

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

PAULO HENRIQUE FRATA FERREIRA

**QUALIDADE DE MUDAS DE EUCALIPTO UTILIZANDO SUBSTRATOS
ALTERNATIVOS E SUPLEMENTAÇÃO MINERAL**

Ilha Solteira

2023

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

PAULO HENRIQUE FRATA FERREIRA

**QUALIDADE DE MUDAS DE EUCALIPTO UTILIZANDO SUBSTRATOS
ALTERNATIVOS E SUPLEMENTAÇÃO MINERAL**

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia – FEIS – UNESP – Câmpus de Ilha Solteira, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Prof. Dr. Paulo Renato Matos Lopes
Orientador

Ilha Solteira

2023

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

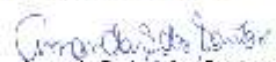
F383q Ferreira, Paulo Henrique Frata.
Qualidade de mudas de eucalipto utilizando substratos alternativos e
suplementação mineral / Paulo Henrique Frata Ferreira. – Ilha Solteira: [s.n.],
2023
36 f.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de
Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Sistemas de Produção, 2023

Orientador: Paulo Renato Matos Lopes

Inclui bibliografia

1. Húmus líquido. 2. *Corymbia citriodora*. 3. *Eucalyptus urograndis*. 4. Fibra
de coco. 5. Silvicultura. 6. Vermicomposto.


Amanda Sertori dos Santos
Bibliotecária - CDD/CDU
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação
Unesp - Ilha Solteira
Av. João XXIII, 1 - Ilha Solteira, SP - 13.506-900



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Ilha Solteira

ATESTADO DE APROVAÇÃO - DEFESA

Atestamos que **PAULO HENRIQUE FRATA FERREIRA**, RA nº: AGR200352, RG nº 54.323.195-1, expedido pela SSP/SP, defendeu, no dia 17/08/2023, a dissertação intitulada **QUALIDADE DE MUDAS DE EUCALIPTO UTILIZANDO SUBSTRATOS ALTERNATIVOS E SUPLEMENTAÇÃO MINERAL**, junto ao Programa de Pós Graduação em Agronomia, Curso de Mestrado Acadêmico, tendo sido 'APROVADO'.

Atestamos ainda que a obtenção do título dependerá de homologação pelo Órgão Colegiado competente.

Ilha Solteira, 17 de agosto de 2023

MARCIA REGINA
NAGAMACHI

CHAVES:14202568826

Assinado de forma digital por
MARCIA REGINA NAGAMACHI
CHAVES:14202568826
Dados: 2023.08.24 15:58:33
-03'00'

AGRADECIMENTOS

Começo agradecendo a Deus pelo dom da vida e por estar sempre ao meu lado me protegendo e guiando nos caminhos certos.

À minha família que não mediram esforços para eu seguir o sonho de estudar em uma universidade pública. Em especial, ao meu pai Reginaldo, à minha mãe Vanessa e aos meus irmãos Amanda e João Pedro.

A todas minhas amigas e amigos que passaram estes anos ao meu lado e em todos os momentos mesmo que não foram agradáveis, vocês fizeram a jornada ser mais leve e divertida.

Ao rancho Y-Íara, em especial à Melissa e Luciana que abriram novos caminhos para que eu pudesse trilhar e por todo amor, acolhida e respeito que recebi dessas mulheres maravilhosas que a vida colocou em meu caminho, meu muito obrigado.

À Ana Carolina Sateles que é uma grande amiga, companheira e a quem eu dedico especialmente este trabalho, seu apoio foi extremamente importante na execução deste projeto e sem essa ajuda nada disso seria possível, minha eterna gratidão pelo amparo e por ter tido o privilégio de dividir tantos momentos da vida ao lado dessa grande mulher.

Agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Paulo Renato Matos Lopes, por ter me ajudado sempre com tudo o que eu precisei e pelas inúmeras vezes em que me apoiou e incentivou a continuar.

Ao Prof. Dr. Vitor Corrêa de Mattos Barretto pelo apoio durante toda a jornada do mestrado sempre me auxiliando em tudo o que precisei, estendo meus agradecimentos aos professores membros da qualificação e da defesa, suas considerações foram muito valiosas e fundamentais para a conclusão deste trabalho.

Ao Grupo de Ação em Impactos Ambientais – GAIA, que foi muito importante durante a minha graduação e auxiliou muito no meu crescimento pessoal e profissional, em especial ao colega Victor Cruz pelo apoio na execução das atividades do projeto, sua dedicação e paciência foram valiosas.

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

*“Você não percebeu que você é o único
representante do seu sonho na face da terra?”*

(Emicida)

RESUMO

Buscando atender à crescente demanda por produtos florestais, o eucalipto emerge como uma espécie de significativo interesse econômico devido ao seu ciclo de corte relativamente curto e alta produtividade. Nesse contexto, a produção de mudas de alta qualidade torna-se imprescindível para alcançar maior produtividade. Portanto, a composição e o custo do substrato para o desenvolvimento vegetal desempenham um papel extremamente importante no setor produtivo. Dessa forma, o objetivo desta pesquisa consistiu em avaliar a qualidade das mudas de *Corymbia citriodora* e *Eucalyptus urograndis* por meio de um substrato sustentável alternativo. Para cada espécie de eucalipto, foram conduzidos tratamentos em um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 4x3 (substratos x adubação), com 10 repetições. Foram propostos três tipos de substratos utilizando fibra de coco e vermicomposto de resíduos domésticos nas seguintes proporções: 85-15% (T1), 75-25% (T2) e 65-35% (T3), além do uso de um substrato comercial (T4) para fins de comparação. Também foi avaliado o efeito da adubação em três sistemas distintos: ausente, com suplementação mineral e com a aplicação de húmus líquido. O cultivo das mudas nos diferentes sistemas foi conduzido até o 100º dia após a semeadura (DAS). As avaliações do desenvolvimento vegetal foram baseadas na altura da planta, diâmetro do coleto, relação entre a altura e o diâmetro, biomassas secas da parte aérea e radicular, relação entre biomassa seca da parte aérea e biomassa seca da raiz e índice de qualidade de Dickson. Por fim, os resultados foram analisados por meio de análise de variância, correlação simples e contrastes, com nível de significância de 5,0%, para a comparação das médias. Em termos gerais, observou-se que a aplicação de fertilizante mineral proporcionou um maior desenvolvimento das mudas, sendo o substrato comercial aquele que apresentou os melhores resultados em relação aos parâmetros morfológicos. As mudas produzidas sem suplementação ou com húmus líquido tiveram uma qualidade significativamente inferior. No entanto, é importante ressaltar que *Eucalyptus urograndis* cultivado nos substratos alternativos juntamente com adubação mineral encontravam-se dentro das faixas consideradas adequadas para os parâmetros avaliados. Logo, foi demonstrado o potencial destes substratos alternativos que conciliam práticas ambientalmente responsáveis e contribuem diretamente para uma agricultura sustentável.

Palavras-chave: húmus líquido; *Corymbia citriodora*; *Eucalyptus urograndis*; fibra de coco; silvicultura; vermicomposto.

ABSTRACT

In order to meet the growing demand for forest products, eucalyptus emerges as a species of significant economic interest due to its relatively short cutting cycle and high productivity. Hence, the production of high-quality seedlings becomes essential to achieve greater productivity. Therefore, the substrate composition and cost present an important role in the productive sector. Thus, the aim of this research was to evaluate the quality of seedlings of *Corymbia citriodora* and *Eucalyptus urograndis* using an alternative sustainable substrate. For each eucalyptus species, treatments were conducted in a completely randomized design following a 4x3 factorial scheme (substrates x fertilization), with 10 repetitions. Three types of substrates were proposed using coconut fiber and vermicompost from household waste in the following proportions: 85-15% (T1), 75-25% (T2), and 65-35% (T3). Moreover, a commercial substrate (T4) compared the alternative sustainable substrates. The effect of fertilization was also evaluated in three different systems: absent, with mineral supplementation, and with the application of biofertilizer. Seedlings cultivation was performed until the 100th day after sowing (DAS). Plant development analysis were based on plant height, stem diameter, height-to-diameter ratio, dry masses, and Dickson quality index. Finally, results were analyzed through analysis of variance, simple correlation, and contrasts, with a significance level of 5.0% for mean comparison. In general terms, it was observed that the application of mineral fertilizer provided a greater development of the seedlings. And the commercial substrate presented the best results in relation to all morphological parameters. Seedlings produced without supplementation or with biofertilizer had a significantly lower quality. However, it is important to emphasize that *Eucalyptus urograndis* cultivated in alternative substrates together with mineral fertilization were within the ranges considered adequate for the parameters. Therefore, the potential of these alternative substrates that reconcile environmentally responsible practices and directly contribute to sustainable agriculture was demonstrated.

