes concentrações de composto orgânico.

Tratamen to	MSPA	MSR	MST
T1	2,3 c	1,0 b	3,3 d
T2	3,3 bc	1,3 b	4,7 cd
T3	7,2 a	2,3 b	9,6 ab
T4	5,6 abc	2,2 b	7,7 bcd
T5	6,6 ab	2,4 b	9,0 abc
T6	9,1 ab	5,5 a	14,6 ab

Fonte: Autora (2022)

Médias seguidas de mesma letra são estatisticamente iguais pelo teste Tukey a 5% de significância. MSPA = matéria seca de parte aérea; MSR= matéria seca de raiz; MST = matéria seca total. T1 = 15% areia + 85% terra de subsolo + 0% composto orgânico; T2 = 15% areia + 65% terra de subsolo + 20% composto orgânico; T3 = 15% areia + 45% terra de subsolo + 40% composto orgânico; T4 = 15% areia + 25% terra de subsolo + 60% composto orgânico; T5 = 15% areia + 5% terra de subsolo + 80% composto orgânico; T6 = 15% areia + 0% terra de subsolo + 85% composto orgânico.

Os tratamentos T1, T2, T3 e T4 foram os melhores para o parâmetro MSPA para a espécie dedaleiro (Tabela 8). Porém, os T2, T3 e T4 não podem ser diferidos dos T5 e T6. O mesmo aconteceu para o parâmetro MST. Já para MSR, não houve diferencialmente entre os tratamentos. Observa-se que os T5 e T6 tiveram as menores médias para os três parâmetros analisadas na espécie dedaleiro. Cabreira *et al.* (2017a) identificaram aumento de biomassa nas mudas quando houve a incorporação de biossólido na formulação do substrato. Ao aumentar as doses do composto orgânico, provocou aumento de produção de matéria seca de raiz e de parte aérea.

Tabela 8: Resultado das análises de produção de matéria seca de mudas de *Lafoensia pacari* A.St. – Hil., em diferentes tratamentos contendo diferentes concentrações de composto orgânico.

Tratamen to	MSPA	MSR	MST
T1	2,7 a	0,5	3,2 a
T2	1,6 ab	0,4	2,0 ab
T3	2,4 ab	0,4	2,8 ab
T4	1,4 ab	0,4	1,8 ab
T5	0,2 b	0,1	0,2 b
T6	0,1 b	0,04	0,1 b

Fonte: Autora (2022)

Médias seguidas de mesma letra são estatisticamente iguais pelo teste Tukey a 5% de significância. MSPA = matéria seca de parte aérea; MSR= matéria seca de raiz; MST = matéria seca total. T1 = 15% areia + 85% terra de subsolo + 0% composto orgânico; T2 = 15% areia + 65% terra de subsolo + 20% composto orgânico; T3 = 15% areia + 45% terra de subsolo + 40% composto orgânico; T4 = 15% areia + 25% terra de subsolo + 60% composto orgânico; T5 = 15% areia + 5% terra de subsolo + 80% composto orgânico; T6 = 15% areia + 0% terra de subsolo + 85% composto orgânico.

A biomassa seca de raiz é um dos melhores e mais relevantes parâmetros para predizer o índice de sobrevivência e crescimento em campo das mudas de espécies florestais (GOMES e PAIVA, 2013), principalmente, com relação a sobrevivência. Quanto mais abundância em raízes, maior a probabilidade de sobrevivência da muda em campo, já que as raízes são estruturas de sustentação e, é por onde a planta captura nutrientes e água para sua manutenção fisiológica. Gomes e Paiva (2013) afirmam a correlação entre biomassa seca de raízes e altura de parte aérea. Essa afirmação corrobora com os resultados encontrados neste trabalho, pois nota-se que os tratamentos de maior média de altura expressaram maior peso de MSR e na maioria das espécies (exceto dedaleiro) esse fenômeno se deu em tratamentos com maior quantidade de composto. A figura 17 ilustra o resultado.

Figura 17: Mudas de *Schinus terebinthifolia* Raddi. submetidas a diferentes composições de substratos, aos 107 dias de idade após a repicagem



Fonte: Autora (2021)

T1 = 15% areia + 85% terra de subsolo + 0% composto orgânico; T2 = 15% areia + 65% terra de subsolo + 20% composto orgânico; T3 = 15% areia + 45% terra de subsolo + 40% composto orgânico; T4 = 15% areia + 25% terra de subsolo + 60% composto orgânico; T5 = 15% areia + 5% terra de subsolo + 80% composto orgânico; T6 = 15% areia + 0% terra de subsolo + 85% composto orgânico.

5.3 PARÂMETROS DE QUALIDADE DE MUDAS

Gomes e Paiva (2013) apontam que a relação entre altura de parte aérea e diâmetro do coleto (RHD) e o índice de qualidade de Dickson (IQD) são dois dos principais e mais utilizados parâmetros de avaliação e determinação da qualidade de mudas.

A relação RHD expressa o equilíbrio de crescimento das plantas e, portanto, quanto menor o valor de relação, maior será a capacidade das mudas sobreviverem e estabelecerem na área do plantio (GOMES e PAIVA, 2013). Acordo com os mesmos autores, enquanto o IQD refere-se ao balanceamento de parâmetros morfológicos e o valor mínimo indicado é de 0,20 para mudas de *Pseudotsuga menziesii* e *Picea abies*.

Houve diferença significativa entre os tratamentos nos parâmetros de qualidade de IQD e RHD (Tabela 9). É possível ver que o composto orgânico teve influência sobre os tratamentos.

Tabela 9: Resultado da análise do teste de médias para os parâmetros qualitativos para as quatro espécies florestais estudadas, sujeitas a diferentes doses de composto orgânico no substrato, aos 107 dias de idade

Tratamento	Aroeira		Mutamba		Cedro		Dedaleiro	
	IQD	RHD	IQD	RHD	IQD	RHD	IQD	RHD
T1	0,4 c	7,0 a	0,2 b	8,5 a	0,6 a	5,1 a	0,2 a	10,5 a
T2	0,4 c	7,5 a	1,2 ab	8,9 a	5,6 a	5,4 a	0,1 ab	10,4 a
T3	1,0 b	7,4 a	1,4 ab	7,8 a	0,7 a	4,9 a	0,2 ab	10,2 a
T4	0,8 bc	8,8 a	1,2 ab	8,2 a	0,8 a	3,7 a	0,2 ab	9,0 a
T5	1,9 a	7,8 a	1,6 a	8,0 a	0,7 a	4,7 a	0,03 ab	4,9 b
T6	2,1 a	7,1 a	1,6 a	8,0 a	0,7 a	3,9 a	0,01 b	4,8 b
CV (%)	26,97	15,45	35,04	36,85	16,27	32,72	84,12	19,76

Fonte: Autora (2022)

Médias seguidas de mesma letra para uma mesma espécie são estatisticamente iguais pelo teste Tukey a 5% de significância. IQD = índice de qualidade de Dickson; RHD = relação altura de parte aérea e diâmetro do coleto. T1 = 15% areia + 85% terra de subsolo + 0% composto orgânico; T2 = 15% areia + 65% terra de subsolo + 20% composto orgânico; T3 = 15% areia + 45% terra de subsolo + 40% composto orgânico; T4 = 15% areia +

25% terra de subsolo + 60% composto orgânico; T5 = 15% areia + 5% terra de subsolo + 80% composto orgânico; T6 = 15% areia + 0% terra de subsolo + 85% composto orgânico.

Considerando o valor mínimo de referência de 0,2 como um bom indicativo de qualidade de mudas, para as espécies *Pseudotsuga menziesii* e *Picea abies* (GOMES e PAIVA, 2013), a aroeira, a mutamba e o cedro obtiveram valores médios iguais ou maiores nas mudas cultivadas em todos os tratamentos. Já o dedaleiro alcançou o valor mínimo de referência apenas para o tratamento 1, 3 e 4. Os autores citados anteriormente afirmaram ainda que o IQD é parâmetro que leva em consideração, nos cálculos dos índices, a robustez e equilíbrio da disposição de biomassa na muda.

