

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**BIOSSÓLIDO NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Euterpe
oleracea***

Kássia Barros Ferreira

Engenheira Agrônoma

2021

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**BIOSSÓLIDO NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Euterpe
oleracea***

Discente: Kássia Barros Ferreira

Orientadora: Profa. Dra. Kathia Fernandes Lopes Pivetta

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Produção Vegetal)

2021

F383b	Ferreira, Kássia Barros Biossólido na produção de mudas de Euterpe oleracea / Kássia Barros Ferreira. -- Jaboticabal, 2021 43 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal Orientadora: Kathia Fernandes Lopes Pivetta 1. Sustentabilidade. 2. Plantas Ornamentais. 3. Resíduos Urbanos. I. Título.
-------	---

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



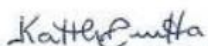
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

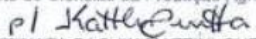
TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: BÍOSSÓLIDO NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Euterpe oleracea*

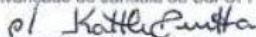
AUTORA: KÁSSIA BARROS FERREIRA

ORIENTADORA: KATHIA FERNANDES LOPES PIVETTA

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em AGRONOMIA (PRODUÇÃO VEGETAL), pela Comissão Examinadora;


Prof.ª. Dra. KATHIA FERNANDES LOPES PIVETTA (Participação Virtual)
Departamento de Ciências da Produção Agrícola (Produção Vegetal) / FCAV / UNESP - Jaboticabal


Prof.ª. Dra. RENATA BACHIN MAZZINI-GUEDES (Participação Virtual)
Campus Avançado de Jandaia do Sul-UFPR / Jandaia do Sul/PR


Prof. Dr. MARCOS VIEIRA FERRAZ (Participação Virtual)
IBD Certificações / Botucatu/SP

Jaboticabal, 01 de março de 2021

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

KÁSSIA BARROS FERREIRA – Nasceu na cidade de Goiânia/Go em 17 de fevereiro de 1996, filha de Vaneide Ferreira dos Santos e Zacarias Pereira de Barros. Coursou o ensino médio no Colégio Estadual Cora Coralina, na mesma cidade. Em 2014 ingressou no curso de Agronomia na Universidade Federal de Goiás, Campus Jataí/GO. Em março do ano de 2019 recebeu o título de engenheira agrônoma. Durante a graduação realizou estágio no Laboratório de Cultura de Tecidos e com o grupo de pesquisa em Fruticultura. Participou do Programa Institucional de Iniciação Científica (2016/2017) e no Programa de Bolsas e de Voluntários de Extensão e Cultura (2018). Em março de 2019, iniciou o Curso de Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Produção Vegetal) pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista - FCAV/UNESP, Câmpus de Jaboticabal, sob orientação da Profa. Dra. Kathia Fernandes Lopes Pivetta, na linha na área de produção de plantas ornamentais e paisagismo, sendo bolsista da CAPES, concluindo-o em março de 2021.

“A vida nunca está completa sem seus desafios”

Stan Lee

Aos meus pais, Vaneide Ferreira dos Santos e Zacarias Pereira de Barros por todo
apoio, incentivos, ensinamentos e esforço
. Aos meus familiares e amigos, pelo apoio.

DEDICO e OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Produção Vegetal), pela excelente formação.

Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

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

À Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp) pelo fornecimento do biossólido, o qual possibilitou o desenvolvimento deste trabalho.

Aos meus pais, Zacarias Pereira de Barros e Vaneide Ferreira dos Santos, por todo apoio e amor, por sempre batalharem para que minhas irmãs e eu pudéssemos estudar.

Às minhas irmãs, Ivana Barros Ferreira e Nicolý Barros Ferreira por sempre acreditarem em mim.

À toda minha família, mesmo com a distância sempre estiveram presentes e torcendo por mim.

À minha orientadora Prof^a. Dr^a. Kathia Fernandes Lopes Pivetta, pela orientação, paciência e confiança.

A todos os integrantes do Grupo de Estudos em Paisagismo e Floricultura, GEPFlor da FCAV/UNESP: Antonio Maricélio, Ana Carolina Muniz, Giovana Sgobbe, João Eliézer, Lorena Medeiros, Larissa Chioda e Cibeles Mantovani, pela contribuição na coleta de dados, por todo apoio e pelos bons momentos.

Aos meus amigos Kleve Canteral, Clebson Praxedes, Marcilene Sarah, João Duarte, Vanessa Dantas e Eduarda Reis pelo convívio e amizade durante minha estadia em Jaboticabal, que guardarei sempre com carinho.

Aos meus amigos Luís Antônio Lima e Vanessa Chaves por todos esses anos de amizade.

Aos funcionários do Viveiro Experimental de Plantas Ornamentais e Florestais da FCAV/UNESP. Em especial Adevair Pugliano e Roberto Carlos Costa.

E a todo mundo que, direta ou indiretamente contribuíram para a realização desse trabalho.

Os meus sinceros agradecimentos.