Keywords: Liquid humus, *Corymbia citriodora*, *Eucalyptus urograndis*, coconut fiber, silviculture, vermicompost.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estimativa da composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos coletados no Brasil em 2008	16
Tabela 2 - Delineamento experimental dos tratamentos com diferentes proporções de fibra de coco e vermicomposto.	17
Tabela 3 - Análise de variância nos parâmetros de desenvolvimento das plantas de eucalipto das duas espécies 105 dias após a semeadura em diferentes substratos.....	21
Tabela 4 - Valores de IQD de mudas de diferentes espécies de eucalipto produzidas a partir de associações de resíduos orgânicos no substrato	29

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	OBJETIVOS.....	12
2.1	Geral.....	12
2.2	Específicos.....	12
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
3.1	Eucaliptocultura.....	13
3.2	Substratos alternativos	14
3.3	Fibra de coco.....	14
3.4	Vermicompostagem.....	15
3.5	Sustentabilidade na produção vegetal.....	16
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	19
4.1	Vermicomposto, substrato comercial e fibra de coco	19
4.2	Delineamento experimental.....	19
4.3	Preparo das unidades experimentais e período de realização	20
4.4	Avaliação do desenvolvimento vegetal	21
4.5	Análise estatística dos dados	21
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
5.1	Altura das plantas	25
5.2	Diâmetro do coleto	25
5.3	Relação Altura/Diâmetro.....	26
5.4	Biomassa seca da parte aérea e da raiz	27
5.5	Relação Biomassa Seca da Parte Aérea e Biomassa Seca da Raiz.....	28
5.6	Índice de Qualidade de Dickson	29
6	CONCLUSÕES	32
	REFERÊNCIAS	33

1 INTRODUÇÃO

A eucaliptocultura desponta como uma atividade econômica de relevância, dada sua rápida taxa de crescimento e alta produtividade. No entanto, a obtenção de mudas de qualidade é um fator crucial para o sucesso dessa cultura. Nesse contexto, o uso de substratos alternativos tem ganhado destaque como uma abordagem promissora para o desenvolvimento vegetal. Na sua composição, a fibra de coco e o vermicomposto possui potencial de exploração por oferecer vantagens sustentáveis e impactos positivos na produção de mudas.

Neste contexto, a crescente demanda por produtos florestais tem levado ao desenvolvimento de práticas agrícolas mais sustentáveis e a busca por substratos alternativos é impulsionada pela necessidade de reduzir o uso de recursos não renováveis e de aproveitar resíduos orgânicos disponíveis. Nesse sentido, a fibra, como subproduto da indústria de coco, tem se mostrado uma opção viável. Sua composição e características físicas proporcionam um ambiente propício para o crescimento radicular e o desenvolvimento das plantas.

Paralelamente, a vermicompostagem surge como um método eficiente de transformação de resíduos orgânicos em um substrato rico em nutrientes. Por meio da atividade das minhocas, ocorre a decomposição e a mineralização desses resíduos, resultando em um composto altamente benéfico para o cultivo vegetal. A vermicompostagem não apenas reduz a quantidade de resíduos destinados a aterros sanitários, mas também aumenta a disponibilidade de nutrientes para as plantas, contribuindo para o seu desenvolvimento saudável e para a qualidade de mudas.

Logo, a adoção de substratos alternativos representa um importante passo em direção à sustentabilidade na produção vegetal. Além de suas vantagens agronômicas, esses substratos contribuem para a redução do uso de recursos e para a diminuição do impacto ambiental. Promover a sustentabilidade na eucaliptocultura é essencial para a preservação dos recursos naturais e a garantia de um ambiente equilibrado para as gerações futuras.

Portanto, ao explorar essas alternativas, a presente pesquisa busca fornecer subsídios científicos e práticos para a produção vegetal, contribuindo para a adoção de práticas mais sustentáveis na eucaliptocultura. Por meio dessa investigação, espera-se incentivar a disseminação e a aplicação dessas abordagens, permitindo não apenas a eficiência produtiva, mas também a preservação do meio ambiente e a promoção da sustentabilidade no setor.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Avaliar o desenvolvimento e a qualidade de mudas de duas espécies de eucalipto (*Corymbia citriodora* e *Eucalyptus urograndis*) sob diferentes proporções de vermicomposto e fibra de coco, com suplementação mineral por meio da aplicação de húmus líquido e fertilizante mineral.

2.2 Específicos

Monitorar os parâmetros morfológicos (altura das plantas, diâmetro do coleto e biomassa) das mudas de eucalipto durante o desenvolvimento vegetal, utilizando substratos alternativos e comercial, suplementados ou não;

Avaliar a qualidade das mudas de duas espécies produzidas nos diferentes sistemas de substrato e suplementação a partir do índice de qualidade de Dickson, da relação entre a altura da planta e o diâmetro do coleto, e da relação entre a biomassa seca da parte aérea e da raiz; e

Comparar o uso de húmus líquido, oriundo da vermicompostagem, com fertilizante mineral no desenvolvimento e na qualidade das mudas de eucalipto nos diferentes substratos propostos.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Eucaliptocultura

O Produto Interno Bruto brasileiro (PIB) cresceu 4,6% em 2021, após ter retraído 3,9% em 2020, como consequência da chegada da pandemia de Covid-19 ao país. Ao contrário do observado na grande parte dos segmentos da atividade econômica brasileira, a cadeia produtiva florestal manteve seu comportamento resiliente, ajudando o Brasil em um momento tão marcante, o valor adicionado da cadeia produtiva florestal cresceu 7,5% em 2021, superior à evolução do PIB nacional, chegando a um recorde na receita bruta de R\$ 244,6 bilhões. (IBÁ,2022).

A produção brasileira de eucalipto atinge rendimentos de 35 m³/ha ano, o que representa um valor maior do que outros países com histórico de serem tradicionais no setor florestal. Por exemplo, Finlândia, Portugal e EUA produzem, respectivamente, 5, 10 e 15 m³ de eucalipto/ha por ano. (VALVERDE, 2007).

O estado de São Paulo é um exemplo de como o mercado florestal, embora seja um investimento de longo prazo, é dinâmico e pode sofrer alterações em pouco tempo, anteriormente estagnado na produção de eucalipto, o estado agora ocupa o segundo lugar no ranking dos estados mais produtivos do país, com 946 mil hectares de área plantada, da mesma forma, o Mato Grosso do Sul desempenha um papel crucial na produção de madeira no Brasil, sua área de floresta plantada aumentou nove vezes em apenas dez anos, impulsionada pelo incentivo do mercado e pela chegada de duas grandes empresas do setor: Fibria em 2009 e Eldorado em 2012 (SCHIMID, 2018).

Logo, pesquisas tecnológicas para a produção de mudas de eucalipto de qualidade estão sendo realizadas em busca de aperfeiçoar estes rendimentos no setor (ROSA et al., 2002). Assim, os substratos destacam-se na importância destas pesquisas por estarem diretamente relacionados com a qualidade das mudas e, consequentemente, com o desempenho das mesmas a campo (STEFFEN et al., 2011).

Desta forma, o substrato pode representar um componente de alto custo para o setor, além da possibilidade de gerar impactos ao meio ambiente (KLEIN, 2015). Portanto, os substratos alternativos para a produção de mudas florestais ganham destaque neste quesito por serem eficientes, econômicos e sustentáveis.

3.2 Substratos alternativos

Na produção de mudas em viveiros, o substrato é essencial na apresentação de propriedades adequadas para a germinação de sementes e o desenvolvimento vegetal (NADAI et al., 2015). Existem diversos produtos comerciais e estratégias ecológicas para obter um substrato de melhor qualidade, sendo a associação de compostos orgânicos ao solo uma alternativa altamente viável no país. Logo, os resíduos agroindustriais disponíveis em larga escala no Brasil representam uma opção sustentável para a sua composição e uso na produção de mudas florestais (FONSECA, 2001).

A escassez de recursos naturais faz com que seja crescente a busca de materiais alternativos para o setor produtivo, sendo que estes devem ser de fácil obtenção; estáveis; de baixo custo; homogêneos; ecologicamente viáveis; com boas características físicas, químicas e biológicas; além de atender às necessidades do vegetal a ser produzido (KLEIN, 2015).

Segundo Steffen et al. (2011), um importante material com potencial de uso e oriundo do reaproveitamento de resíduos é o vermicomposto. Os autores salientaram que sua utilização proporciona efeito positivo na produção de mudas de eucalipto em até 50%, quando comparado a outros substratos analisados.

O vermicomposto é extremamente rico em matéria orgânica humificada e nutrientes e seu uso deve estar associado a outro material inerte (SILVA, et al., 2013). Assim, surge a possibilidade de sua associação com outro resíduo de fácil obtenção que evidencia a aplicação sustentável desse substrato: a fibra de coco.

3.3 Fibra de coco

No Brasil, há uma peculiaridade em relação aos outros países na utilização do coco. Mundialmente, o fruto é conhecido como uma oleaginosa e processado para obtenção do óleo. Porém, o consumo nacional destaca-se o coco imaturo para aproveitamento de sua água. Apenas no país, são consumidos 140 milhões de litros de água de coco por ano, sendo um mercado com tendência de crescimento constante (ROSA et al., 2002).

Esse elevado consumo provoca um alto volume de resíduos gerados. E, as cascas do coco verde muitas vezes podem ser depositadas inadequadamente em lixões ou em áreas isoladas. O manejo incorreto deste resíduo, cujo tempo de decomposição é de cerca de 8 anos, gera grandes impactos ambientais. Com isso, existem prefeituras que taxam as coletas

diferenciadas para este material e até outras que até proíbem o consumo de coco verde no município (ROSA et al., 2002; MELO et al 2015).

Segundo Lacerda (2021), 80 a 85% do peso bruto do coco verde é descartado como lixo, a fibra da casca do coco verde vem sendo utilizada como matéria prima na produção de substratos por ser um material inerte e ter alta porosidade (CARRIJO; LIZ; MAKISHIMA, 2002).