Com relação ao IQD (Tabela 9), para a aroeira os tratamentos T5 e T6 demonstraram maiores médias de qualidade. Enquanto, os tratamentos T1 e T2 foram os tratamentos que produziram mudas de pior qualidade, e não diferiram do T4. Para a mutamba, T2, T3, T4, T5 e T6 produziram espécies de melhor índice de qualidade de Dickson. Contudo, o T2, T3 e T4 não podem ser diferidos do T1. No cedro, a ausência/presença e a proporção de composto orgânico não teve relação com a qualidade de mudas avaliada pelo índice de qualidade de Dickson. Ou seja, não houve diferença significativa entre os tratamentos. Os tratamentos T1, T2, T3, T4 e T5 foram considerados os melhores para o dedaleiro, sendo que o T6 não pode ser diferido dos T2, T3, T4 e T5. A média do T1 foi 1900% maior que o T6, 10.5 e 4.8, respectivamente.

Portanto, se tratando do parâmetro IQD, para as espécies pioneiras (aroeira e mutamba), a média de qualidade de IQD tende a aumentar com o aumento da concentração do composto orgânico no substrato, corroborando com Abreu *et al.* (2017); Abreu *et al.* (2019). Evidenciou-se que as médias de IDQ, para a mesma espécie *Schinus terebinthifolia* Raddi., seguiram um modelo crescente com a proporção de biossólido no substrato. Silva *et al.* (2020a) obtiveram melhores índices de qualidade de mudas para *G. ulmifolia* Lam., produzidas em substratos com 60 a 100% de água residual da suinocultura. Neste aspecto, os autores relataram que esses tratamentos obtiveram melhores resultados, devido a fertilidade do substrato, contendo maiores concentrações de nutrientes como cálcio, magnésio, fósforo e potássio, o que também pode ser observado nesse trabalho (Tabela 2). O presente estudo também está em concordância com os autores, pelo fato de que para a mesma espécie, *G. ulmifolia* Lam., os tratamentos de maiores médias de IQD foram os constituídos de 80 e 85% de composto orgânico.

Oliveira et al. (2014) conseguiram índices de qualidade de Dickson superiores em tratamento configurados com solo+esterco (2:1) e areia+solo+esterco (1:1:1) para *Cedrela fissilis* Vell. No tratamento formulado com 40% de lodo de esgoto+60% composto orgânico, na pesquisa de Caldeira et al. (2014), produziram mudas de *Acacia mangium* sob melhor qualidade e com mais tendência de se estabelecer melhor em campo.

Devido à resposta contrária do dedaleiro, ou seja, maior IQD em tratamentos com nenhuma ou pouca concentração do composto, os melhores valores do índice foram nos tratamentos com 0 a 60% de composto. Tal fato corrobora em parte aos resultados encontrados por Cabreira et al. (2017a). Com o objetivo de produzir mudas de espécies florestais em diferentes proporções de biossólido na composição do substrato, Cabreira et al. (2017a) verificaram que os melhores valores de IQD para *Lafoensia pacari* A.St. – Hil. estavam submetidas em substratos com 20 a 80% de biossólido. E as maiores médias do índice foram produzidas em substratos com 80% do composto. A variação do índice encontrada pelos autores para a espécie foi de 0,60 a 0,84, porém, neste trabalho, a variação encontrada para a mesma espécie foi discrepante, de 0,01 a 0,20.

Quanto a RHD houveram diferenças significativas apenas para o dedaleiro. A igualdade entre as médias dos tratamentos das espécies aroeira, mutamba e cedro podem ser explicadas devido ao equilíbrio de crescimento entre os parâmetros altura de parte aérea e diâmetro do coleto (GOMES e PAIVA, 2013). Segundo os autores, essa relação exprime dois importantes parâmetros morfológicos em um índice só, no qual também pode ser denominado como quociente de robustez. Além disso, são parâmetros morfológicos muito importantes para predição de crescimento definitivo em campo das mudas de espécies florestais, pois se tornam mais robustas e resistentes as condições adversas do meio.

Para aroeira, os valores de RHD variaram de 7,0 a 8,8, tratamento 1 e 4, respectivamente. Essa não diferenciação entre os tratamentos também foi encontrada por Abreu et al. (2019) para a mesma espécie e Abreu et al. (2017) para *Handroanthus heptaphyllus*. No entanto, Abreu et al. (2017) verificaram melhores qualidades de mudas de *S. terebinthifolius* Raddi. nos tratamentos com 0 a 50% de biossólido na composição, sendo que o tratamento com 50% obteve maior média numérica.

De 0 a 85% de composto orgânico no substrato produziram mudas, igualmente, de qualidade avaliando o parâmetro RHD para a mutamba. O parâmetro variou de 7.8 a 8.9, com T1 e T2 tendo os maiores valores numéricos em ordem, 8,5 e 8,9. Silva et al. (2020a) tiveram como mudas de *G. ulmifolia* Lam. de melhor qualidade, pela relação altura de parte aérea e diâmetro do coleto, nos tratamentos com 20 a 100% de água residual de suinocultura e os

tratamentos que não continham o resíduo na formulação, obtiveram valores mais baixos de RHD.

Para o cedro, as médias de RDH variaram de 3,7 a 5,4 e os tratamentos não foram diferenciados, não havendo influência do composto orgânico nessa relação. Delarmelina *et al.* (2014) verificaram que as mudas de *Sesbania virgata* submetidas a tratamentos com 60% de logo de esgoto foram superiores na qualidade de mudas pelo parâmetro RHD.

Pela RHD, os tratamentos T1, T2, T3 e T4 do dedaleiro não podem ser diferenciados entre si e foram considerados os tratamentos que produziram mudas de melhor qualidade, enquanto que os tratamentos T5 e T6 foram os que produziram mudas de pior qualidade. Abreu *et al.* (2014) constatou em sua pesquisa que a produção de mudas de qualidade foi influenciada pela dose de bio sólido na composição do substrato. *Anadenanthera macrocarpa* e *Schinus terebinthifolius* tiveram melhor qualidade no tratamento com 50% de bio sólido, *Pseudobombax grandiflorum* no tratamento com 100% do composto e *Handroanthus heptaphyllus* não expressou diferença significativa entre os tratamentos.

5.4 ÍNDICE SPAD

Segundo Shadchina e Dmitrieva (1995), o índice SPAD é um parâmetro que indica quantidade de clorofila no material vegetal. Fazendo a leitura indireta da clorofila por meio do índice SPAD, pode-se perceber que existe influência dos tratamentos no resultado de concentração da clorofila nas folhas das espécies estudadas. Porém, não é possível detectar tendência de aumento da clorofila frente ao aumento da concentração de composto orgânico no substrato, como demonstrado na Tabela 10.

Tabela 10: Efeito da adubação orgânica sobre o índice, aos 107 dias de idade, das mudas de aroeira, mutamba, cedro e dedaleiro.

Tratamento	Aroeira*	Mutamba	Cedro	Dedaleiro
T1	34,2 a	22,3 ab	27,4 ab	42,9 a
T2	35,0 a	12,7 c	22,6 b	39,8 a
T3	30,3 a	20,9 ab	22,9 b	40,7 a
T4	32,4 a	16,6 bc	26,7 ab	28,8 b

T5	33,2 a	21,8 ab	32,2 a	21,6 b
T6	44,5 a	60,42 a	43,1 a	7,0 bc

Fonte: Autora (2022)

Médias seguidas de mesma letra para uma mesma espécie são estatisticamente iguais pelo teste Tukey a 5% de significância. *Parâmetros avaliados pela análise não-paramétrica de Friedman a 5% de significância. (a) *Schinus terebinthifolius* Raddi; (b) *Guazuma ulmifolia* Lam.; (c) *Cedrela fissilis* Vell.; (d) *Lafoensia pacari* A.St. – Hil. T1 = 15% areia + 85% terra de subsolo + 0% composto orgânico; T2 = 15% areia + 65% terra de subsolo + 20% composto orgânico; T3 = 15% areia + 45% terra de subsolo + 40% composto orgânico; T4 = 15% areia + 25% terra de subsolo + 60% composto orgânico; T5 = 15% areia + 5% terra de subsolo + 80% composto orgânico; T6 = 15% areia + 0% terra de subsolo + 85% composto orgânico.