1. Sumário

RESUMO.....	ii
ABSTRACT.....	iii
CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS	1
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	2
2.1 Aspectos gerais sobre a espécie <i>Euterpe oleracea</i>	2
2.2 Substrato para plantas	3
2.3 Biossólido	4
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	7
CAPÍTULO 2 – BIOSSÓLIDO NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE <i>Euterpe oleracea</i>.....	12
1. INTRODUÇÃO	12
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	13
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
4. CONCLUSÃO	27
5. REFERÊNCIAS	27

BIOSSÓLIDO NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Euterpe oleracea*

RESUMO – O crescimento na demanda pela polpa e palmito de açaí e o aumento na procura de mudas dessas espécies para paisagismo e ornamentação urbana, tem impulsionado o setor na produção de mudas de qualidade. Com o crescimento populacional tem-se observado aumento da produção de resíduos orgânicos oriundos das atividades humanas, entre eles o lodo de esgoto doméstico. Os resíduos quando não tratados, podem ser incinerados ou armazenados em aterros, gerando problemas, tornando-se necessário buscar formas sustentáveis de utilização desse resíduo, como seu reaproveitamento na agricultura e como componente de substrato para produção de mudas. Dessa forma, este trabalho teve o objetivo de avaliar o desenvolvimento inicial de mudas de *Euterpe oleracea* produzidas em substratos à base de biofertilizante. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado. Foram seis tratamentos, quatro repetições e dez plantas por parcela. Os tratamentos testados foram constituídos por substratos resultantes da mistura de terra de subsolo (TS) e biofertilizante (BF) em diferentes proporções: 100% TS; 80% TS + 20% BF; 60% TS + 40% BF; 40% TS + 60% BF; 20% TS + 80% BF; 100% BF. Foram avaliados os parâmetros morfológicos das mudas e os teores de macro e micronutrientes foliares. A utilização do biofertilizante na composição de substrato se mostrou eficiente para produção de mudas de *E. oleracea*. Composição 20%, 40% e 60% de biofertilizante no substrato apresentou melhores respostas quanto aos parâmetros morfológicos de qualidade de mudas, como também concentração de nutrientes nas folhas.

Palavras-chave: Fertilizante orgânico; lodo de esgoto, produção de mudas, sustentabilidade

BIOSOLID IN THE PRODUCTION OF *Euterpe oleracea* SEEDLINGS

ABSTRACT - The growth in demand for açai pulp and hearts of palm and the increase in demand for seedlings of these species for landscaping and urban ornamentation, has driven the sector in the production of quality seedlings. With population growth, there has been an increase in the production of organic waste from human activities, including domestic sewage sludge. The residues, when not treated, can be incinerated or stored in landfills, creating problems, making it necessary to seek sustainable ways of using this waste, such as its reuse in agriculture and as a substrate component for the production of seedlings. Thus, this work aimed to evaluate the initial development of *Euterpe oleracea* seedlings produced on substrates based on biosolids. The experimental design was completely randomized. There were six treatments, four replications and ten plants per plot. The tested treatments consisted of substrates resulting from the mixture of subsoil (TS) and biosolid (BIO) in different proportions: 100% TS; 80% TS + 20% BIO; 60% TS + 40% BIO; 40% TS + 60% BIO; 20% TS + 80% BIO; 100% BIO. Seedling morphological parameters and leaf macro and micronutrient contents were evaluated. The use of biosolids in the substrate composition proved to be efficient for the production of *E. oleracea* seedlings. Composition of 20%, 40% and 60% of biosolids in the substrate showed better responses regarding the morphological parameters of seedling quality, as well as the concentration of nutrients in the leaves.

Keywords: Organic fertilizer; sewage sludge, seedling production, sustainability

CAPÍTULO 1 – Considerações gerais

1. INTRODUÇÃO

A família Arecaceae representa a terceira família botânica mais importante para o ser humano, possui ampla distribuição e diversidade de usos. Conta com distribuição predominantemente tropical e subtropical, que engloba aproximadamente 200 gêneros e cerca de 2.600 espécies (Gama et al., 2010). A família apresenta um importante papel no ecossistema, como habitat para animais e fornecimento de alimentos para animais e para o ser humano. Algumas espécies são potencialmente econômicas para o agronegócio de frutos, palmito e óleo comestível, e mais recentemente, como alternativa para a produção de biodiesel e também para ornamentação urbana, devido a sua beleza, rusticidade e elegância (Soares et al., 2014; Souza e Lima, 2019).

Aliado ao desenvolvimento econômico, o desenvolvimento da agricultura deve caminhar em conjunto com a sustentabilidade dos meios de produção e minimização de danos ambientais. A valoração dos resíduos orgânicos oriundos dos centros urbanos e das indústrias podem ser utilizados como solução de graves problemas ambientais, como degradação do solo e erosão. O reaproveitamento de resíduos na agricultura, como o lodo de esgoto, tem por objetivo atender à crescente demanda por fertilizantes orgânicos (Santos et al., 2014), ao mesmo tempo, uma solução ao problema de acumulação de lodo de esgoto em alta escala nas estações de tratamento (Boeira e Souza, 2007) e, ainda, os agricultores são amplamente beneficiados ao considerar os resíduos como um recurso valioso, convertendo-o em fertilizante (Santos et al., 2014; Zago e Barros, 2019).

O lodo de esgoto quando devidamente tratado recebe o nome de biossólido e adquire características que permitem sua utilização na agricultura. Constitui um material rico em matéria orgânica e nutrientes, com alta capacidade e substituir em parte ou totalmente o uso de substratos e fertilizantes, atendendo as demandas nutricionais das plantas (Djandja et al., 2020).

A produção de fertilizantes minerais no Brasil tem sido insuficiente para abastecer a demanda interna, fazendo com que o país seja dependente dos preços do mercado externo e importe cerca de 70% de N e 50% de P. Soma-se a isso o fato

de a matéria-prima para a extração dos fertilizantes ser escassa e com uma alta demanda de energia não renovável proveniente de petróleo e gás natural (Ogino et al., 2021).