Algumas indústrias processam a casca do coco verde para retirar as fibras longas para a produção de xaxim, artesanato, tapetes, e outros produtos. Durante esse processo de separação das fibras longas, gera-se uma grande quantidade de fibras excessivamente curtas e pó da casca de coco que apresentam grande potencial para produção de substratos (ROSA et al., 2002).

O pó de casca de coco se destaca por ser um material natural, renovável, leve e com características parecidas com turfas de *Sphagnum*. Além disso, esse processo de reaproveitamento auxilia no aumento da vida útil de aterros sanitários, além de promover a geração de renda às propriedades produtoras (ROSA et al., 2002).

Estudos mostram que substratos alternativos utilizando a fibra de coco para produção de mudas de espécies florestais apresentam níveis de qualidade das mudas satisfatória, além de ser uma alternativa ecologicamente viável e que utiliza material que pode apresentar descarte inadequado (SOUZA et al., 2013, FERREIRA et al., 2020; FERREIRA et al., 2021).

3.4 Vermicompostagem

Segundo o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2011), mais de 50% dos resíduos sólidos descartados no Brasil são orgânicos e grande parte destes materiais é descartado com o lixo comum em aterros sanitários. Logo, esse alto volume de descarte com o manejo não sustentável ocasiona impactos ambientais, econômicos e sociais, uma vez que a capacidade dos aterros pode atingir rapidamente seu limite a partir de resíduos com grande capacidade de reaproveitamento.

Neste sentido, a vermicompostagem apresenta-se como um modelo importante no reaproveitamento dos resíduos orgânicos e geração de substrato de qualidade. Seu processo é baseado na utilização de minhocas na degradação desses materiais, tornando os nutrientes prontamente disponíveis para as plantas em função do metabolismo dos anelídeos (LANDGRAF; REZENDE; MESSIAS, 2005).

Existem mais de 300 espécies de minhocas, sendo a vermelha californiana (*Eisenia foetida*) a mais indicada para utilização em vermicomposteiras por ter um crescimento rápido, maturidade sexual precoce, acelerado metabolismo e maior adaptabilidade em cativeiro. Esses animais realizam a transformação do material orgânico em húmus através da microflora existente em seu trato digestivo (AMORIN et al., 2016).

Como produto final desse processo biológico, o vermicomposto possui muitos benefícios para o desenvolvimento vegetal como a alta concentração de matéria orgânica, capacidade de retenção de água e nutrientes e potencial condicionante do solo (SCHUMACHER et al., 2001; DINIZ; GUIMARÃES; LUZ, 2006; STEFFEN et al., 2011; JOSHI; SINGH; VIG, 2015).

A aplicação de substratos orgânicos, como o vermicomposto, no solo gera diversos benefícios, tais como: aumento na capacidade de retenção hídrica, disponibilidade de nutrientes essenciais, aumento da atividade biológica, melhor aeração, diminuição da necessidade de fertilizante mineral, melhora da porosidade, redução dos custos da produção, e potencial de aplicação em diferentes culturas (SILVA et al., 2011; NADAI et al., 2015).

O húmus líquido gerado durante o processo de vermicompostagem é rico em nutrientes e hormônios e por isso apresentam características benéficas às plantas, porém, existem poucos estudos sobre seu uso em produção de mudas (LOPES et al., 2019) especialmente quando se trata de seu uso na produção de mudas de eucalipto ou outras espécies arbóreas.

A dosagem do húmus líquido também é algo muito específico por cultura que será aplicado, para mudas de hortaliças essa dosagem varia entre 50 a 700 mL L⁻¹, o húmus líquido pode ser utilizado na suplementação de mudas, porém com um controle da quantidade aplicada (ROSA et al., 2020).

3.5 Sustentabilidade na produção vegetal

O final dos anos de 1950-1960 foi marcado pela industrialização e a urbanização em grande crescimento no país, surgindo então um debate sobre quais rumos a agricultura brasileira deveria tomar diante dessa situação para que suprisse as novas demandas do desenvolvimento do país, o resultado desta discussão ocorreu no golpe de estado e início do regime militar com o estatuto da terra promulgado em 1964 (PETERSEN, 2009).

O estatuto da terra é a Lei que regula direitos e deveres dos imóveis rurais tendo como objetivo realizar a reforma agrária e regular a política agrícola no Brasil. Até então a agricultura no país se baseava mesmo em grandes propriedades na agricultura tradicional cuja expansão se dava pela força de trabalho e uso extensivo da terra (PETERSEN, 2009).

Atualmente, de acordo com a Articulação Nacional de Agroecologia (ANA, 2006), existem diversos grupos que discutem a agricultura convencional e fazem críticas ao seu sistema produtivo, buscando alternativas sustentáveis para a produção agrícola e que caminhe em harmonia com o meio ambiente. Enquanto ocorrem as discussões sobre os modelos convencionais, o aumento pela busca por produtos sustentáveis tem sido significativo, visando não apenas a não utilização de agrotóxicos, mas também a proteção do meio ambiente e preços acessíveis e socialmente justo.

O processo histórico da reavaliação da relação entre a sociedade e seu meio natural é o que resulta nos conhecimentos e hábitos que vem sendo adquiridos em relação a sustentabilidade atualmente (VAN BELLEN, 2002). Diante do cenário atual, a agricultura que se baseia em práticas que visem a preservação da biodiversidade e em práticas ecológicas no sistema produtivo tem se tornado cada vez mais importantes e viabilizados como alternativa para substituir sistemas convencionais que são associados, com frequência, a impactos socioambientais negativos (TSCHARNTKE et al., 2012).

A compreensão dos sistemas de produção é realizada a partir de avaliações do sistema como um todo, considerando suas inter-relações, as razões que determinam as tomadas de decisões e os resultados obtidos, não considerando exclusivamente a dimensão econômica e também a evolução social do território (CARBONERA et al., 2020).

A demanda global por produtos florestais está crescendo em ritmo acelerado e deve duplicar na metade deste século com a população mundial provável de nove bilhões de pessoas até 2050, e a maior questão não é de como suprir essa demanda e sim de como supri-la em harmonia com o meio ambiente (COELHO; PINHEIRO; PINTO, 2007).

Com o desenvolvimento do setor e alta demanda de produtos agrícolas faz-se necessário a criação e implantação de técnicas que visam a proteção e preservação dos recursos naturais, sendo a gestão ambiental peça fundamental para o desenvolvimento sustentável conservando o sistema produtivo de forma econômica, ambiental e social (NASCIMENTO et al., 2020).

Segundo Vilhena (2002), mais de 50% em massa dos resíduos presentes nos aterros sanitários são orgânicos e este fato influencia diretamente na questão operacional desses locais pela geração de lixiviados (húmus líquido) e gases. Baseado nisso, o reaproveitamento

de resíduos torna-se uma importante alternativa para a geração de produtos de interesse, como substratos na produção de mudas florestais. Neste contexto, significativa parte dos resíduos domésticos gerados diariamente é representado por matéria orgânica, como pode ser observado na Tabela 1.

De acordo com o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2012), apenas 1,6% deste material orgânico representado pela Tabela 1 é encaminhado para sistemas de compostagem. Ou seja, o restante é encaminhado diretamente para aterros, quando presentes.

Portanto, percebe-se a importância da reutilização dos resíduos que é gerado diariamente e o potencial produtivo é descartado indiscriminadamente na natureza. O reaproveitamento de resíduos como matéria-prima é capaz de reduzir o impacto ambiental da mesma forma que agrega valor a estes compostos. Assim, esta riqueza de materiais pode ser utilizada de forma direta na agricultura, trazendo práticas que colaboram para o desenvolvimento sustentável da agricultura.

Tabela 1 – Estimativa da composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos coletados no Brasil em 2008

Resíduos	Participação %	Quantidade (ton dia⁻¹)
Matéria orgânica	51,4	94.335,10
Materiais recicláveis	31,9	58.527,40
Outros	16,7	30.618,90
Total	100	183.481,50

Fonte: Plano Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2011).

Os dados da Tabela 1 são referentes ao levantamento realizado em 2008 para a criação do plano nacional de resíduos sólidos, porém, o plano foi instituído apenas em 2022 pelo Decreto Federal Nº 11.043, de 13 de abril de 2022, passando a valer em todo território nacional, neste ano foi realizado um novo levantamento, mas que não teve o detalhamento de material orgânico separado dos demais resíduos.

O último relatório realizado nos mostra que no Brasil durante o ano de 2022, foi alcançado um total de aproximadamente 81,8 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos, o que corresponde a 224 mil toneladas diárias. Com isso, cada brasileiro produziu, em média, 1,043 kg de resíduos por dia. (ABRELPE,2022)

4 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi instalada em casa de vegetação localizada na Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Universidade Estadual Paulista - FCAT/Unesp, câmpus de Dracena, coordenadas 21°28'57'' S e 51°31'58'' W com altitude média de 400 m.

O clima de tipo Aw (tropical úmido), classificado segundo Köppen (1948) com temperatura média de 22,1 °C e precipitação anual média de 1.200 mm. A condução experimental decorreu-se entre fevereiro de 2021 e julho de 2022.

4.1 Vermicomposto, substrato comercial e fibra de coco

O vermicomposto foi gerado pelo Grupo de Ação em Impactos Ambientais (GAIA) da FCAT/Unesp, cuja composição está no reaproveitamento de resíduos orgânicos domésticos em vermicomposteira com minhocas *Eisenia foetida*.