A aroeira não apresentou diferença significativa entre os tratamentos. O tratamento 6 resultou em uma maior média numérica 40,7, enquanto o tratamento 3 atingiu menor valor de clorofila, com 30,3. Sales *et al.* (2018) produziram mudas de *Schinus terebinthifolius* Raddi em tratamentos diferenciados com 5 tipos de resíduo orgânicos. Os resultados foram semelhantes aos encontrados neste experimento, não houveram diferenciações entre os tratamentos. Os autores relataram ainda que o índice SPAD para a aroeira está relacionado ao teor de clorofila a, clorofila total e carotenóides, indicando que quanto maior a concentração desses pigmentos fotossintéticos, mais elevado será o valor do índice observado.

Para a mutamba, o melhor tratamento foi o T6, sendo semelhante ao T1, T3 e T5. Ao passo que o T2 foi o pior tratamento e não pode ser diferenciado de T4. Apesar do T6 ter gerado maior média, não foi possível observar uma relação entre maiores doses do composto e produção de clorofila para *Guazuma ulmifolia* Lam. Silva *et al.* (2020a) observaram que água residual da suinocultura influenciou positivamente a quantidade de clorofila total no material vegetal da mutamba. Verificaram-se que de 60 a 100% do composto na formulação produzem mais clorofilas nas mudas.

Os T1, T4, T5 e T6 foram os melhores tratamentos para o cedro, sendo o T5 o mais eficiente, numericamente, nos resultados de índice SPAD. Gabira (2018) pesquisou o crescimento e qualidade de mudas de três espécies florestais, dentre elas a *C. fissilis* Vell., produzidas em substratos a base de lodo de esgoto compostado e submetidas a diferentes lâminas de água diárias. Os substratos apresentaram diferença significativa apenas a lâmina de 6 mm, sendo que os tratamentos formulados por logo de esgoto + casca de eucalipto (1:3) e a combinação de lodo de esgoto + casca de eucalipto e logo de esgoto + casca de eucalipto + bagaço de cana-de-açúcar (2:1), obtiveram melhores resultados de índice SPAD. Enquanto que o tratamento com substrato comercial foi o pior.

Para o dedaleiro, de 0 a 40% (T1, T2 e T3) de dejetos de animais herbívoros na composição de substrato resulta numa maior produção de clorofila. Enquanto que, de 60 a 85% de dejetos (T4, T5 e T6), produz mudas com menor quantidade de clorofila em sua composição foliar. Tais resultados diferem dos resultados encontrados por Siqueira *et al.* (2018), no qual sua pesquisa objetivava a produção de mudas de *Lafoensia glyptocarpa* em substratos com lodo de esgoto. Os autores evidenciaram maiores valores de índice SPAD nas mudas produzidas nos tratamentos com 75 e 100% de lodo de esgoto, do que nas mudas de tratamentos com substrato comercial.

De maneira geral, o bom desempenho das mudas com relação a produção de clorofila, pode estar atrelado a boa condição nutricional dos tratamentos. Principalmente ao nitrogênio, nutriente esse faz parte da estrutura da clorofila (GOMES; PAIVA, 2013), e que está diretamente correlacionados a este índice (SCHADCHINA; DMITRIEVA, 1995), ou seja, maior clorofila, maior crescimento. Portanto, plantas que apresentam maior teor de clorofila, são potencialmente mais fáceis de atingir taxas fotossintéticas elevadas e melhor adaptação às adversidades do campo (AFONSO *et al.*, 2017).

5.5 ANÁLISE FOLIAR DE MACRONUTRIENTES

As plantas alocam os nutrientes de maneiras diferentes em cada parte de sua estrutura, e por consequência, os teores também são diversificados. Contudo, as folhas são as que melhor espelham o estado nutricional do vegetal (PREZOTTI; GUARÇONI, 2013). Para além disso, de acordo com Kurihara *et al.* (2005), a análise foliar possibilita avaliar o estado nutricional da planta, bem como expor a ocorrência de deficiências, níveis de toxidez e/ou instabilidade nutricional.

Os resultados demonstraram que há relação entre a concentração do composto orgânico no conteúdo de nutrientes nos tecidos aéreos (caule e folhas) das mudas, como demonstrado nas tabelas 6, 7, 8 e 9. Não foi possível realizar análises foliares para todos os tratamentos do dedaleiro, pois devido a ocorrência da clorose que impactou negativamente a produção de biomassa vegetal, as mudas produzidas nos tratamentos 4, 5 e 6 não produziram massa seca suficiente para realização das análises.

5.5.1 Nitrogênio (N)

Com o teste de médias de Tukey a 5% de significância houveram diferenças significativas entre as médias, indicando que a concentração de N foi diferente entre os tratamentos e espécies, como encontrado na tabela 11.

Tabela 11: Quantidade de nitrogênio em g/kg encontrado na matéria seca das mudas, através da análise foliar, aos 107 dias de idade

Tratamentos	Aroeira	Mutamba	Cedro	Dedaleiro
T1	10,0 b	8,5 d	11,3 a	14,5 a
T2	16,0 a	10,5 cd	17,0a	15,5 a
T3	12,9 ab	12,2 bc	20,4 a	17,0 a
T4	14,8ab	12,1 c	17,6 a	-
T5	12,9 ab	15,7 ab	18,7 a	-
T6	14,4 ab	16,8 a	19,3 a	-

Fonte: Autora (2022)

Médias seguidas de mesma letra para uma mesma espécie são estatisticamente iguais pelo teste Tukey a 5% de significância. T1 = 15% areia + 85% terra de subsolo + 0% composto orgânico; T2 = 15% areia + 65% terra de subsolo + 20% composto orgânico; T3 = 15% areia + 45% terra de subsolo + 40% composto orgânico; T4 = 15% areia + 25% terra de subsolo + 60% composto orgânico; T5 = 15% areia + 5% terra de subsolo + 80% composto orgânico; T6 = 15% areia + 0% terra de subsolo + 85% composto orgânico.

Com relação ao nitrogênio (N), para a aroeira, houveram diferenças significativas apenas entre os tratamentos T1 (menor média) e T2 (maior média), ao passo que os tratamentos T3 e T6 não diferiram estatisticamente do T2. o melhor. Para a mutamba, os tratamentos que apresentaram maiores concentrações de N foram o T5 e T6, e os piores o T1 e T2. O tratamento 6 obteve maior valor, tornando-se 2 vezes maior que o tratamento 1, de menor valor. Já para o cedro e o dedaleiro não houveram diferenciações significativas entre os tratamentos. Ambos tiveram o T3 como maior média numérica, no entanto, no dedaleiro percebe-se uma correlação do aumento da concentração da matéria orgânica com o aumento do teor de N. Ainda que algumas espécies não tenham apresentado diferença entre os tratamentos, para todas elas, o T1 foi o que desencadeou menor valor médio de N, esse fato está relacionado com a ausência do composto orgânico na composição. Ou seja, o *topsoil* como única fonte de matéria orgânica nesse tratamento não foi suficiente para proporcionar a elas maiores concentrações do nutriente para as mudas. O N é muito requerido em grande

quantidade pela maioria das espécies (GOMES; PAIVA, 2013), principalmente nos períodos iniciais de crescimento.