A oscilação dos preços desses fertilizantes minerais é acompanhando pela redução do poder de compra pelos produtores e, conseqüentemente, redução da produção agrícola (Ogino et al., 2021). Dessa forma, é necessário o investir em aproveitamento dos resíduos provindos das atividades humanas e industriais, os quais são ricos em nutrientes essenciais ao desenvolvimento vegetal, além de possuírem propriedades biológicas e químicas adequadas para seu uso como substratos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Aspectos gerais sobre a espécie *Euterpe oleracea*

O gênero *Euterpe* pertence à família Arecaceae, constituído por aproximadamente 28 espécies. No Brasil, é representado por oito espécies, das quais duas têm forte ocorrência e importância na Amazônia, *Euterpe oleracea* Mart., *Euterpe precatoria* Mart., e a *Euterpe edulis* Mart., de ocorrência natural na Mata Atlântica (Oliveira et al., 2019a)

A palmeira *Euterpe oleracea* (Mart.), conhecida popularmente como açazeiro, açai-do-pará e açai-de-touceira, é uma espécie nativa de ocorrência nos estados do Amazonas, Pará, Maranhão e Amapá (Calbo e Moraes, 2000), também encontrada em outras regiões da América Latina (Oliveira et al., 2020).

A espécie atinge altura de até 25 m, possui caule (estipe) liso, cilíndrico e anelado, podendo atingir de 15 a 25 cm de diâmetro e ocorre geralmente formando touceiras (Pivetta e Luz, 201; Oliveira et al., 2019a), podendo produzir até 25 estipes, cujos perfilhos podem estar em diferentes estádios de desenvolvimento (Santos et al., 2018). Os frutos são do tipo drupas globosas, de superfície lisa, de cor violeta, quase negras (Paula, 1975). A espécie *E. oleracea* é de alta ocorrência em várzeas, ambientes inundáveis da Amazônia brasileira, considerados eutróficos e de uma boa fertilidade natural e disponibilidade de nutrientes devido a depósitos de sedimentos trazidos pelas marés (Araújo et al., 2016; Santos et al., 2018).

A espécie é considerada a palmeira de maior importância cultural, econômica e social na região norte do Brasil (Queiroz e Melém Júnior, 2001). O açazeiro tem várias utilizações, como fabricação de casas, ração animal, arborização urbana, medicina caseira e corante natural. Porém, seu principal potencial econômico está nos frutos e no palmito (Queiroz e Melém Júnior, 2001; Pivetta e Luz, 2013).

Constitui o principal alimento das populações ribeirinhas, devido à suas propriedades nutricionais e ao valor calórico da polpa de açai, pois esse fruto pode ser considerado como alimento rico em proteínas, fibras, lipídeos, vitamina E e minerais (Neves et al., 2015, Oliveira et al., 2019b). A polpa de açai é considerada um alimento nutracêutico devido ao seu rico conteúdo de compostos bioativos, como antocianinas e pigmentos hidrossolúveis, substâncias com propriedades medicinais, entre elas anticarcinogênica, anti-inflamatória e antimicrobiana (Menezes et al., 2008).

O mercado de açai tornou-se mais importante durante a última década, deixando de ser somente um alimento para as populações rurais passando a ser, também, um produto importante em grandes mercados urbanos, em todo o mundo (Paniagua-Zambrana et al., 2017), e de grande importância no cenário de exportação. O aumento na produção do açai tem sido resultado da combinação entre o aumento de áreas cultivadas, das áreas manejadas e da utilização de técnicas de manejo que propiciam o aumento da produtividade (Conab, 2020). A valorização do fruto trouxe benefício econômico e ecológico para as populações regionais promovendo a conservação das palmeiras de açai e uma importante fonte de renda e de emprego (Mar et al., 2013). Além disso, em vista da expansão do mercado da polpa e de seus derivados, em nível nacional e internacional, tem ocasionado mudança no padrão de produção, saindo da atividade extrativista para a de cultivo (Oliveira et al., 2019b).

O Brasil é o maior produtor, consumidor e exportador do fruto do açai e o maior produtor e consumidor de palmito (Silva et al., 2017), destacando-se na industrialização de palmito. A espécie *E. oleracea* possui alta produtividade por planta, devido o farto perfilhamento, o que possibilita uma produção quase que contínua de palmito (Bovi et al., 1987; Paniagua-Zambrana et al., 2017). Além da importância alimentícia, *E. oleracea* é uma palmeira com potencial ornamental, representando o estilo tropical (Miranda et al., 2016).

A etapa de produção de mudas é a fase fundamental para obtenção de plantas com elevada qualidade, com impacto direto no sucesso no desenvolvimento a campo e no desempenho produtivo dos pomares, bem como, na estética da paisagem quando usadas como ornamental (Silva et al., 2017; Oliveira et al., 2020).

2.2 Substrato para plantas

Dentre os fatores importantes para obtenção de mudas de qualidade, o substrato se enquadra como fator primordial que promove influência direta na formação inicial das mudas (Silva et al., 2017; Oza et al., 2018) e que garanta mudas de alto padrão fitossanitário e maior uniformidade, promovendo maior resistência às condições adversas do campo (Medeiros et al., 2018).

Substrato para plantas é todo material que proporciona sustentação, fornecimento de água, oxigênio e nutrientes para um ótimo desenvolvimento da parte aérea e do sistema radicular (Silva et al., 2017). A obtenção de mudas de qualidade necessita de substratos com boas características físicas, químicas, biológicas e sanitárias, além disso, o substrato deve ser de fácil manejo, baixo custo e alta disponibilidade (Krause et al., 2017). Os substratos comerciais nem sempre apresentam características nutricionais para suprimento suficiente de nutrientes e a terra apresenta limitações em relação a baixa fertilidade e acidez elevada, sendo um dos fatores responsáveis por perdas de mudas e causa de elevada mortalidade das plantas no campo (Silva et al., 2017).