Além disso, foi utilizado o substrato comercial Carolina Soil® para fins de comparação com as associações fibra de coco-vermicomposto na produção das mudas. Sua composição apresenta: turfa de *Sphagnum*, perlita expandida, vermiculita expandida, casca de arroz torrefada, entre outros,

A fibra de coco utilizada para a composição dos tratamentos foi a Fibra de Coco - Kokostec 04®, cuja composição é de 100% pó de coco.

4.2 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 4x3x2, cujos fatores representam os quatro substratos analisados (Tabela 1), as três formas de suplementação (ausente, húmus líquido e mineral) e as duas espécies de eucalipto (*orymbia citriodora* e *Eucalyptus urograndis*).

Tabela 2 – Delineamento experimental dos tratamentos com diferentes proporções de fibra de coco e vermicomposto

Tratamentos	Fibra de coco (%)	Vermicomposto (%)	Substrato comercial (%)
Tratamento 1	85	15	0
Tratamento 2	75	25	0
Tratamento 3	65	35	0
Tratamento 4	0	0	100

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os percentuais de vermicomposto foram definidos em função de resultados prévios de outra pesquisa realizada pelo grupo, cuja melhor associação com solo foi com 25% de vermicomposto em eucalipto (FERREIRA; LOPES, 2019). Deste modo, assumiu-se esse percentual como referência com redução e aumento de 10% nos outros tratamentos (Tabela 1).

4.3 Preparo das unidades experimentais e período de realização

As sementes de eucalipto utilizadas foram da espécie *Corymbia citriodora* e *Eucalyptus urograndis* – Sementes Caiçara®. A semeadura foi realizada de forma manual e direta com seis sementes em cada tubete de polipropileno de 50 cm³, de seção circular e forma cônica.

Transcorrido período inicial de 14 dias após a semeadura (DAS), foi realizado o desbaste, deixando apenas uma planta por tubete. O tempo total de monitoramento do desenvolvimento vegetal foi 91 dias a partir da data de desbaste (t91 ou 105 DAS).

A adubação foi dividida em três grupos: ausente, com o uso de fertilizante mineral e com a aplicação do húmus líquido da vermicompostagem. Por fim, para cada sistema foram produzidas mudas de duas espécies de eucalipto. Portanto, foram realizados 24 tratamentos com 10 replicatas cada, totalizando 240 unidades experimentais.

A adubação mineral foi realizada seguindo recomendação de Gonçalves e Benedetti (2000). Para cada 100 L de solução suficiente para aplicação em 10.000 mudas, foi utilizado 1,0 kg de sulfato de amônio e 300 g de KCl. Este preparo foi adaptado proporcionalmente à quantidade de mudas que receberam suplementação mineral.

Já o húmus líquido foi representado pelo húmus líquido produzido no processo de vermicompostagem, com a aplicação de uma solução 30 mL L⁻¹, seguindo metodologia adaptada de Silva et al (2020).

Foram realizadas seis adubações durante o período experimental em 28, 42, 56, 70, 84 e 91 DAS. Logo, essa suplementação seguiu uma periodicidade a cada 14 dias. Ao final, houve um período de rustificação das mudas até a avaliação final em 105 DAS.

4.4 Avaliação do desenvolvimento vegetal

Durante o período de desenvolvimento vegetal, ocorreram as seguintes avaliações semanais: (a) diâmetro do coleto, em mm, obtido com auxílio de um paquímetro; e (b) altura da planta, em cm, com auxílio de uma régua.

Ao final do monitoramento (105 DAS), foram realizadas avaliações de biomassa seca das partes aérea (MSPA) e radicular (MSR). Para isso, a parte aérea foi inicialmente separada das raízes. Em seguida, esses materiais foram acondicionados em embalagens de papel e secas em estufa a 65 °C com circulação de ar até atingirem massa constante.

A avaliação final da qualidade das mudas produzidas em cada tratamento foi realizada a partir do Índice de Qualidade de Dickson – IQD (DICKSON; LEAF; HOSNER, 1960), segundo a Equação 1 abaixo:

$$IQD = \frac{MST}{(H/D) + (MSPA/MSR)} \quad \text{(Equação 1)}$$

em que: MST = biomassa seca total; H = altura das plantas; D = diâmetro do coleto; MSPA = biomassa seca da parte aérea; e MSR = biomassa seca da raiz.

4.5 Análise estatística dos dados

Os resultados foram analisados efetuando-se teste de Tukey, correlação simples e contrastes a 5,0% de probabilidade para a comparação das médias, pelo software GraphPad Prism 9.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos para as mudas de *Corymbia citriodora* e *Eucalyptus urograndis* estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Análise de variância nos parâmetros de desenvolvimento das plantas de eucalipto das duas espécies 105 dias após a semeadura em diferentes substratos: T1 85FC-15VM, T2 75FC-25 VM, T3 65FC-35 VM, e T4 100SB (FC-Fibra de coco, VM-Vermicomposto, SB-substrato comercial).

Substratos	Corymbia citriodora						Eucalyptus urograndis					
	Ausente		Mineral		Biofertilizante		Ausente		Mineral		Biofertilizante	
ALTURA (cm)												
T1	7,250 ± 2,001	Cb	18,292 ± 5,025	Ab	8,375 ± 2,467	Bb	12,125 ± 4,593	Bb	23,143 ± 6,010	Aab	9,136 ± 2,899	Bb
T2	9,120 ± 3,315	b	9,891 ± 4,417	c	10,300 ± 2,510	b	8,650 ± 2,887	Bb	22,154 ± 7,157	Aab	11,318 ± 2,943	Bab
T3	9,992 ± 2,166	Bb	15,477 ± 7,365	Ab	9,600 ± 1,995	Bb	10,708 ± 2,840	Bb	21,250 ± 4,178	Ab	9,750 ± 2,779	Bb
T4	16,464 ± 3,374	Ba	23,673 ± 2,822	Aa	16,227 ± 2,749	Ba	21,100 ± 5,491	Ba	28,292 ± 5,910	Aa	17,036 ± 4,585	Ba
-	DIÂMETRO DO COLETO (cm)											
T1	1,109 ± 0,233	Bb	2,000 ± 0,735	Ab	1,081 ± 0,209	Bb	1,495 ± 0,458	Bb	2,932 ± 0,588	A	1,425 ± 0,292	Bb
T2	1,096 ± 0,188	b	1,193 ± 0,432	c	1,160 ± 0,219	b	1,349 ± 0,392	Bb	2,740 ± 0,678	A	1,542 ± 0,366	Bb
T3	1,353 ± 0,260	Abb	1,709 ± 0,7941	Ab	1,041 ± 0,187	Bb	1,495 ± 0,279	Bb	2,871 ± 0,322	A	1,568 ± 0,373	Bb
T4	2,211 ± 0,203	Ba	2,817 ± 0,268	Aa	2,199 ± 0,371	Ba	2,545 ± 0,405	Aba	3,108 ± 0,605	A	2,499 ± 0,439	Ba
-	RELAÇÃO H/D											
T1	6,670 ± 1,865	B	9,680 ± 2,169	A	7,893 ± 2,090	Bab	8,057 ± 1,543	Ba	9,914 ± 1,559	Aab	9,355 ± 1,182	A
T2	7,637 ± 3,259		8,903 ± 1,794		8,994 ± 1,822	ab	6,495 ± 1,254	Bb	8,069 ± 1,744	Aab	7,608 ± 2,453	AB
T3	7,504 ± 1,427	B	9,053 ± 1,827	AB	9,453 ± 2,456	Aa	7,166 ± 1,455	ABab	7,672 ± 1,457	Ab	6,296 ± 1,606	B
T4	7,484 ± 1,526		8,416 ± 0,784		7,486 ± 1,205	b	8,251 ± 1,608	a	9,136 ± 1,053	a	6,743 ± 1,002	
MASSA SECA DA PARTE AÉREA (g)												
T1	0,040 ± 0,018	Bb	0,784 ± 0,515	Ab	0,069 ± 0,051	Bb	0,082 ± 0,047	Bb	1,069 ± 0,505	Aab	0,108 ± 0,046	Bb
T2	0,107 ± 0,074	Bb	0,268 ± 0,326	Ac	0,160 ± 0,079	ABb	0,080 ± 0,048	Bb	0,798 ± 0,417	Ab	0,149 ± 0,067	Bb
T3	0,112 ± 0,053	Bb	0,854 ± 0,554	Ab	0,088 ± 0,042	Bb	0,178 ± 0,072	Bb	0,695 ± 0,257	Ab	0,123 ± 0,070	Bb
T4	0,636 ± 0,184	Ba	1,368 ± 0,360	Aa	0,684 ± 0,216	Ba	0,732 ± 0,282	Ba	1,430 ± 0,456	Aa	0,579 ± 0,239	Ba

*Letras maiúsculas e minúsculas diferentes representam diferença significativa das médias entre as adubações e os substratos, respectivamente (Tukey a 5,0% de probabilidade).

Tabela 3 (continuação) – Análise de variância nos parâmetros de desenvolvimento das plantas de eucalipto das duas espécies 105 dias após a semeadura em diferentes substratos: T1 85FC-15VM, T2 75FC-25 VM, T3 65FC-35 VM, e T4 100SB (FC-Fibra de coco, VM-Vermicomposto, SB-substrato comercial).