Era esperado que o comportamento do balanço nutricional de todas as espécies acompanhasse o teor de composto orgânico no substrato, uma vez que em maior quantidade de matéria orgânica presente, maior a tendência de N no composto. Por consequência, maior absorção pelas plantas, devido a maior disponibilidade. Barroso *et al.* (1998) afirmaram que em doses mais elevadas de N no substrato, o crescimento das mudas teve superioridade nos parâmetros avaliados. No estudo de Cabreira *et al.* (2017b), a média de N foliar na *S. terebinthifolius* foi menor com o aumento da dose de biossólido. Segundo eles, o nutriente fica mais disponível no solo não favorecendo a absorção e utilização, podendo causar posteriormente efeito tóxico. Tal fato também foi observado por Silva *et al.* (2020b), que pesquisaram sobre o efeito do acréscimo de N, na forma de ureia, em mudas de *Guazuma ulmifolia* Lam. Constataram que com o aumento da ureia no substrato, houve diminuição no acúmulo de N foliar na parte aérea da planta, indicando que doses elevadas de N podem ser prejudiciais à espécie por diminuir a eficiência de absorção do nutriente.

5.5.2 Fósforo (P)

Nota-se na tabela 12, a diferença significativa entre os tratamentos, para as quatro espécies florestais. Na tabela 2, percebe-se que o aumento da concentração do composto orgânico na formulação fez com que o teor de P aumentasse no solo. A planta absorve esse nutriente na forma mineral, portanto, essa falta de relação pode ser explicada pelo fato do P, em compostos orgânicos, ser mineralizado aos poucos (GOMES; PAIVA, 2013). Ou seja, o nutriente não estava prontamente disponível para as plantas.

Tabela 12: Quantidade de fósforo em g/kg encontrado na matéria seca das mudas, através da análise foliar, aos 107 dias de idade

Tratamentos	Aroeira	Mutamba	Cedro	Dedaleiro
T1	0,06 c	0,04 c	0,04 c	0,03 b
T2	0,14 ab	0,17 a	0,17 a	0,06 a
T3	0,16 a	0,08 b	0,08 b	0,05 ab
T4	0,15 a	0,17 a	0,17 a	-

T5	0,10 bc	0,10 b	0,10 b	-
T6	0,10 bc	0,09 b	0,09 b	-

Fonte: Autora (2022)

Médias seguidas de mesma letra para uma mesma espécie são estatisticamente iguais pelo teste Tukey a 5% de significância. T1 = 15% areia + 85% terra de subsolo + 0% composto orgânico; T2 = 15% areia + 65% terra de subsolo + 20% composto orgânico; T3 = 15% areia + 45% terra de subsolo + 40% composto orgânico; T4 = 15% areia + 25% terra de subsolo + 60% composto orgânico; T5 = 15% areia + 5% terra de subsolo + 80% composto orgânico; T6 = 15% areia + 0% terra de subsolo + 85% composto orgânico.

Para a aroeira, os tratamentos T3 e T4 foram os que apresentaram maiores concentração foliares de P, não diferindo significativamente do T2. O T1 apresentou a menor média, equivalente a 0,06 g/kg. Gerou-se uma diferença entre T1 e T3 de, aproximadamente, 27 vezes. Com relação a mutamba e ao cedro, os tratamentos T2 e T4 tiveram médias iguais e não se diferiram entre si, mas foram diferenciados dos demais tratamentos, esses foram classificados como os tratamentos que resultaram em mudas com maiores concentrações de P nos tecidos aéreos. O tratamento 1 foi inferior a todos. No dedaleiro, os tratamentos T1 e T2 difeririam entre si e tiveram uma variação de 100%, sendo de menor média e maior, respectivamente.

Em contrapartida ao estudo de Silva *et al.* (2012), no qual encontrou correlação positiva entre as absorções de P para as espécies florestais estudadas em função do aumento da concentração de lodo de esgoto no substrato, neste presente trabalho não foi observado essa relação. Por outro lado, Camargo *et al.* (2013) verificaram que a adição do biossólido em diferentes medidas no substrato, influenciou de maneira significativa o acúmulo de nutrientes na análise foliar. Os autores afirmaram que os teores de P foliar foram influenciados pelo teor de biossólido e apresentaram um comportamento inversamente proporcional à concentração do material orgânico no substrato.

As médias dos teores de P foliar entre as espécies foram bem parecidas, variando de 0,03 a 0,17 g/kg. Essa variação está relacionada a disponibilidade do nutriente no substrato e, principalmente, a quantidade ideal de macronutrientes para cada espécie, pensando em seu bom desenvolvimento (BITENCOURT *et al.*, 2022). O P foi o nutriente que demonstrou níveis mais baixos de absorção por ocorrer em quantidades bem menores na planta que o N e K (GOMES; PAIVA, 2013). Sua presença é muito importante, em especial no início do crescimento da planta para a formação das primeiras estruturas vegetais, pois estão relacionados estruturalmente aos ácidos nucleicos, fitina e fosfolipídios (GOMES; PAIVA, 2013).

Apesar de todos os tratamentos terem resultado em teores altos de P no solo e proporcional à quantidade do material orgânico, o P foliar não apresentou resposta semelhante. Gomes e Paiva (2013) afirmam que a absorção de P pela planta é na forma mineral e que a forma desse nutriente no solo mineraliza-se aos poucos, associado ao fato de que o P apresenta baixa mobilidade no solo. Talvez, a disponibilidade de P na forma absorvível não tenha sido suficiente para a planta.

5.5.3 Potássio (K)

O potássio é importante para muitas funções vitais na planta, como a fotossíntese e respiração, metabolismo de carboidratos e síntese de proteínas e outros processos (GOMES; PAIVA, 2013). Por isso, seu fornecimento é essencial para a sobrevivência e desenvolvimento da planta.

As doses dos dejetos de animais herbívoros foram influentes no conteúdo de K foliar nas mudas das espécies florestais estudadas, como validado na Tabela 13.

Tabela 13: Quantidade de potássio em g/kg encontrado na matéria seca das mudas, através da análise foliar, aos 107 dias de idade

Tratamentos	Aroeira	Mutamba	Cedro	Dedaleiro
T1	35,0 ab	12,4 a	7,4 c	6,6 a
T2	42,8 a	15,9 a	13,7 bc	6,3 a
T3	45,3 a	18,1 a	14,7 bc	7,8 a
T4	54,2 a	19,4 a	19,9 ab	-
T5	54,6 a	25,0 a	22,3 ab	-
T6	68,8 a	23,3 a	29,6 a	-

Fonte: Autora (2022)

Médias seguidas de mesma letra para uma mesma espécie são estatisticamente iguais pelo teste Tukey a 5% de significância. *Submetido a análise não-paramétrica pelo teste de Friedman. T1 = 15% areia + 85% terra de subsolo + 0% composto orgânico; T2 = 15% areia + 65% terra de subsolo + 20% composto orgânico; T3 = 15% areia + 45% terra de subsolo + 40% composto orgânico; T4 = 15% areia + 25% terra de subsolo + 60% composto orgânico; T5 = 15% areia + 5% terra de subsolo + 80% composto orgânico; T6 = 15% areia + 0% terra de subsolo + 85% composto orgânico.

Na aroeira não houve diferença significativa entre os tratamentos, no entanto, o tratamento 1 foi ligeiramente inferior aos outros tratamentos, sendo também o detentor da menor média de K foliar. O tratamento 6 foi que demonstrou maior quantidade de K, o que pode estar diretamente relacionado com composição do substrato, uma vez que 85% desse tratamento é compreendido pelo composto orgânico utilizado no experimento. Na mutamba, também não houve diferença significativa entre os tratamentos. O T1 resultou na média mais baixa, enquanto que o T5 demonstrou maior teor de K foliar. Para o cedro, os tratamentos T4, T5 e T6 não diferiram entre si, sendo o T6 o tratamento de maior média. Os T1, T2 e T3 foram os tratamentos inferiores, com o T1 de menor média, com isso, pior alocação de K foliar. O dedaleiro também não teve diferença significativa entre os tratamentos. Apesar do T1 ter sido superior em todos os outros parâmetros analisados, seja parâmetro biométrico e/ou parâmetro qualitativo, o T3 foi que obteve maior média numérica para K. Gomes e Paiva (2013) validam que em níveis crescentes do nutriente, proporciona rusticidade as mudas e resistência as condições adversas.