Existe a necessidade de reduzir custos com os substratos comerciais e aproveitar a disponibilidade de resíduos da região, (Krause et al., 2017), sejam industriais ou urbanos, minimizando o impacto ambiental que seria provocado pela destinação inadequada desses resíduos (Oza et al., 2018). A utilização de resíduos orgânicos como substratos alternativos para a produção de mudas está diretamente relacionada com a disponibilidade regionais, sendo mais acessíveis economicamente que outros substratos orgânicos encontrados no mercado. Dentre os resíduos urbanos gerados em elevada quantidade, e com potencial para composição de substratos, tem-se o lodo de esgoto, de natureza predominantemente orgânica e com alto potencial de composição de substrato para mudas (Medeiros et al., 2018).

2.3 Bioossólido

Desenvolvimento econômico associado ao consumismo significa que a maioria dos países enfrenta o desafio de destinar adequadamente resíduos produzidos nos centros urbanos, os quais apresentam elevado potencial de poluição do solo e da água (Antonkiewicz et al., 2020). No Brasil, em razão da expansão do saneamento básico houve consequente aumento na geração de esgoto e de seus subsequentes resíduos (Bittencourt et al., 2017).

O saneamento básico não só melhora a qualidade de vida da população, como também ameniza a degradação ambiental, visto que no Brasil a principal causa da contaminação de recursos hídricos é o lançamento de esgoto doméstico direto nos cursos de água (Faria, 2007). O caráter poluidor dos resíduos urbanos é devido a presença de microelementos, elementos biogênicos e metais pesados (Djandja et al., 2020), que podem ser absorvidos pelas plantas e, portanto, transferidos para a cadeia alimentar (Koutroubas et al., 2020). No Brasil 50% do lodo de esgoto são depositados em aterros sanitários, 15,1 % como insumos na agricultura e 34,9% possuem destinação indefinida (Rigo et al., 2014).

O lodo de esgoto doméstico (LED) é um resíduo semissólido, sendo um dos produtos finais do tratamento de esgoto (Yada et al., 2020). O lodo de esgoto passa por processos de redução de sólidos biodegradáveis e odores, estabilização da matéria orgânica, redução de volume e combate a presença de vetores, recebendo a denominação de bioossólido após esses tratamentos, passando a ser permitido a sua utilização na agricultura (Christofoletti et al., 2016; Silva et al., 2020). A transformação em bioossólido para a finalidade de utilizar na agricultura aparece como uma das alternativas mais promissoras para um país que grande parte do PIB vem da agricultura, como é o caso do Brasil, se destacando por permitir a reciclagem das moléculas orgânicas e também por diminuir o potencial poluidor e contaminante dos resíduos (Santos et al., 2014).

O reaproveitamento do bioossólido na agricultura está diretamente ligada ao conceito de economia circular e presente na Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) (Brasil, 2010), que leva em consideração a seguinte hierarquia para a gestão de resíduos: prevenção, reutilização, reciclagem, recuperação e descarte (Zago e

Barros, 2019; Antonkiewicz et al., 2020). O lodo de esgoto pelo seu caráter nutricional e teor de matéria orgânica, pode ser utilizado na recuperação de solos erodidos e de áreas degradadas, como fertilizante orgânico para culturas e substrato para produção de mudas (Bittencourt et al., 2017).

Biossólido seco pode conter fósforo ocupando aproximadamente 0,5-2,5% em peso do mineral, enquanto o teor de nitrogênio pode variar de 3,4 a 9,0% (em base livre de cinza seca) (Djandja et al., 2020). A recuperação destes nutrientes contidos no biossólido pode ser devolvida ao solo na forma de fertilizante, reduzindo a aplicação destes minerais provenientes da produção industrial e do extrativismo, dessa forma, reduziria a pressão sobre as fontes naturais e não renováveis, como as rochas fosfáticas (Antonkiewicz et al., 2020; Gao et al., 2020), as quais estima-se que se esgote nos próximos 100 anos (Zin e Kim, 2021).

Grande parte dos fertilizantes nitrogenados e fosfatados fornecido são perdidos pelo escoamento e é uma das principais causas de eutrofização dos corpos d'água, como também o lançamento indevido de resíduos urbanos, os quais comprometem o uso aos quais aqueles recursos hídricos estavam destinados (Rigo et al., 2014). Portanto, o desenvolvimento de fertilizantes de liberação lenta ou controlada é necessário para proteger os sistemas aquáticos (Zin e Kim, 2021). E os nutrientes do biossólido por estarem em formas orgânicas são menos solúveis e por isso são liberados lentamente durante o ciclo produtivo das culturas, evitando-se assim desperdícios e lixiviação no solo (Faria, 2007).

A aplicação de biossólido no solo ou em substratos trazem diversos benéficos em razão da sua alta concentração de matéria orgânica, que pode também atuar como condicionador e corretivo de solo, elevando o pH e a capacidade de troca de cátions (Bortolini et al., 2017; Djandja et al., 2020), agir na melhoria da estruturação das partículas do solo, favorecendo a infiltração, a capacidade de retenção de água e o desenvolvimento do sistema radicular, como também no desenvolvimento de microrganismos benéficos (Dores-Silva et al., 2011; Silva et al., 2020).