Substratos	<i>Corymbia citriodora</i>						<i>Eucalyptus urograndis</i>					
	Ausente		Mineral		Biofertilizante		Ausente		Mineral		Biofertilizante	
	MASSA SECA DA RAIZ (g)											
T1	0,029 ± 0,012	Bb	0,257 ± 0,175	Abc	0,0510 ± 0,023	Bb	0.086 ± 0.057	Bb	0.483 ± 0.241	A	0.073 ± 0.029	Bb
T2	0,047 ± 0,027	b	0,084 ± 0,100	c	0,073 ± 0,030	b	0.062 ± 0.033	Bb	0.402 ± 0.148	A	0.058 ± 0.021	Bb
T3	0,044 ± 0,024	Bb	0,373 ± 0,554	Ab	0,060 ± 0,042	Bb	0.108 ± 0.055	Bb	0.472 ± 0.121	A	0.075 ± 0.033	Bb
T4	0,246 ± 0,049	Ba	0,573 ± 0,255	Aa	0,332 ± 0,081	Ba	0.360 ± 0.149	ABa	0.519 ± 0.120	A	0.298 ± 0.236	Ba
-	RELAÇÃO MSPA/MSR											
T1	1,417 ± 0,430	Bb	3,074 ± 0,818	A	1,369 ± 0,539	Bb	0,985 ± 0,049	Cb	2,424 ± 0,867	Aa	1,541 ± 0,491	Bb
T2	2,254 ± 0,573	a	2,848 ± 1,285		2,161 ± 0,541	ab	1,266 ± 0,418	Bb	2,169 ± 0,958	Aab	2,614 ± 1,030	Aa
T3	2,988 ± 1,394	Aa	2,374 ± 0,826	AB	1,603 ± 0,778	Bb	1,824 ± 0,709	a	1,493 ± 0,492	b	1,577 ± 0,464	b
T4	2,602 ± 0,782	a	2,514 ± 0,603		2,185 ± 0,830	a	2,117 ± 0,641	a	2,741 ± 0,744	a	2,379 ± 0,995	a
-	MASSA SECA TOTAL (g)											
T1	0,069 ± 0,029	Bb	1,041 ± 0,714	Ab	0,121 ± 0,073	Bb	0,168 ± 0,116	Bb	1,553 ± 0,696	Aab	0,181 ± 0,084	Bb
T2	0,154 ± 0,104	b	0,352 ± 0,448	c	0,233 ± 0,111	b	0,142 ± 0,095	Bb	1,201 ± 0,575	Ab	0,207 ± 0,097	Bb
T3	0,156 ± 0,075	Bb	1,228 ± 0,766	Ab	0,149 ± 0,061	Bb	0,286 ± 0,131	Bb	1,166 ± 0,357	Ab	0,198 ± 0,104	Bb
T4	0,881 ± 0,223	Ba	1,941 ± 0,568	Aa	1,016 ± 0,239	Ba	1,092 ± 0,398	Ba	1,949 ± 0,618	Aa	0,877 ± 0,345	Ba
-	IQD											
T1	0,0089 ± 0,0041	C	0,0900 ± 0,0661	Ab	0,0136 ± 0,0068	Bb	0,0187 ± 0,0115	Bc	0,1569 ± 0,0746	A	0,0236 ± 0,0090	B
T2	0,1895 ± 0,5281		0,0290 ± 0,0354	c	0,0219 ± 0,0111	b	0,0182 ± 0,0095	Bc	0,1207 ± 0,0493	A	0,0204 ± 0,0079	B
T3	0,0167 ± 0,0087	B	0,0960 ± 0,0551	Ab	0,0146 ± 0,0073	Bb	0,0317 ± 0,0123	Bb	0,1308 ± 0,0269	A	0,0251 ± 0,0124	B
T4	0,0885 ± 0,0247	B	0,1780 ± 0,0524	Aa	0,1066 ± 0,0225	Ba	0,1070 ± 0,0433	a	0,1644 ± 0,0444		0,2359 ± 0,4824	

*Letras maiúsculas e minúsculas diferentes representam diferença significativa das médias entre as adubações e os substratos, respectivamente (Tukey a 5,0% de probabilidade).

5.1 Altura das plantas

O valor ideal para que as mudas sejam consideradas aptas para serem levadas a campo é de 15 a 25 cm de altura. Nesta faixa, as plantas conseguem ter um bom desenvolvimento inicial quando transferidas do viveiro para a área de plantio definitivo (WENDLING et al, 2021).

Pela Tabela 3, as mudas de *C. citriodora* com valores considerados satisfatórios para a altura foram apenas aquelas produzidas em substrato comercial (T4) independente da adubação. Já os substratos alternativos T1 e T3 com adubação mineral e todos eles com o húmus líquido ou ausente de suplementação não propiciaram os valores esperados para a altura das plantas e não apresentaram diferença significativa quando comparado esses dois tipos de suplementação.

O mesmo comportamento foi observado para a espécie *E. urograndis*, cuja altura a partir de 15 cm só foi encontrada em substrato comercial independente da suplementação (Tabela 3). Todos as mudas com a adubação mineral atingiram valores acima de 20 cm. Quando comparado os resultados das que não receberam adubação com as que receberam húmus líquido, observou-se também que não houve diferença significativa.

Neste sentido, Steffen et al. (2011) encontraram os maiores valores para altura das mudas de 12 e 14 cm para *E. grandis* e *C. citriodora*, respectivamente, quando cultivadas em substrato com 80% de vermicomposto e 20% de turfa sem nenhum tipo de adubação. Porém, estes autores utilizaram vermicomposto de esterco bovino, cuja origem diferente confere características distintas do vermicomposto da presente pesquisa.

5.2 Diâmetro do coleto

Segundo Lopes (2004), o diâmetro do coleto deve ser igual ou maior do que 2,0 mm para que seja considerada uma muda de eucalipto de boa qualidade. Sendo assim, apenas a espécie *C. citriodora* em substrato comercial independentemente do tipo de suplementação apresentou este resultado (Tabela 3). Outro tratamento que atingiu esta faixa ótima para o diâmetro do coleto das mudas foi o substrato T1, com maior quantidade de fibra de coco (85FC-15VM), quando presente a fertilização mineral.

As mudas de *C. citriodora* apresentaram diferença significativa para o diâmetro do coleto quando comparada a suplementação mineral com a ausência de adubação ou a presença

de húmus líquido, sendo a mineral responsável pelos maiores valores em todos os substratos. Já a aplicação de húmus líquido apresentou diferença significativa quando comparada com nenhuma suplementação apenas no substrato T3, com maior quantidade de vermicomposto (65FC-35 VM), porém com valores numéricos muito semelhantes.

Em relação à espécie *E. urograndis*, as mudas desenvolvidas em fibra de coco e vermicomposto não obtiveram resultados satisfatórios para o diâmetro do coleto quando submetidas a suplementação com húmus líquido ou ausente. Houve valores maiores que 2,00 mm apenas com substrato comercial (T4), independentemente do tipo de adubação, e para todos os tratamentos quando realizada a suplementação mineral.

Ou seja, a fertilização mineral proporcionou um bom desenvolvimento do diâmetro do coleto nas mudas de *E. urograndis*, evidenciando sua qualidade e aptidão para serem levadas a campo. Por outro lado, as plantas de *C. citriodora* não apresentaram uma padronização neste parâmetro morfológico mesmo com o adubo mineral, mostrando que o desenvolvimento e a qualidade das mudas de eucalipto submetidas aos mesmos substratos e suplementações diferem de acordo com a espécie cultivada. Logo, sabendo que o tamanho do coleto é um fator que infere no vigor e na qualidade das mudas de eucalipto, os maiores valores estão ligados a maior capacidade de sobrevivência da muda no campo (CALDEIRA et al., 1998).

Diferentemente dos resultados da Tabela 3, Ferreira et al. (2020) observaram resultados satisfatórios para a altura e diâmetro do coleto em mudas de eucalipto produzidas com as mesmas proporções de fibra de coco e de vermicomposto. Esses resultados indicam que a sazonalidade e a heterogeneidade na oferta de resíduos orgânicos às minhocas produzem vermicomposto de composição distinta.

5.3 Relação Altura/Diâmetro

A relação entre a altura e o diâmetro do coleto (H/D) infere diretamente nas características das mudas quanto ao seu bom desenvolvimento a campo, considerada um quociente de robustez e uma característica morfológica precisa de quão delgada está a planta (GOMES et al, 2002). Assim, este índice auxilia a avaliação da qualidade das mudas por relacionar estes parâmetros que, de forma isolada, não são bons indicadores, pois plantas com altura elevada e diâmetro reduzido são propensas ao tombamento pós plantio (GASPARIN et al, 2014).

Sabe-se que quanto menor seu valor, maior será sua capacidade de sobrevivência e estabilização no campo (GOMES; PAIVA, 2004). Contudo, os valores ideais dessa relação devem estar entre 6 e 10, sendo que acima de 10 pode afetar a qualidade das mudas e a sobrevivência no momento do plantio (GOMES et al., 2002, BASÍLIO et al, 2020).

As mudas de *C. citriodora* e *E. urograndis* apresentaram resultados similares e dentro da faixa recomendada para esse parâmetro, sendo aquelas que não receberam nenhum tipo de adubação tiveram resultados menores (Tabela 3). Para os substratos alternativos, a suplementação mineral ou húmus líquido apresentaram resultados próximos ao limite para os substratos T1 (85FC-15VM) e T3 (65FC-35VM), respectivamente.