A aroeira e o cedro foram as únicas espécies em que se observou a relação entre o aumento no K do solo e o aumento de K foliar. A absorção desse nutriente atinge ao máximo quando existe a presença de íons de Ca no meio, embora grandes quantidades podem causar efeito reverso de inibição (GOMES; PAIVA, 2013).

Augusto *et al.* (2003) com o objetivo de aproveitar água residual de tratamento de esgoto doméstico para produção de mudas de *Croton floribundus* e *Copaifera langsdorffii*, verificaram que para K foliar, os maiores teores foram encontrados no tratamento convencional, devido a adubação mineral realizada. Cabreira *et al.* (2017a) verificaram que em tratamentos com mais quantidade de biossólido, obteve-se menor teor de K no solo, embora isso não tenha interferido no desenvolvimento das espécies estudadas. Segundo eles, a explicação é pela boa capacidade de retenção dos nutrientes em substratos argilosos e com matéria orgânica.

5.5.4 Cálcio (Ca)

O cálcio é importante na formação da lamela média, por isso sua presença causa efeitos no processo de crescimento e desenvolvimento da planta (GOMES; PAIVA, 2013). Para algumas espécies, é possível notar o efeito da composição de substrato com o composto orgânico na concentração de cálcio foliar das mudas, Tabela 14.

Tabela 14: Quantidade de cálcio em g/kg encontrado na matéria seca das mudas, através da análise foliar, aos 107 dias de idade

Tratamentos	Aroeira	Mutamba	Cedro	Dedaleiro
T1	8,0 a	13,00 b	24,6 a	10,4 a
T2	11,6 a	22,0 a	11,7 b	9,0 a
T3	11,0 a	11,4 b	13,9 b	8,6 a
T4	10,5 a	14,6 b	12,7 b	-
T5	8,4 a	9,4 b	11,2 b	-
T6	8,6 a	13,3 b	9,2 b	-

Fonte: Autora (2022)

Médias seguidas de mesma letra para uma mesma espécie são estatisticamente iguais pelo teste Tukey a 5% de significância. T1 = 15% areia + 85% terra de subsolo + 0% composto orgânico; T2 = 15% areia + 65% terra de subsolo + 20% composto orgânico; T3 = 15% areia + 45% terra de subsolo + 40% composto orgânico; T4 = 15% areia + 25% terra de subsolo + 60% composto orgânico; T5 = 15% areia + 5% terra de subsolo + 80% composto orgânico; T6 = 15% areia + 0% terra de subsolo + 85% composto orgânico.

Na aroeira, não houve diferença entre os tratamentos e o T2 foi o tratamento que obteve maior média de Ca, já o T1 a menor. Para a mutamba, somente o T2 diferiu entre os demais, sendo o melhor tratamento para a espécie. Para o cedro, o T1 foi o melhor tratamento e diferiu de todos os outros, estes nos quais não tiveram diferenças entre si. Além disso, houve uma tendência de diminuição de Ca foliar à medida em que a quantidade de composto orgânico aumentou no substrato. Já para o dedaleiro, os tratamentos não foram diferentes e percebe-se a mesma tendência que ocorreu no cedro, maior teor de Ca foliar em substratos com menor concentração de composto.

De maneira geral, os tratamentos com melhor classificação de Ca foliar variaram entre o tratamento 1 e o tratamento 2. Camargo (2013) encontraram maior média de Ca foliar, nas mudas de *Jatropha curcas* L. (pinhão-mansão), no substrato onde não continha bio-sólido. A quantidade de Ca passou de 8,22 g/kg no tratamento 0% bio-sólido para 5,10 g/kg no tratamento 40% bio-sólido. Nesse sentido, Bersch *et al.* (2018), utilizando efluente doméstico como fonte orgânica para produção de mudas de *Mimosa caesalpinifolia* Benth, foi verificado que o acúmulo de Ca foi afetado negativamente pelo componente.

Para a produção de *Dipteryx alata*, Boni *et al.* (2016) avaliaram níveis de nutrientes das mudas produzidas ao condicionamento e não condicionamento de macrófita como fonte

de matéria orgânica e encontraram variação de 3,7 a 7,0 g/kg de Ca foliar. Verificaram também que os níveis de Ca do solo em alguns tratamentos resultaram em teores foliares de Ca que não se destacaram.

Sorreano et al. (2006); Gomes e Paiva (2013) afirmaram que a deficiência de cálcio promove deformação nos meristemas apicais, afetando folhas e raízes, promovendo morte da planta. As bordas das folhas jovens apresentam clorose, podendo chegar a necrose. Essa diagnose visual foi detectada na *L. pacari*, como ilustrado nas figuras 11 e 12 apresentadas logo acima.

5.5.5 Magnésio (Mg)

O magnésio é absorvido na forma de cátion e está na molécula estrutural da clorofila, relacionado ao metabolismo do fosforo e também é um catalisador de fosfato. Na tabela 15 consta o resultado dos teores de Mg foliar nas quatro espécies estudadas, havendo diferença significativa entre os tratamentos pelo teste de médias de Tukey a 5% de significância.

Tabela 15: Quantidade de magnésio em mg encontrado na matéria seca das mudas, através da análise foliar, aos 107 dias de idade

Tratamento	Aroeira	Mutamba	Cedro	Dedaleiro
T1	12 b	3,9 ab	2,7 a	1,8 b
T2	2,2 ab	4,7 a	3,4 a	2,3 b
T3	1,9 ab	3,5 b	4,0 a	5,0 a
T4	2,2 ab	4,1 ab	1,8 a	-
T5	3,1 a	3,6 ab	3,2 a	-
T6	2,1 ab	3,8 ab	2,9 a	-

Fonte: Autora (2022)

Médias seguidas de mesma letra para uma mesma espécie são estatisticamente iguais pelo teste Tukey a 5% de significância. T1 = 15% areia + 85% terra de subsolo + 0% composto orgânico; T2 = 15% areia + 65% terra de subsolo + 20% composto orgânico; T3 = 15% areia + 45% terra de subsolo + 40% composto orgânico; T4 = 15% areia + 25% terra de subsolo + 60% composto orgânico; T5 = 15% areia + 5% terra de subsolo + 80% composto orgânico; T6 = 15% areia + 0% terra de subsolo + 85% composto orgânico.

Para a aroeira, a única diferença estatística detectada foi entre o T5 e T1, o melhor e pior tratamento, respectivamente. Os demais tratamentos foram semelhantes a ambos. A única

diferença estatística para a mutamba foi entre o T2 e T3, sendo T2 o melhor e o T3 o pior. Os outros tratamentos não tiveram diferença entre os dois destacados anteriormente. Para o cedro, não houve diferença estatística entre os tratamentos, todos os 6 foram estatisticamente semelhantes. O dedaleiro obteve o T3 como o melhor, com média de 5 mg/kg, enquanto que o T1 e T2 não tiveram diferença significativa.

Com o aumento do composto orgânico, houve incremento de Mg no solo também (tabela 2), porém isso não refletiu na absorção do nutriente. Boni *et al.* (2016) analisou que os tratamentos não influenciaram as concentrações de Mg foliar. Os autores afirmaram ainda que a soma do material orgânico no substrato não cooperou para o aumento da concentração do nutriente no tecido vegetal. Augusto *et al.* (2003) obtiveram maior concentrações de Mg nos tratamentos com água residual, todavia, quanto a absorção de Mg foliar, o tratamento convencional foi mais significativo que os demais, para a copaíba.

5.5.6 Enxofre (S)

Para o enxofre, também houve diferença entre os tratamentos, de uma maneira geral, como demonstrado na tabela 16.