Estima-se que aproximadamente 40% dos custos de implantação e 50% a 60% dos custos de operação das estações de tratamento de lodo de esgoto estão associadas ao descarte final do resíduo sólido (Gao et al., 2020; Silva et al., 2020). Embora a destinação em aterros, compostagem e incineração sejam os métodos mais

utilizados, eles estão se tornando problemáticos em razão dos altos custos e os atuais regulamentos ambientais (Djandja et al., 2020, Koutroubas et al., 2020) e tais métodos quando não realizados de forma adequada, pode anular os benefícios da coleta e tratamento dos esgotos (Faria, 2007).

O biossólido ainda apresenta problemas relacionados com a presença de patógenos ((bactérias, fungos, vírus, protozoários e helmintos) e metais pesados, sendo altamente prejudiciais a saúde humana e ao meio ambiente, havendo restrições quanto ao seu uso. Ainda quando usado na agricultura como condicionador de solo, ao fornecer matéria orgânica na forma de compostos estáveis, não há liberação de CO₂ para atmosfera, como ocorre no processo de incineração (Ribeirinho et al., 2012). Por outro lado, o uso incorreto deste resíduo pode ocasionar em aumento excessivo da condutividade elétrica, contaminar os solos, as águas superficiais e subterrâneas com nitratos, fosfatos e metais pesados, com alto percentual de distribuição em plantas (Boeira e Souza, 2007).

Quando se diz respeito a plantas para o uso ornamental o uso do biossólido se torna mais interessante, pois não são utilizadas na alimentação, diminuindo o risco quanto à entrada de possíveis contaminantes na cadeia alimentar. O ciclo de muitas plantas ornamentais é mais longo, de forma que se possa retirar do solo e acumular certos elementos tóxicos na biomassa da planta (Faria, 2007).

Nesse sentido, a utilização de lodo de esgoto é uma alternativa viável para uso como composição e fertilização de substratos, pois grandes volumes destes produtos são gerados durante o tratamento das águas residuárias nas Estações de Tratamento de Esgoto (Dores-Silva et al., 2011; Bortolini et al., 2017), como também ciclagem de nutrientes presentes nesse produto, diminuindo o uso de fertilizantes minerais (Yada et al., 2020).

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Antonkiewicz J, Popławska A, Kołodziej B, Ciarkowska K, Gambuś F, Bryk M, Babula J (2020) Application of ash and municipal sewage sludge as macronutrient sources in sustainable plant biomass production. **Journal of Environmental Management**, 264:110450.

Araújo FRR, Viégas, I de JM, Cunha RLM da, Vasconcelos WLF de (2016) Nutrient omission effect on growth and nutritional status of assai palm seedlings. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, 46:374-382

Bittencourt S, Aisse MM, Serrat BM (2017) Gestão do uso agrícola do lodo de esgoto: estudo de caso do estado do Paraná, Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, 22:1129-1139.

Bortolini J, Tessaro D, Gonçalves MS, Oro SR (2017) Lodo de esgoto e cama de aviário como componente de substratos para a produção de mudas de *Cedrela fissilis* e *Anadenanthera macrocarpa* (Benth). Brenan. **Scientia Agraria**, 18:121-128.

Bovi MLA, Godoy Júnior G, Sães LA (1987) Híbridos interespecíficos de palmitreiro (*Euterpe oleracea* x *Euterpe edulis*). **Bragantia**, 46:343-363.

Boeira, RC e Souza MD de (2007) Estoques de carbono orgânico e de nitrogênio, pH e densidade de um Latossolo após três aplicações de lodos de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 31:581-590.

Brasil. Lei n. 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília: Câmara dos Deputados, n. 81, 2010.

Calbo MER e Moraes JAPD (2000) Efeitos da deficiência de água em plantas de *Euterpe oleracea* (açai). **Brazilian Journal of Botany**, 23:225-230.

Christofoletti CA, Francisco A, Pedro-Escher J, Gastaldi VD, Fontanetti, CS (2016) Diplopods as soil bioindicators of toxicity after application of residues from sewage treatment plants and ethanol industry. **Microscopy and Microanalysis**, 22:1098-1110.

Conab. Companhia Nacional de Abastecimento. **Análises do mercado agropecuário e extrativista: histórico mensal de açaí**. Brasília: Conab, 2020.

Djandja OS, Wang ZC, Wang F, Xu YP, Duan PG (2020) Pyrolysis of municipal sewage sludge for biofuel production: a review. **Industrial & Engineering Chemistry Research**, 59:16939-16956.

Dores-Silva PR, Landgraf MD, Rezende MOO (2011) Acompanhamento químico da vermicompostagem de lodo de esgoto doméstico. **Química Nova**, 34: 956-961.

Faria LC de (2007) **Uso do lodo de esgoto (biossólido) como fertilizante em eucaliptos: demanda potencial, produção e crescimento das árvores e viabilidade econômica**. 105f. Tese (Doutorado em Recursos florestais) - Universidade de São Paulo, Piracicaba.

Gama JSN, Monte DMDO, Alves EU, Bruno RDLA, Braga Júnior JM (2010) Temperaturas e substratos para germinação e vigor de sementes de *Euterpe oleracea* Mart. **Revista Ciência Agronômica**, 41:664-670.

Gao N, Kamran K, Quan C, Williams PT (2020) Thermochemical conversion of sewage sludge: A critical review. **Progress in Energy and Combustion Science**, 79:100843.

Koutroubas SD, Antoniadis V, Damalas CA, Fotiadis S (2020) Sunflower growth and yield response to sewage sludge application under contrasting water availability conditions. **Industrial Crops and Products**, 154:112670.

Krause MR, Monaco PA, Haddade IR, Meneghelli LA, Souza TD (2017) Aproveitamento de resíduos agrícolas na composição de substratos para produção de mudas de tomateiro. **Horticultura Brasileira**, 35:305-310.