Sendo assim, tem-se que todos os substratos propostos responderam positivamente em relação a avaliação de sua robustez pela razão H/D, uma vez que seus resultados estão dentro da faixa prevista em literatura, mas que de forma isolada não é o suficiente para determinar a qualidade das mudas de eucalipto.

5.4 Biomassa seca da parte aérea e da raiz

As mudas de *C. citriodora* apresentaram maiores valores para a biomassa seca da parte aérea quando desenvolvidas no substrato comercial independentemente da suplementação (Tabela 3). Quando comparadas as adubações, a fertilização mineral proporcionou resultados significativamente maiores, seguido pelo húmus líquido e para a ausência. Com exceção do substrato T2, com 75% de fibra de coco e 25% de vermicomposto, cuja aplicação do húmus líquido não revelou resultados estatisticamente diferentes do fertilizante mineral e ausente.

Para *E. urograndis*, o substrato comercial também foi responsável pelas maiores médias de biomassa sem suplementação e com húmus líquido (Tabela 3). Além disso, as mudas que receberam adubação mineral apresentaram maior desenvolvimento do que as demais.

O substrato comercial também foi o responsável pelos maiores valores de biomassa seca da raiz de *C. citriodora* nas três diferentes suplementações avaliadas (Tabela 3). E em todos os substratos, a adubação mineral teve resultados significativamente maiores.

Ao comparar os resultados obtidos para as três diferentes suplementações, a adubação mineral se destacou com as maiores médias, enquanto o húmus líquido não mostrou diferença significativa quando comparado aos tratamentos que não receberam adubação.

A partir destes resultados, nota-se que os substratos alternativos com fibra de coco e vermicomposto tiveram resultados bem inferiores que o comercial. Sabe-se que o vermicomposto apresenta substâncias húmicas que agem nas plantas de forma semelhante às auxinas e giberelinas na atividade reguladora do crescimento (RODDA et al., 2006). Neste sentido, já foi observado que o sistema radicular é desestimulado por conta da alta concentração de nutrientes disponíveis em substratos com húmus de minhoca (ANDREAZZA et al., 2013; SILVA et al., 2017, FERREIRA et al., 2021). Além disso, Rodda et al. (2006) verificaram que concentrações de substâncias húmicas maiores do que 25 mg L⁻¹ trouxeram declínio no desenvolvimento das raízes.

Dessa maneira, o vermicomposto produzido com resíduos domésticos pode apresentar uma concentração de substâncias húmicas acima do limite positivo das espécies de eucalipto. Em virtude da sua quantidade diversificada de materiais fornecidos para as minhocas, sua composição química pode ser complexa e acarretar menor desempenho das mudas.

Em estudo recente, Ferreira et al. (2021) também demonstraram que estes substratos alternativos apresentaram valores de condutividade elétrica acima do limite recomendado para a produção de mudas de eucalipto. Esta análise fornece de forma indireta a quantidade de sais, sendo a maneira mais prática e usual de avaliar a necessidade ou não de suplementação para as mudas (HIGASHI et al., 2002), e valores acima de 1.000 $\mu\text{s cm}^{-1}$ podem ser prejudiciais no desenvolvimento inicial dessas plantas (GONÇALVES; BENEDETTI, 2000). Assim, identificou-se que a condutividade elétrica dos substratos com fibra de coco e vermicomposto aumentaram no decorrer do tempo, revelando que o vermicomposto associado com adubação mineral pode acarretar excesso de nutrientes no substrato e, conseqüentemente, menor desempenho vegetal (FERREIRA et al., 2021).

5.5 Relação Biomassa Seca da Parte Aérea e Biomassa Seca da Raiz

Diversos autores consideram a relação entre a biomassa seca da parte aérea e da raiz (MSPA/MSR) como um fator eficiente e seguro para expressar o padrão de qualidade das mudas e sugerem que o valor desta relação seja igual a 2,0 (GOMES e PAIVA, 2011; ELOY et al., 2013);

Na Tabela 3, observa-se que sem suplementação somente o substrato alternativo T1 (85FC-15VM) apresentou valor menor que 1,0 para esta razão para *C. citriodora*. Em relação a esta espécie com húmus líquido, os substratos T2 (75FC-25VM) e comercial (T4) tiveram

resultados dentro da faixa adequada e não diferiram estatisticamente, seguidos por T1 e T3 (65FC-35 VM) com valores menores do que 2,0. Por fim, as mudas que receberam adubação mineral não apresentaram diferença significativa para este parâmetro, com destaque ao substrato com maior percentual de fibra de coco (T1) com maior valor de 3,074.

Avaliando a relação MSPA/MSR para espécie *E. urograndis*, a ausência de suplementação proporcionou resultado próximo a 2,0 somente para os substratos comercial (T4) e ao alternativo com maior percentual de fibra de coco (T1). A adição de húmus líquido foi positiva para o substrato T2 (75FC-25 VM) e manteve o bom resultado para o comercial. Porém, o uso de fertilizante mineral apresentou o melhor resultado, tendo em vista que todas as mudas tiveram valor acima do limite mínimo independente do substrato, evidenciando a qualidade das mudas produzidas nos substratos alternativos.

Apesar da indicação deste índice para avaliar a qualidade de mudas de eucalipto, valores muito altos também podem estar relacionados com um desbalanço entre a absorção de água pelas raízes e perda de água pela transpiração e por isso não deve ser avaliada isoladamente (GROSSNICKLE, 2012).

Neste sentido, os resultados da Tabela 3 se destaca em relação a trabalhos recentes sobre a qualidade de mudas de eucalipto utilizando as mesmas proporções de fibra de coco e vermicomposto no substrato (FERREIRA et al, 2020; FERREIRA et al, 2021). Essas pesquisas demonstraram valores para a relação MSPA/MSR maiores do 5,0, o que isoladamente indica um mal desempenho. Contudo, ressalta-se a importância da análise conjunta de outros parâmetros, como apresentado nesta pesquisa.

5.6 Índice de Qualidade de Dickson

O índice de qualidade de Dickson (IQD) trata-se de uma importante ferramenta já consolidada na avaliação da qualidade de mudas florestais, uma vez que considera a robustez e a uniformidade da distribuição da biomassa durante o processo de crescimento. Além disso, o IQD possibilita a agregação dos resultados obtidos a partir de diversas características fundamentais empregadas nesta análise (DICKSON; LEAF; HOSNER, 1960; AGUIAR et al, 2011).

Para as mudas de *Corymbia citriodora* que não receberam nenhuma suplementação, o IQD não apresentou diferença significativa entre os diferentes substratos (Tabela 3). Todavia, a adubação mineral e com húmus líquido promoveu os maiores valores, principalmente para o

substrato comercial (T4). Comparando as diferentes suplementações, o fertilizante mineral foi o responsável pelos maiores valores, com exceção do substrato alternativo com composição intermediária (T2, 75FC-25VM). Notou-se mais uma vez que o uso do húmus líquido não proporcionou resultados melhores às mudas em relação àquelas ausentes de suplementação, exceto para T1 (85FC-15VM).

Já a espécie *Eucalyptus urograndis* apresentou resultados maiores de IQD do que *Corymbia citriodora*. O substrato comercial (T4) teve destaque positivo para as mudas de *E. urograndis* sem suplementação (Tabela 3). Contudo, não houve diferença significativa entre os substratos para as mudas que receberam a adubação com húmus líquido e mineral. Os altos valores de IQD sem diferença estatística entre os substratos demonstra o potencial produtivo dos substratos alternativos sustentáveis propostos, principalmente associados à fertilizante mineral.

De acordo com Reis et al. (2011), a qualidade da muda tende a ser aprimorada à medida que se observa um aumento no valor do IQD. Contudo, é imprescindível salientar novamente que a interpretação destes resultados deve ser considerada somente quando as características que compõem tal índice estiverem dentro dos limites considerados aceitáveis para mudas de espécies florestais. Ademais, é relevante enfatizar que esses limites estão sujeitos a variações dependentes da espécie, do tipo e tamanho do recipiente, bem como da idade da muda (SAIDELLES et al., 2009; TRAZZI et al., 2012; CALDEIRA et al., 2013; FARIA et al., 2013).

Apesar da escassez de estudos sobre valores limites de IQD que condicionem a qualidade de mudas na literatura, Binotto (2007) indicou o valor mínimo de 0,05 para o eucalipto. Logo, as mudas de *C. citriodora* foram consideradas adequadas apenas com substrato comercial (T4), independente da suplementação, e com a adubação mineral para os substratos T1 (85FC-15VM) e T3 (65FC-35 VM). Já as mudas de *E. urograndis* acima do valor de referência foram com substrato comercial (T4), independente da suplementação; e ausente de adubação para o substrato T1 (85FC-15VM). Destaca-se que a aplicação de fertilizante mineral proporcionou valor de IQD acima de 0,05 para todas as mudas de *E. urograndis* independentemente do substrato (Tabela 3).

A partir destes bons resultados dos substratos alternativos associado à adubação mineral para *E. urograndis*, foi realizada a comparação nos valores de IQD de mudas de eucalipto com diferentes substratos em estudos da literatura (Tabela 4).

Tabela 4 – Valores de IQD de mudas de diferentes espécies de eucalipto produzidas a partir de associações de resíduos orgânicos no substrato.