Tabela 16: Quantidade de enxofre em g/kg encontrado na matéria seca das mudas, através da análise foliar, aos 107 dias de idade

Tratamento	Aroeira	Mutamba	Cedro	Dedaleiro
T1	89 a	1,8 b	13,1 ab	3,0 a
T2	8,1 a	2,8 a	13,9 a	3,2 a
T3	7,6 a	1,6 b	10,1 abc	3,4 a
T4	8,2 a	2,2 ab	6,3 c	-
T5	9,2 a	1,9 b	7,2 bc	-
T6	8,3 a	1,6 b	8,2 abc	-

Fonte: Autora (2022)

Médias seguidas de mesma letra para uma mesma espécie são estatisticamente iguais pelo teste Tukey a 5% de significância. T1 = 15% areia + 85% terra de subsolo + 0% composto orgânico; T2 = 15% areia + 65% terra de subsolo + 20% composto orgânico; T3 = 15% areia + 45% terra de subsolo + 40% composto orgânico; T4 = 15% areia + 25% terra de subsolo + 60% composto orgânico; T5 = 15% areia + 5% terra de subsolo + 80% composto orgânico; T6 = 15% areia + 0% terra de subsolo + 85% composto orgânico.

Na aroeira, não houve diferença estatística entre os tratamentos, mas numericamente, o T5 foi o que resultou maior concentração de S. Para a mutamba, o tratamento T2 foi superior, mas não diferiu do T4, tratamento esse que foi considerado igual aos T1, T3, T5 e T6. O cedro teve o T2 como melhor tratamento, apesar de não poder diferir do T1, T3 e T6. A pior média foi obtida no T4. Já o dedaleiro não teve nenhuma diferença entre os tratamentos e, apesar de bem incipiente, houve aumento na quantidade S à medida em que a matéria orgânica aumentou no substrato. Augusto et al. (2003) observaram que nos tratamentos com maior S no solo, não obteve-se mais S foliar, ficando inferior ao tratamento convencional. Boni *et al.* (2016) obtiveram concentrações de 1.6 g/kg em folhas coletadas em campo de *Dipteryx alata*. Essa concentração vai ao encontro apenas dos tratamentos T3 e T6 da mutamba, porque os demais tratamentos das demais espécies estão em níveis de S muito mais elevado.

Gomes e Paiva (2013) afirma que a eficiência do uso de N pelas mudas está intrínseca a presença do enxofre, por isso, a disponibilidade de S pode ser realizada simultaneamente a disponibilidade de N.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

- A composição de 80 e 85% dos substratos com o composto de dejetos de animais herbívoros do zoológico (T5 e T6) obtiveram os melhores resultados para a maioria dos parâmetros analisados (biométricos, qualitativos e fisiológico) para as espécies aroeira, mutamba e cedro. Os bons resultados da produção de mudas nos substratos contendo o dejetos de animais herbívoros deve-se, provavelmente, as características químicas e físicas do material, nos quais permitiram melhor retenção de água, fornecendo as plantas melhor condição de absorção de nutrientes e crescimento.
- Mudas de dedaleiro são sensíveis a pH do solo muito alto, por isso, os melhores tratamentos para a espécie foram os tratamentos 1 e 2, principalmente o tratamento 1 (0% de composto orgânico).
- Os macronutrientes foliares não apresentam relação com a quantidade de composto orgânico no substrato.
- A proposta desse estudo visando incorporar o composto orgânico nos substratos utilizados na produção de mudas foi satisfatória. Além de agregar benefícios ao desenvolvimento das mudas, também causa benefícios ao meio ambiente, uma vez que

possibilita destinação adequada do material, não sendo suscetível ao descarte incorreto e sustentavelmente incorreto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, Alan Henrique Marques de et al. Biossólido na produção de mudas florestais da Mata Atlântica. 2014.

ABREU, Alan Henrique Marques de et al. Caracterização e potencial de substratos formulados com biossólido na produção de mudas de *Schinus terebinthifolius* Raddi. e *Handroanthus heptaphyllus* (Vell.) Mattos. **Ciência Florestal**, v. 27, p. 1179-1190, 2017.

ABREU, Alan Henrique Marques et al. Caracterização de biossólido e potencial de uso na produção de mudas de *Schinus terebinthifolia* Raddi. **Eng Sanit Ambient**, v. 24, n. 3, p. 591-599, 2019.

AFONSO, Marcelo Vielmo et al. Parâmetros fisiológicos de mudas de *Albizia niopoides* produzidas em diferentes composições de substrato. **Ciência Florestal**, v. 27, p. 1395-1402, 2017.

ALMEIDA, DA. Produção de sementes e mudas florestais. In: Recuperação ambiental da Mata Atlântica [online]. 3rd ed. rev. and enl. Ilhéus, BA: Editus, 2016, pp. 170-182. Disponível em: <https://books.scielo.org/id/8xvf4/pdf/almeida-9788574554402-12.pdf>. Acesso em: 09/11/2021.

ALVARES, Clayton Alcarde et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ARAÚJO, Emanuel Franca et al. Growth and quality of *Schizolobium amazonicum* seedlings produced in substrate to waste organic base. **Nativa: Pesquisas Agrárias e Ambientais**, v. 5, n. 1, p. 16-23, 2017.

AUGUSTO, Danielle Camargo Celentano et al. Utilização de esgotos domésticos tratados através de um sistema biológico na produção de mudas de *Croton floribundus* Spreng.(capixingui) e *Copaifera langsdorffii* Desf.(copaíba). **Revista Árvore**, v. 27, p. 335-342, 2003.

AZEVEDO, C. F.; QUIRINO, Z. G. M.; BRUNO, R. L. A. Estudo farmacobotânico de partes aéreas vegetativas de aroeira-vermelha (*Schinus terebinthifolius* Raddi, Anacardiaceae). **Revista brasileira de plantas medicinais**, v. 17, p. 26-35, 2015.

BARBOZA, Vanessa Renata et al. POTENCIAL FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE *Guazuma ulmifolia* LAM. **Enciclopédia Biosfera**, v. 10, n. 19, 2014.

BARROSO, Deborah Guerra et al. Efeitos da adubação em mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth) e aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi) produzidas em substrato constituído por resíduos agro-industriais. **Revista Árvore**, v. 22, n. 4, p. 433-441, 1998.

BERSCH, Aline Patrícia et al. CARACTERIZAÇÃO ENERGÉTICA DA MADEIRA DE TRÊS MATERIAIS GENÉTICOS DE *Eucalyptus* sp. **Floresta**, v. 48, n. 1, p. 87-92, 2018.

BIANCHETTI, A. et al. **Produção de mudas de espécies florestais**. EMBRAPA-CPAF Rondonia, 1998.

BINOTTO, Alexandre Francisco; LÚCIO, Alessandro Dal'Col; LOPES, Sidinei José. Correlations between growth variables and the Dickson quality index in forest seedlings. **Cerne**, v. 16, n. 4, p. 457-464, 2010.

BITENCOURT, Gislayne; DEKNES, Luzia Barcelos; LAURA, Valdemir Antônio. Crescimento de mudas de eucalipto em solo com aplicação do lodo de curtume. **Scientia Plena**, v. 18, n. 3, 2022.

BONI, Thaís Soto et al. Avaliação comparativa do estado nutricional de mudas de baru (*Dipteryx alata*). **Ciência Florestal**, v. 26, p. 109-121, 2016.

CABREIRA, Gerhard Valkinir et al. Biossólido como componente de substrato para produção de mudas florestais. **Floresta**, v. 47, n. 2, p. 165-176, 2017a.

CABREIRA, Gerhard Valkinir et al. Produção de mudas de *Schinus terebinthifolius* utilizando biossólido como substrato em diferentes recipientes e fertilizantes. **Scientia Agraria**, v. 18, n. 2, p. 30-42, 2017b.

CALDEIRA, Marcos Vinicius Winckler et al. Composto orgânico na produção de mudas de aroeira-vermelha. **Scientia Agraria**, v. 9, n. 1, p. 027-033, 2008.