Queiroz JALD, Melém Júnior NJ (2001) Efeito do tamanho do recipiente sobre o desenvolvimento de mudas de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, 23:460-462.

Mar CC, Conceição HEO, Santos ABR, Viégas IDJM, Silva FSN (2013) Produção de massa seca e área foliar do açaizeiro sob déficit hídrico. **Revista Agroecossistemas**, 5:14-23.

Medeiros MDBCL, Jesus HI, Santos NDFA, Melo MRS, Souza VQ, Borges LS, Guerreiro AC, Freitas LS (2018) Índice de qualidade de Dickson e característica morfológica de mudas de pepino, produzidas em diferentes substratos alternativos. **Revista Agroecossistemas**, 10:159-173.

Menezes EMDS, Torres AT, Sabaa Srur AU (2008) Valor nutricional da polpa de açaí (*Euterpe oleracea* Mart) liofilizada. **Acta Amazônica**, 38:311-316.

Miranda TG, Oliveira Júnior JF, Martins Júnior ADS, Martins ACCT (2016) O uso de plantas em quintais urbanos no bairro da Francilândia no município de Abaetetuba, PA. **Scientia Plena**, 12:069909.

Neves LTBC, Campos DCDS, Mendes JKS, Urnhani CO, Araújo KG (2015) Qualidade de frutos processados artesanalmente de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) e bacaba (*Oenocarpus bacaba* Mart.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, 37:729-738.

Ogino CM, Costa Junior G, Popova, ND, Martines Filho JG (2021) Poder de compra, preço e consumo de fertilizantes minerais: uma análise para o centro-oeste brasileiro. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, 59:e220367.

Oliveira M, Navegantes P, Costa LDJ (2019a) **Obtenção de pólen e polinização controlada em espécies do gênero Euterpe**. Belém: Embrapa: EAO, 12p. (Embrapa-EAO. Documentos, 315).

Oliveira M, Pinheiro TDS, Fiala MA (2019b) **Práticas para a renovação do Banco Ativo de Germoplasma de espécies do gênero Euterpe (açaizeiros)**. Belém: Embrapa: EAO, 39p. (Embrapa-EAO. Documentos, 450).

Oliveira PST, Pereira RYF, Moraes SF, Nunes RLS, Santana MS, Andrade HAF, Cordeiro K, Pontes SF, Rodrigues BE, Matos RRS (2020) Crescimento das mudas de açaí sob a aplicação de substância húmica. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais** 11:123-130.

Oza EF, Monaco PAVL, Santos MMD, Rosado TL, Krause MR, Garcia WA (2018) Aproveitamento de escória de siderurgia em substratos alternativos para produção de mudas de pimenteira Dedo-de-moça. **Revista Ceres**, 65:104-109.

Paniagua-Zambrana N, Bussmann RW, Macía MJ (2017) The socioeconomic context of the use of *Euterpe precatoria* Mart. and *E. oleracea* Mart. in Bolivia and Peru. **Journal of ethnobiology and ethnomedicine**, 13:32.

Paula, JE de (1975) Anatomia de *Euterpe oleracea* Mart. (palmae da Amazônia). **Acta Amazônica**, 5:265-278.

Pivetta KFL, Luz PB (2013) Efeito da temperatura e escarificação na germinação de sementes de *Euterpe oleracea* (Mart.) (Arecaceae). **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, 13:83-88.

Ribeirinho VS, Melo WJD, Silva DHD, Figueiredo LA, Melo GMPD (2012) Fertilidade do solo, estado nutricional e produtividade de girassol, em função da aplicação de lodo de esgoto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, 42:166–173.

Rigo MM, Ramos RR, Cerqueira AA, Souza PSA, Marques, MRC (2014) Destinação e reuso na agricultura do lodo de esgoto derivado do tratamento de águas residuárias domésticas no Brasil. **Gaia Scientia**, 8:174-186.

Santos ATL, Henrique NS, Shhlindwein JA, Ferreira E, Stachiw R (2014) Aproveitamento da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos para produção de composto orgânico. **Revista Brasileira de Ciências da Amazônia**, 3:15-28.

Santos BLG, Gama JRV, Ribeiro RB da S, Anjos RKF dos, Gomes KMA, Ximenes LC, Melo L de O (2018) Estrutura e valoração de *Eutepa oleracea* em uma floresta de várzea na Amazônia. **Advances in Forestry Science**, 5:391-396.

Silva ADCD, Smiderle OJ, Oliveira JMF de, Jesus, TS de (2017) Tamanho da semente e substratos na produção de mudas de açaí. **Advances in Forestry Science**, 4:151-156.

Silva MV, Chaer GM, Leles PSS, Resende, AS, Silva EV, Barros TOC (2020) Uso de bioossólido em plantios de espécies da Mata Atlântica. **Scientia Forestalis**, 48:126.

Soares KP, Longhi SJ, Witeck Neto L, Assis LC de (2014) Palmeiras (Arecaceae) no Rio Grande do Sul, Brasil. **Rodriguésia**, 65(1), 113-139.

Souza FG de, Lima RA (2019). A importância da família Arecaceae para a região Norte. **Educamazônia-Educação, Sociedade e Meio Ambiente**, 23:100-110.

Yada MM, Melo WJD, Melo VPD (2020) Elementos-traço no solo, na planta e no grão de plantas de milho cultivadas em latossolos tratados com lodo de esgoto por 16 anos. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, 25:371-379.

Zin MMT, Kim DJ (2021) Simultaneous recovery of phosphorus and nitrogen from sewage sludge ash and food wastewater as struvite by Mg-biochar. **Journal of Hazardous Materials**, 403:123704.