Espécie	IQD	Substrato*	Referência
<i>Corymbia citriodora</i>	0,064	FC + VRD	Ferreira et al (2021)
<i>Eucalyptus grandis</i>	0,0032-0,0497	CO	Gomes <i>et al.</i> (2002)
<i>Eucalyptus grandis</i>	0,09-0,12	SC + VEB	Silva <i>et al.</i> (2017)
<i>Corymbia citriodora</i>	0,05-0,20	T + VEB	Steffen <i>et al.</i> (2011)
<i>Eucalyptus urograndis</i>	0,081	SC	Faria et al (2019)
<i>Eucalyptus urograndis</i>	0,1569	FC + VRD	T1 com adubação
<i>Eucalyptus urograndis</i>	0,1308	FC + VRD	T3 com adubação

*CO - composto orgânico a partir de capim-gordura e esterco bovino; FC - fibra de coco; SC - substrato comercial; VEB - vermicomposto a partir de esterco bovino; VRD - vermicomposto a partir de resíduos domésticos; e T – turfa.

Fonte: Elaborado pelo autor.

É possível constatar que o IQD pode apresentar consideráveis variações em virtude do substrato, da espécie e do manejo adotado na produção das mudas. Cabe ressaltar que, além dos valores encontrados na literatura (Tabela 4) serem inferiores aos obtidos no presente estudo, esta pesquisa baseou-se em apresentar soluções inovadoras e sustentáveis a partir de materiais de baixo custo e com o reaproveitamento de resíduos.

Portanto, é fundamental ressaltar que os substratos da presente pesquisa visam primordialmente a redução dos custos envolvidos na produção, sem comprometer a qualidade final das mudas. A relevância de pesquisas que considerem não apenas a eficiência produtiva, mas também a sustentabilidade na produção agrícola é fundamental.

Essa alternativa viável apresenta reduzido impacto ambiental, bem como a capacidade de reutilizar resíduos previamente descartados de forma indiscriminada na natureza. Tais descobertas têm o potencial de abrir novas perspectivas para estudos futuros, considerando que a temática ainda é incipiente e pouco explorada até o presente momento.

Por fim, a preocupação mundial em relação aos impactos ambientais propicia um cenário ideal para a mudança de sistemas produtivos lineares com intuito de torná-lo cada vez mais circular. Logo, conciliar o desenvolvimento de substratos economicamente viáveis com a adoção de práticas ambientalmente responsáveis contribuem diretamente para uma agricultura sustentável e de baixo impacto ambiental.

6 CONCLUSÕES

O uso do substrato comercial foi responsável pelas maiores médias para altura, diâmetro, índice de qualidade de Dickson e por produzir as maiores biomassas secas das mudas, tanto para parte aérea quanto para as raízes para as duas espécies avaliadas;

O húmus líquido não se demonstrou eficiente na adubação das mudas de eucalipto na concentração utilizada;

A espécie *Eucalyptus urograndis* obteve melhor desenvolvimento do que *Corymbia citriodora* com resultados satisfatórios para altura, diâmetro e IQD, quando suplementadas com adubação mineral independentemente do substrato;

A razão altura da planta/diâmetro do coleto não indicou diferença significativa nos resultados, evidenciando que os substratos alternativos responderam positivamente na produção das mudas de eucalipto para este parâmetro; e

Não houve diferença entre os valores da relação entre as biomassas secas das partes aérea e radicular e todos as mudas com suplementação mineral atingiram valor adequado nas duas espécies avaliadas; e

Finalmente, os substratos alternativos compostos por fibra de coco e vermicomposto revelaram-se uma solução interessante e de grande potencial sustentável a ser explorado na produção de mudas de *Eucalyptus urograndis*.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, F. F. A.; KANASHIRO, S.; TAVARES, A. R.; NASCIMENTO, T. D. R. D.; ROCCO, F. M. Crescimento de mudas de pau-brasil (*Caesalpinia echinata* Lam.), submetidas a cinco níveis de sombreamento. **Revista Ceres**, Lavras, v. 58, n. 6, p. 729-734, nov./dez. 2011.
- AMORIN, V. F.; GARCIA, N. L.; SILVA, F. A. L.; SILVA, M. T.; OLIVEIRA, R. F.; Vermicompostagem doméstica como alternativa da decomposição de resíduos orgânicos. *In*: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE QUALIDADE AMBIENTAL, 10., Porto Alegre, 2016. **Anais [...]**. Porto Alegre: ABES-RS, 2016.
- ARTICULAÇÃO NACIONAL DE AGROECOLOGIA - ANA. Carta Política. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE AGROECOLOGIA, 2., Recife, 2006. **Anais [...]** Recife: ANA, 2006.
- ANDREAZZA, R.; ANTONIOLLI, Z. I.; SILVA, R. F.; SCHIRMER, G. K.; SCHEID, D. L.; QUADRO, M. S.; BARCELOS, A. A. Efeito do vermicomposto no crescimento inicial de ipê amarelo (*Handroanthus chrysotrichus*) e leucena (*Leucaena leucocephala*). **Nativa**, Sinop, v. 1, n. 1, p. 29-33, 2013.
- BASÍLIO, J. J. N.; RODRIGUES, L. A.; SILVA, M. S. A.; COLEN, F.; OLIVEIRA, L. S. Biochar de casca de pequi como componente de substrato para produção de mudas de *Eucalyptus urophylla* ST. **Caderno de Ciências Agrárias**, Montes Claros, v. 12, p. 1-10, 2020. DOI: <https://doi.org/10.35699/2447-6218.2020.24836>
- BINOTTO, A. F. **Relação entre as variáveis de crescimento e o índice de qualidade de Dickson em mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maid e *Pinus elliottii* var. *elliottii* – Engelm.** 2007. 56 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS, 2007.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos**. Brasília: [s.n.], 2011. Disponível em: https://www.mma.gov.br/estruturas/253/_publicacao/253_publicacao02022012041757.pdf. Acesso em: 16 jun. 2020.
- CALDEIRA, M. V. W.; Delarmelina, W. M.; Faria, J. C. T.; Juvanol, R. S. Substratos alternativos na produção de mudas de *Chamaecrista desvauxii*. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 37, n. 1, p. 31-39, jan./fev. 2013.
- CALDEIRA, M. V. W.; SCHUMACHER, M. V.; BARICHELO, L. R.; VOGEL, H. L. M.; OLIVEIRA, L. D. S. Crescimento de mudas de *Eucalyptus saligna* Smith em função de diferentes doses de vermicomposto. **Floresta**, Curitiba, v. 28, n. 1/2, 1998.
- CARBONERA, R.; FERNANDES, S. B. V.; OLIVEIRA, F. G. de; MELLO, J. B.; UHDE, E. M.; RIGO, D. S. Diversidade de sistemas produtivos e sustentabilidade na agricultura. **DRd - Desenvolvimento Regional em debate**, [S. l.], v. 10, p. 98–118, 2020. DOI:

10.24302/drd.v10i0.2505. Disponível em:
<http://www.periodicos.unc.br/index.php/drd/article/view/2505>. Acesso em: 15 jun. 2021.

CARRIJO, O. A.; LIZ, R. S. D.; MAKISHIMA, N. Fibra da casca do coco verde como substrato agrícola. **Horticultura brasileira**, Brasília, DF, v. 20, n. 4, p. 533-535, 2002.

COELHO, J. C.; PINHEIRO, A. C.; PINTO, P. A. A sustentabilidade alimentar do planeta e a sua relação com a agricultura moderna de alto rendimento. **Revista de Economia e Sociologia**, Evora, n. 84, p. 145-164, 2007.

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

DINIZ, K.; GUIMARÃES, S. T. M. R.; LUZ, J. M. Q. Húmus como substrato para a produção de mudas de tomate, pimentão e alface. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 22, n. 3, p. 63-70, 2006.

ELOY, E.; CARON, B. O.; SCHMID, D.; BEHLING, A.; SCHWERS, L.; ELLI, E. F. Avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis* utilizando parâmetros morfológicos florestal. **Floresta**, Curitiba, v. 43, n. 3, p. 373-384, 2013.

FARIA, J. C. T. Caldeira, M. V. W.; Delarmelina, W. M.; Lacerda, L. C.; Gonçalves, E.O. Substratos à base de lodo de esgoto na produção de mudas de *Senna alata*. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v. 4, n. 4, p. 342-351, out./dez. 2013.

FARIA, J. C. T.; LOPES, D. A.; LYRA, G. B.; MELO, H. C. D.; MELO, L. A. D. Manejo da densidade de plantas durante a produção de mudas em viveiro. **Ciência florestal**, Santa Maria, v. 29, p. 1187-1198, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509830030>

FERREIRA, P. H. F.; BARRETTO, V. C. M.; MONTAGNOLLI, R. N.; LOPES, P. R. M. . Production of eucalyptus seedlings using alternative substrates. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, no prelo, 2021.

FERREIRA, P. H. F.; BARRETTO, V. C. M.; TOMAZ, R. S.; FERRARI, S.; VIANA, R. S.; LOPES, P. R. M. Vermicomposto e fibra de coco como substratos sustentáveis na produção de mudas de *Corymbia citriodora*. **Brazilian Journal of Development**, São José dos Pinhais, v. 6, n. 9, p. 70262-70274, 2020.

FERREIRA, P. H. F.; LOPES, P. R. M. Qualidade de mudas de *Corymbia citriodora* produzidas a partir de diferentes proporções de vermicomposto no substrato. [S.l.: s.n.], 2019. [Relatório PIBIC].