CALDEIRA, Marcos Vinicius Winckler et al. Estercos de origem animal em substratos para a produção de mudas florestais: atributos físicos e químicos. 2014.

CALDEIRA, Marcos Vinicius Winckler et al. Lodo de esgoto como componente de substrato para produção de mudas de *Acacia mangium* Wild. **Comunicata Scientiae**, v. 5, n. 1, p. 34-43, 2014.

CAMARGO, Alirio CD et al. Diagnose foliar em mudas de pinhão-manso (*Jatropha Curcas* L.) produzidas com biossólido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, p. 283-290, 2013.

CARVALHO, Paulo Ernani Ramalho. Algumas características ecológicas e silviculturais de quatro espécies florestais do estado do Paraná, 1978.

CARVALHO, M. G. et al. *Schinus terebinthifolius* Raddi: chemical composition, biological properties and toxicity. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 15, n. 1, p. 158-169, 2013.

CARVALHO PER. 2005. Cedro. Colombo: Embrapa Florestas. 17p. (Circular Técnica, 113). Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/292214/1/circtec113.pdf>>. Acesso em: 30/08/2021.

CEDRO-ROSA. IBF - Instituto Brasileiro de Florestas, 2020. Conteúdo (Lista de Espécies Nativas). Disponível em: <<https://www.ibflorestas.org.br/lista-de-especies-nativas/cedro-rosa>>. Acesso em: 30/08/2021.

CNCFlora. *Cedrela fissilis* in Lista Vermelha da flora brasileira versão 2012.2. Centro Nacional de Conservação da Flora. Disponível em: <[http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Cedrela fissilis](http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Cedrela%20fissilis)>. Acesso em: 30/08/2021.

CORADIN, Lidio. et al. Espécies Nativas de Flora Brasileira de Valor Econômico Atual ou Potencial: Plantas para o futuro - Região Sul. Brasília: MMA, 2011. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/biodiversidade/fauna-e-flora/Regiao_Sul.pdf>. Acesso em: 14/12/2021.

DA COSTA, Mauro Corrêa et al. Substratos para produção de mudas de jenipapo (*Genipa americana* L.). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 35, n. 1, p. 19-24, 2005.

DELARMELINA, William Macedo et al. Diferentes substratos para a produção de mudas de *Sesbania virgata*. **Floresta e ambiente**, v. 21, p. 224-233, 2014.

DE ALMEIDA, Argus Vasconcelos; DA CÂMARA, Cláudio Augusto Gomes; MARQUES, Érika Alves Tavares. Plantas medicinais brasileiras usadas pelo Dr. João Ferreyra da Rosa na “Constituição Pestilencial de Pernambuco” no final do século XVII. **Biotemas**, v. 21, n. 4, p. 39-48, 2008.

DE OLIVEIRA, Maria Cristina; DE SOUSA PEREIRA, Djalma José; RIBEIRO, José Felipe. **Viveiro e produção de mudas de algumas espécies arbóreas nativas do cerrado**. Embrapa Cerrados, 2005.

DE OLIVEIRA PEREIRA, Mariane et al. Qualidade de sementes e mudas de *Cedrela fissilis* Vell. em função da biometria de frutos e sementes em diferentes procedências. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 16, n. 4, p. 376-385, 2017.

DEDALEIRO. IBF - Instituto Brasileiro de Florestas, 2020. Conteúdo (Lista de Espécies Nativas). Disponível em: <<https://www.ibflorestas.org.br/lista-de-especies-nativas/dedaleiro>>. Acesso em: 20/08/2021.

DICKSON, Alexander; LEAF, Albert L.; HOSNER, John F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **The Forestry Chronicle**, v. 36, n. 1, p. 10-13, 1960.

DONAGEMA, Guilherme Kangussú et al. Manual de métodos de análise de solo. **Embrapa Solos-Documentos (INFOTECA-E)**, 2011. <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/990374/1/ManualdeMtdosdeAnilisedeSolo.pdf>. Acesso em: 25/02/2022.

EBELING, Adierson Gilvani et al. Relação entre acidez e outros atributos químicos em solos com teores elevados de matéria orgânica. **Bragantia**, v. 67, p. 429-439, 2008.

EMBRAPA. Guia Prático para Interpretação de Resultados de Análises de Solo. 2015. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1042994/1/Doc206.pdf>>. Acesso em: 01/05/22.

FAQUIN, Valdemar. Nutrição mineral de plantas. 2005.

FERNANDES, Milton Marques et al. Redes Neurais Artificiais na estimação de variáveis biométricas de mudas de espécies florestais produzidas em diferentes substratos. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 18, n. 1, p. 47-58, 2019.

FRANCO, Avílio A. et al. **Revegetação de solos degradados**. Seropédica: EMBRAPA-CNPBS, 1992.

FREITAS, Miguel Luiz Menezes et al. 2.1 Produção de sementes de espécies florestais nativas: estratégias de melhoramento. 2015.

GABIRA, Mônica Moreno. Crescimento e qualidade de mudas florestais produzidas com substratos a base de lodo de esgoto compostado. 2018.

GALINA, Karen Janaína et al. Contribuição ao estudo farmacognóstico da mutamba (*Guazuma ulmifolia*-Sterculiaceae). **Acta Farmacéutica Bonaerense**, v. 24, n. 2, p. 225, 2005.

GOMES, José Mauro; PAIVA, Haroldo Nogueira de. **Viveiros florestais: Propagação sexuada**. 1ª. Viçosa, MG: Editora UFV, 2013.

GOOGLE. Google Earth website, 2022. Disponível em: <http://earth.google.com/>. Acesso em: 19/01/2022.

GONÇALVES, Moraes; DE VICENTE FERRAZ, Alexandre. Crescimento de mudas de espécies arbóreas nativas, adubadas com diferentes doses de lodo de esgoto seco e com fertilização mineral. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 37, n. 84, p. 499-511, dez. 2009.

JOSÉ, Anderson Cleiton; DAVIDE, Antônio Cláudio; DE OLIVEIRA, Sandro Longuinho. Produção de mudas de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi) para recuperação de áreas degradadas pela mineração de bauxita. **Cerne**, v. 11, n. 2, p. 187-196, 2005.

JOSÉ, Anderson Cleiton; DAVIDE, Antonio Cláudio; DE OLIVEIRA, Sandro Longuinho. Efeito do volume do tubete, tipo e dosagem de adubo na produção de mudas de aroeira (*Schinus terebinthifolia* Raddi). **Agrarian**, v. 2, n. 3, p. 73-86, 2009.

KNAPIK, Juliane Garcia et al. Crescimento inicial de *Mimosa scabrella* Benth., *Schinus terebinthifolius* Raddi e *Allophylus edulis* (St. Hil.) Radl. sob diferentes regimes de adubação. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n. 51, p. 33-33, 2005.

LAUDANO, Wellington Luiz de Souza et al. Cultura de calos e criopreservação de sementes de *Cedrela fissilis* Vellozo (Meliaceae). 2005.

LEPSCH, Igo F. **19 lições de pedologia**. Oficina de textos, 2011.

LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. v.1. 4.ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2002. 384p.

LORENZI, H.; MATOS, F.J.A. Plantas Medicinais no Brasil: nativas e exóticas. 2.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008. 577p.

MALAVOLTA, Eurípides. **ABC da adubação**. Ed. Agronômica "Ceres", 1989.

MALAVOLTA, E. Nutrição mineral e adubação da laranjeira. Ultrafertil, 1979.

MARTINELLI-SENEME, Adriana et al. Germinação e qualidade sanitária de sementes de dedaleiro (*Lafoensia pacari* St. Hil., Lythraceae). **Scientia agraria**, v. 11, n. 1, p. 19-24, 2010.

MARTINS, Leila; LAGO, Antonio Augusto do. Conservação de semente de *Cedrela fissilis*: teor de água da semente e temperatura do ambiente. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, p. 161-167, 2008.

NAVROSKI, Marcio Carlos et al. Procedência e adubação no crescimento inicial de mudas de cedro. **Pesquisa florestal brasileira**, v. 36, n. 85, p. 17-24, 2016.