Zago VCP, Barros RTDV (2019) Gestão dos resíduos sólidos orgânicos urbanos no Brasil: do ordenamento jurídico à realidade. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, 24:219-228.

CAPÍTULO 2 – BIOSSÓLIDO NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Euterpe oleracea*¹

1. INTRODUÇÃO

Umas das culturas de maior importância econômica para região Amazônica é o açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.), muito utilizado para produção de palmito e como planta ornamental, além disso, seu fruto é matéria prima para extração da polpa, de alto valor agregado (Silva et al., 2017). O Brasil é maior produtor, consumidor e exportador de polpa de açaí do mundo. O açaizeiro, além da importância econômica, possui importância social, pois é a base da alimentação ribeirinha, sendo produzido principalmente por pequenos produtores, contribuindo para a geração de renda às populações destas áreas (Santos et al., 2018; D'arace et al., 2019).

O crescimento na demanda pela polpa de açaí e o aumento na procura de mudas para paisagismo, tem impulsionado o setor na produção de mudas de qualidade. Sabe-se que as palmeiras apresentam elevada demanda por nutrientes na fase de crescimento vegetativo, entretanto pouco se sabe sobre as suas exigências nutricionais à nível de espécie, fator primordial para o estabelecimento de mudas de qualidade (Silva et al., 2015).

Com a crescimento populacional tem-se observado aumento da produção de resíduos orgânicos oriundos das atividades humanas, entre eles o lodo de esgoto doméstico (LED) (Ribeirinho et al., 2012). Este é produzido nas estações de tratamento de esgoto durante o processo de limpeza da água, seu destino final são os aterros sanitários e seu armazenamento demanda grandes áreas, com altos custos de manutenção, tornando-se um processo oneroso, além de apresentar altos riscos de poluição ambiental e preocupação mundial devido ao crescente volume produzido (Cabreira et al., 2017; Kacprzak et al., 2017; Rehman et al., 2018).

Os resíduos quando não tratados, podem ser incinerados ou armazenados em aterros, gerando problemas como contaminação de solo e lençóis freáticos, chuva

¹ Este capítulo corresponde ao artigo científico que será submetido à Revista Brasileira de Fruticultura para avaliação.

ácida, como também aumento dos gases do efeito estufa (Rehman et al., 2018). O lodo de esgoto após a higienização, estabilização e secagem, recebe a denominação de bio sólido, sendo esse material rico em matéria orgânica e macro e micronutrientes (Souza et al., 2019). Além disso, o bio sólido melhora a qualidade física do solo (Cabreira et al., 2017), aumenta a capacidade de troca de cátions, diminui o teor de alumínio trocável e aumenta a capacidade de retenção hídrica (Nascimento et al., 2011; Abreu et al., 2017).

Sendo assim, torna-se necessário buscar alternativas mais sustentáveis de utilização desse resíduo, como seu reaproveitamento na agricultura e como componente de substrato para produção de mudas, que trazem diversos benefícios, principalmente em relação ao fornecimento de nutrientes, com destaque para o nitrogênio e o fósforo (Abreu et al., 2017) e seu uso sustentável pode reduzir a aplicação de fertilizantes, principalmente de fósforo extraído de rochas fosfáticas, um recurso não renovável e que está em declínio (Antonkiewicz et al., 2020).

Visando aumentar a qualidade das mudas de açaí, aliada à destinação de resíduos urbanos de forma sustentável, este trabalho teve o objetivo de avaliar o desenvolvimento inicial de mudas de *E. oleracea* produzidos em substratos à base de bio sólido.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação, no Viveiro Experimental de Plantas Ornamentais e Florestais da Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP/FCAV, Jaboticabal-SP, durante os meses de setembro de 2019 a abril de 2020.

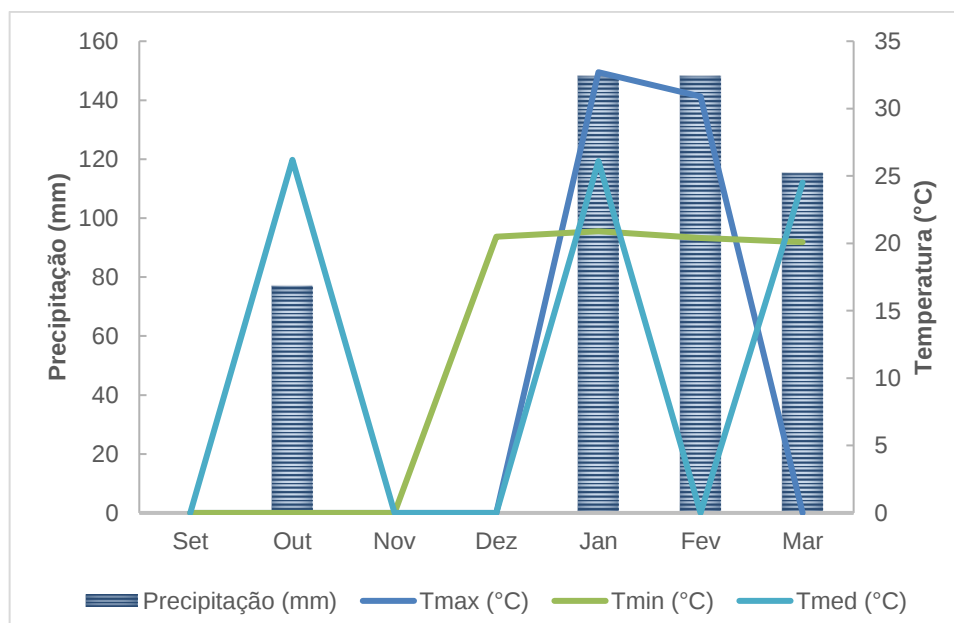


Figura 1. Dados mensais de precipitação¹, temperatura mínima e máxima obtidos durante a produção de mudas de *E. oleracea*, Jaboticabal, 2020.