FONSECA, T. G. **Produção de mudas de hortaliças em substratos de diferentes composições com adição de CO₂ na água de irrigação**. 2001. 72 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

GASPARIN, E.; AVILA, A. L. D.; ARAUJO, M. M.; CARGNELUTTI, A. F.; DORNELES, D. U.; FOLTZ, D. R. B. Influência do substrato e do volume de recipiente na qualidade das

mudas de *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart. em viveiro e no campo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.24, n. 3, p. 553-563, 2014.

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

GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. **Viveiros florestais**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2011. 116 p. (Série Didática).

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

GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p. 1-57.

GROSSNICKLE, S. C. Why seedlings survive: influence of plant attributes. **New Forests**, Basileia, v. 43, n. 5/6, p. 711-738, 2012.

HIGASHI, E.N.; SILVEIRA, R.L.V.A.; GONÇALVES, A.N. Nutrição e adubação em minijardim clonal hidropônico de *eucalyptus*. **Circular técnica IPEF**, Nutrição e adubação em minijardim clonal hidropônico de eucalyptus. Circular técnica IPEF, n. 194, janeiro, 2002.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES IBÁ. **Relatório anual**. 2022. Disponível em: <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio-anual-iba2022-compactado.pdf> Acesso em: 05 de outubro de 2023.

JOSHI, R.; SINGH, J.; VIG, A. P. Vermicompost as an effective organic fertilizer and biocontrol agent: effect on growth, yield and quality of plants. **Reviews in Environmental Science and Bio/Technology**, Dordrecht, v. 14, n. 1, p. 137-159, 2015.

KLEIN, C. Substratos alternativos para produção de mudas. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, Curitiba, v. 4, n. 3, p. 01-21, 2015.

KÖPPEN, W. **Climatologia**: conunestudio de los climas de latierra. México, DF: Fondo de Cultura Econômica, 1948. p. 479.

LACERDA, M. S. **O custo da logística reversa dos resíduos do coco verde e seus impactos para a economia circular**. Dissertação. (Mestrado em Agronegócio) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília. Brasília. p. 119. 2021.

LANDGRAF, M. D.; REZENDE, M. O. O.; MESSIAS, R. A. **A importância ambiental da vermicompostagem**: vantagens e aplicações. 1a. ed., São Carlos: RiMa, 2005. 106 p.

LOPES, J. L. W. **Produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W.(Hill ex. Maiden) em diferentes substratos e lâminas de irrigação**. 2004. 100 p. 2004. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2004. 222.

LOPES, K. A. L.; DOS SANTOS, M. V. F.; OLIVEIRA, R. N. T.; SILVA, T. F.; ALMEIDA, E. I. B.; DA SILVA-MATOS, R. R. S. Efeito do húmus líquido de vermicompostagem sobre a produção de mudas de *Brassica oleracea* L. **Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas**, Chapadinha, v. 10, n. 2, 2019.

MELO, L. dos S.; COSTA, T. L. S.; SANTOS, T. L. S.; NUNES, M. U. C. Avaliação de métodos alternativos de compostagem para biodegradação da casca de coco verde. **Embrapa Tabuleiros Costeiros - Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E PÓS-GRADUAÇÃO DA EMBRAPA TABULEIROS COSTEIROS, 5. Aracaju. **Anais [...]**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. p. 280.

NADAI, F. B.; MENEZES, J. B. C.; CATÃO, H. C. R. M.; ADVÍNCULA, T.; COSTA, C. A. Produção de mudas de tomateiro em função de diferentes formas de propagação e substratos. **Revista Agro@mbiente On-line**, Boa Vista, v. 9, n. 3, p.261-267, 2015.

NASCIMENTO, S. G. S.; NASCIMENTO, J.; FARIAS MAIA, J.; RICHARDT LANGBECKER, M.; GRAZIELI DA SILVA NASCIMENTO, S.; HANKE, D. Gestão ambiental e agricultura familiar: estratégias utilizadas pelos agricultores familiares do assentamento Upacaraí. In: SALÃO INTERNACIONAL DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 11., Santana do Livramento, 2020. **Anais [...]**. Santana do Livramento, Unipampa, 2020.

PANORAMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL 2022. **ABRELPE**. Dezembro,2022.

PETERSEN, P. **Agricultura familiar camponesa na construção do futuro**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 2009. 168 p.

REIS, R. G. E.; Pereira, M. S.; Gonçalves, N. R.; Pereira, D. S.; Bezerra, A. M. E. Emergência e qualidade de mudas de *Copernicia prunifera* em função da embebição das sementes e sombreamento. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 4, p. 43-49, out./dez. 2011.

RODDA, M. R. C., CANELLAS, L. P., FAÇANHA, A. R., ZANDONADI, D. B., GUERRA, J. G. M., ALMEIDA, D. L. D., SANTOS, G. D. A. Estímulo no crescimento e na hidrólise de ATP em raízes de alface tratadas com humatos de vermicomposto: II-Efeito da fonte de vermicomposto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.30, p. 657-664, 2006.

ROSA, M. D. F.; BEZERRA, F. C.; CORREIA, D.; SANTOS, F. D. S.; ABREU, F. A. P.; FURTADO, A. A. L.; NORÕES, E. R. V. **Utilização da casca de coco como substrato agrícola**. Comunicado técnico – Documentos 52, Embrapa Agroindústria Tropical- Documentos (INFOTECA-E), 1. ed., 2002. 22 p.

ROSA, R.; KAUFMANN, K. P.; PEDROSO, L. D.; COPETTI, A. C. C. Uso do húmus líquido obtido através da vermicompostagem como húmus líquidos na produção de *lactuca sativa*. In: SALÃO INTERNACIONAL DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 11., Santana do Livramento, 2020. **Anais [...]**. Santana do Livramento, Unipampa, 2020.

SAIDELLES, F. L. F.; CALDEIRA, M. V. W.; SCHIRMER, W. N.; SPERANDIO, H. V. Casca de arroz carbonizada como substrato para produção de mudas de tamboril-da-mata e garapeira. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, n. 4, supl.1, p. 173-1186, out./dez. 2009.

SCHMID, M. A tendência do preço de eucalipto nos principais estados produtores brasileiros. **Forest 2 Market**, 29 de maio de 2018. Disponível em: <https://www.forest2market.com/blog/br/a-tendencia-do-preco-de-eucalipto-nos-principais-estados-produtores-brasileiros>. Acesso em: 31 maio 2023.

SCHUMACHER, M. V.; CALDEIRA, M. V. W.; OLIVEIRA, E. R. V.; PIROLI, E. L. Influência do vermicomposto na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 11, n. 2, p. 121-130, 2001.

SILVA, E. A.; OLIVEIRA, A. C.; MENDONÇA, V.; SOARES, F. M. Substratos na produção de mudas de mangabeira em tubetes. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 2, p. 279-285, 2011.

SILVA, J. M.; ALBUQUERQUE, L. S.; SANTOS, T. M. C.; OLIVEIRA, J. U. L.; GUEDES, E. L. F. Mineralização de vermicompostos estimada pela respiração microbiana. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Maceió, v. 8, n. 4, p. 19, 2013.

SILVA, R. F.; DE MARCO, R.; DA ROS, C. O.; ALMEIDA, H. S.; ANTONIOLLI, Z. I. Influência de diferentes concentrações de vermicomposto no desenvolvimento de mudas de eucalipto e pinus. **Floresta Ambient.**, Seropédica, v. 24, p. 1-10, 2017.

SILVA, T. F.; SANTOS, E. J.; LOPES, K. A. L.; SILVA, M. S.; ALMEIDA, E. I. B.; SILVA-MATOS, R. R. S. Production of okra seedlings under increasing doses of vermicomposting manure. **Research, Society and Development**, Itabira, v.9, n.9, p.e291996937, 2020.

SOUZA; P. L. T.; VIEIRA; L.R.; BOLIGON; A.A.; VESTENA; S. Efeito de diferentes substratos no crescimento de mudas de duas *Myrtaceae*. In: SALÃO INTERNACIONAL DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, Caçapava do Sul, v. 4, n. 2, 2013. **Anais [...]**. Caçapava do Sul: UNIPAMPA, 2013.

STEFFEN, G. P. K.; ANTONIOLLI, Z. I.; STEFFEN, R. B.; SCHIEEDECH, G. Utilização de vermicomposto como substrato na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* e *Corymbia citriodora*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 31, n. 66, p.75-82, 2011.

TRAZZI, P. A; CALDEIRA, M. V.; COLOMBI, R.; GONÇALVES, E. O. Qualidade de mudas de *Murraya paniculata* produzidas em diferentes substratos. **Floresta**, Curitiba, v. 42, n. 3, p. 621-630, jul./set. 2012.

TSCHARNTKE, T.; CLOUGH, Y.; WANGER, T. C.; JACKSON, L.; MOTZKE, I.; PERFECTO, I.; WHITBREAD, A. Global food security, biodiversity conservation and the future of agricultural intensification. **Biological Conservation**, Amsterdam, v. 151, n. 1, p. 53-59, 2012.

VALVERDE, S. R. Plantações de eucalipto no Brasil. **Revista da Madeira**, [S. l.], v. 18, n. 107, p. 1-7, 2007.

VAN BELLEN, H. M. **Indicadores de sustentabilidade:** uma análise comparativa. 2002. p. 235. (Doutorado em Engenharia da Produção) – Universidade de Santa Catarina - UFSC, Florianópolis, 2002.

VILHENA, A. A experiência na reciclagem. **Revista Brazilian Business**, [S. l.], p. 131-149, 2002.

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