NEVES, Edinelson José Maciel et al. Cultivo da aroeira-vermelha (*Schinus terebinthifolius* Raddi) para produção de pimenta-rosa. **Embrapa Florestas-Documents (INFOTECA-E)**, 2016. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1052499/1/Doc2941270Completo.pdf>>. Acesso em: 30/07/2021.

NOVAES, Karine Aline et al. Produção de mudas: diagnóstico e situação atual nos viveiros do município de Rondonópolis-MT. 2019.

NUNES, Ernane Nogueira et al. Eficiência da translocação de nutrientes em plantas. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 5, p. 12, 2013.

OLIVEIRA, Lúcio; DE LIMA, Sebastião Ferreira; DE LIMA, Ana Paula Leite. Crescimento de mudas de cedro-rosa em diferentes substratos. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 34, n. 79, p. 187-195, 2014.

OLIVEIRA, MC de et al. Manual de viveiro e produção de mudas: espécies arbóreas nativas do Cerrado. **Embrapa Cerrados-Outras publicações científicas (ALICE)**, 2016.

PAIVA, Ary Vieira de. **Efeitos da aplicação de biossólido no crescimento e nutrição mineral de mudas de quatro espécies florestais nativas utilizadas na arborização urbana**. 2005. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

PAIVA, Ary Vieira et al. Crescimento de mudas de espécies arbóreas nativas, adubadas com diferentes doses de lodo de esgoto seco e com fertilização mineral. **Scientia Forestalis**, v. 37, n. 84, p. 499-511, 2009.

PAIVA SOBRINHO, Severino de et al. Superação da dormência em sementes de mutamba (*Guazuma ulmifolia* Lam.-Sterculiaceae). **Revista Árvore**, v. 36, n. 5, p. 797-802, 2012.

PAOLI, A. A. S.; CARMELLO-GUERREIRO, S. M. Morfologia e anatomia da semente de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae) em desenvolvimento. **Revista Brasileira de Botânica**, 1999.

PASA, Maria Corette; CABRAL, Patrick Rodrigues Fleury. Mangava-brava: *Lafoensia pacari* A. St.-Hil.(Lythraceae) e a Etnobotânica em Cuiabá, MT. **Biodiversidade**, v. 8, n. 1, 2009.

PREZOTTI, Luiz Carlos; GUARÇONI, A. M. Guia de interpretações de análise de solo e foliar. 2013.

SALAMONI, Adriana et al. Germinação e desenvolvimento inicial de *Cedrela fissilis* Vell. em diferentes substratos. **Enciclopédia Biosfera**, v. 8, n. 15, 2012.

SALES, Ramon Amaro et al. Influência de diferentes fontes de matéria orgânica em componentes fisiológicos de folhas da espécie *Schinus terebinthifolius* Raddi.(Anacardiaceae). **Scientia Agraria**, v. 19, n. 1, p. 132-141, 2018.

SANTOS, L. W.; COELHO, M. F. B.; PIRANI, F. R. Fenologia de *Lafoensia pacari* A. St.-Hil.(Lythraceae) em Barra do Garças, Mato Grosso, Brasil. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 11, p. 12-17, 2009.

SCHEER, Mauricio Bergamini et al. Crescimento e nutrição de mudas de Lafoensia pacari com lodo de esgoto. **Floresta e Ambiente**, v. 19, n. 1, p. 55-65, 2012.

SCHEER, Maurício Bergamini et al. Crescimento inicial de quatro espécies florestais nativas em área degradada com diferentes níveis de calagem e de adubação. **Floresta**, v. 47, n. 3, 2017.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL - SENAR. Reflorestamento: produção de mudas florestais no bioma amazônico. 1 ed. Brasília: Senar, 2018. Disponível em: https://www.cnabrazil.org.br/assets/arquivos/200_SAFs.pdf. Acesso em: 09/11/2021.

SEVERINO, Liv Soares; LIMA, R. D. L. S.; BELTRÃO, NE de M. Composição química de onze materiais orgânicos utilizados em substratos para produção de mudas. **Embrapa Algodão-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2006.

SILVA, Daniele Mozzini et al. Lodo de curtume na composição de substratos para produção de mudas de reflorestamento. 2012.

SILVA, Dayane Santos; SANTOS, Laércio Wanderley. Produção de mudas de Lafoensia pacari A. St-Hil. em diferentes ambientes e composições de substratos. **Revista Panorâmica online**, v. 3, 2019.

SILVA, Patrícia Oliveira da et al. SUBSTRATOS À BASE DE IODO SUÍNO E ADUBAÇÃO FOSFATADA NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE Guazuma ulmifolia Lam.(Malvaceae). 2020a.

SILVA, Patrícia Oliveira da et al. Ureia como fonte de nitrogênio na fisiologia e crescimento inicial de Guazuma ulmifolia Lam.(Malvaceae). **Ciência Florestal**, v. 30, p. 1192-1200, 2020b.

Silva-Luz, C.L.; Pirani, J.R. 2015 *Anacardiaceae* in **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB4401>>. Acesso em: 07/06/2021.

SILVA, M. A. V. **Avaliação fisiológica da Aroeira (Schinus terebinthifolius Raddi) sob déficit hídrico com vista para o reflorestamento**. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 2007.

SIMÕES, João Walter. Problemática da produção de mudas em essências florestais. **Piracicaba: IPEF**, 1987.

SOUZA, Carlos Alberto Martinelli de et al. Crescimento em campo de espécies florestais em diferentes condições de adubações. **Ciência Florestal**, v. 16, p. 243-249, 2006.

SORREANO, Maria Claudia Mendes et al. **Avaliação da exigência nutricional na fase inicial de crescimento de espécies florestais nativas**. 2006. Tese de Doutorado. tese]. Piracicaba, SP: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”-Universidade de São Paulo.

STURION, José Alfredo. Influência do recipiente e do método de semeadura na formação de mudas de *Mimosa scabrella* Benth. **Embrapa Florestas-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 1981.

STURION, José Alfredo; ANTUNES, José Benedito Moreira. Produção de mudas de espécies florestais. **Embrapa Florestas-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2000.

TRAZZI, Paulo André et al. Substratos de origem orgânica para produção de mudas de teca (*Tectona grandis* Linn. F.). **Ciência Florestal**, v. 23, n. 3, p. 401-409, 2013.

VARGAS, Felipe Silveira et al. 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, 2011.

VECHIATO, Marta H.; PARISI, J. J. D. Importância da qualidade sanitária de sementes de florestais na produção de mudas. **O Biológico**, v. 75, n. 1, p. 27-32, 2013.

VILLAR, M. L. P. **Manual de interpretação de análise de plantas e solos e recomendação de adubação**. EMPAER-MT, 2007. Disponível em: <<http://www.empaer.mt.gov.br/documents/8024815/9382198/Manual+de+Interpreta%C3%A7%C3%A3o+de+An%C3%A1lise+de+Plantas+e+Solos+e+Recomenda%C3%A7%C3%A3o+de+Aduba%C3%A7%C3%A3o/09cae279-bdf6-5b4a-4b05-67fe9b4522f1>>. Acesso em: 01/05/22

WEINÄRTNER, M. A.; ALDRIGHI, C. F. S.; MEDEIROS, C. A. B. Adubação Orgânica. **Embrapa Clima Temperado-Fôlder/Folheto/Cartilha (INFOTECA-E)**, 2006.

WENDLING, Ivar; FERRARI, Márcio Pinheiro; GROSSI, Fernando. Curso intensivo de viveiros e produção de mudas. **Embrapa Florestas-Documents (INFOTECA-E)**, 2002. <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/306458/1/doc79.pdf>

WEINÄRTNER, M. A.; ALDRIGHI, C. F. S.; MEDEIROS, C. A. B. Adubação Orgânica. **Embrapa Clima Temperado-Fôlder/Folheto/Cartilha (INFOTECA-E)**, 2006.