¹Os dados climáticos foram obtidos da estação meteorológica da FCAV/UNESP.

O biofóssido utilizado foi obtido na Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) do município de Botucatu-SP, já idôneo no fornecimento deste material para uso agrícola. O biofóssido atende as exigências de acordo com Resolução Conama 375/2006 (Brasil, 2006), e apresenta análise de agente patogênicos e química, incluindo metais pesados, cujos resultados estão apresentados na tabela 1.

A terra de subsolo usada foi coletada na área experimental da Fazenda da FCAV/UNESP, na profundidade de 20-40 cm. O solo dessa área experimental corresponde a um Latossolo Vermelho Distrófico Típico, com textura argilosa, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2013). As características químicas foram determinadas no Laboratório de Fertilidade do Solo (FertLab) da FCAV/UNESP, com resultados apresentados na tabela 2.

Tabela 1. Valores de metais pesados, agentes patogênicos e nutrientes obtidos na amostra do biossólido utilizado para a composição dos tratamentos e as concentrações que definem os critérios e os procedimentos para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados.

Parâmetros	Unidade	Resultado	Resolução CONAMA 375/2006 ²
Arsênio	mg/kg	3,9	41
Cádmio	mg/kg	1,6	39
Chumbo	mg/kg	24,6	300
Cromo total	mg/kg	96,8	1000
Mercurio	mg/kg	<1,0 ²	17
Níquel	mg/kg	28,5	420
Selênio	mg/kg	<1,0 ²	100
Bário	mg/kg	296	1300
Sódio	mg/kg	678	-
Coliformes Termotolerantes	NMP/g	48,87	<103 NMP
Salmonella sp.	NMP/g	Ausente	10 g
Ovos viáveis de helmintos	Ovos/g de ST	0,13	< 0,25 ovo
Carbono orgânico	%m/m	21,7	-
Cobalto total	%m/m	<0,001 ²	-
CTC	mmol/kg	500	-
Enxofre total	%m/m	3,3	-
Ferro total	%m/m	4,4	-
Fósforo total	%P ₂ O ₅ (m/m)	3,4	-
Magnésio total	%m/m	0,22	-
Nitrogênio total	%m/m	3,7	-
pH (em CaCl ₂)	--	5,3	-
Potássio solúvel em água	% K ₂ O (m/m)	0,12	-

²Concentração máxima permitida no lodo de esgoto ou produto derivado.

Resultados fornecidos pelo Instituto Agronômico de Campinas (IAC) - Centro de P&D de Solos e Recursos Ambientais - Laboratório de Fertilizantes e Resíduos.

Tabela 2. Características químicas do subsolo utilizado no experimento.

P resina	MO	pH (CaCl ₂)	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H+AL	SB	CTC	V
mg/dm ³	g/dm ³	-	-----mmol/dm ³ -----				-----		%
1,00	9,00	6,30	6,30	21,00	6,00	20,00	28,00	48,00	0,58

P resina = fósforo extraído do solo por resina trocadora de íons; MO = matéria orgânica; pH em CaCl₂ = pH determinado em solução centimolar de cloreto de cálcio; K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ = respectivamente potássio, cálcio, magnésio e alumínio trocáveis; H+Al = acidez potencial; SB = soma de bases (Ca²⁺ + Mg²⁺ + K⁺); CTC = capacidade de troca de cátions = SB + (H+Al); V = índice de saturação por bases = 100SB/CTC; S-SO₄²⁻ = enxofre na forma de sulfato extraído com solução de Ca(H₂PO₄)₂ 0,01 mol/L

Os frutos de *E. oleracea* foram colhidos de matrizes cultivadas na FCAV, sendo a polpa retirada com auxílio de peneira de malha de 3 mm. Posteriormente, as sementes foram colocadas para germinar em caixas de plástico de dimensão 17x22x50 cm contendo vermiculita expandida de granulometria média, à 2 cm de profundidade. Quando as mudas atingiram 5 cm, foram transplantadas para tubetes de 280 cm³ contendo os substratos (tratamentos), os quais foram umedecidos a fim de evitar o estresse das mudas

Os tubetes foram dispostos em bancadas metálicas suspensas a 70 cm do solo em casa de vegetação coberta com tela que permite a passagem de 50% de luminosidade. A irrigação das mudas foi realizada por meio de microaspersores acionados automaticamente, em intervalos de uma hora, com a primeira irrigação às 6 horas e a última às 18 horas, com duração de 1 minuto cada.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado. Foram seis tratamentos, 4 repetições e 10 plantas por parcela. Os tratamentos testados foram constituídos por substratos resultantes da mistura de terra de subsolo (TS) e bio sólido (BIO) em diferentes proporções: 100% TS; 80% TS + 20% BIO; 60% TS + 40% BIO; 40% TS + 60% BIO; 20% TS + 80% BIO; 100% BIO. Para obtenção das misturas utilizadas, tanto o bio sólido, quanto a terra de subsolo foram peneirados em malha 3 mm.

Quando as raízes começaram a aparecer na base inferior dos tubetes foram avaliados: altura da parte aérea (cm), obtida a partir no nível do substrato até o ápice da última folha e comprimento do sistema radicular (cm), ambos obtidos com o auxílio de régua milimetrada; diâmetro do colo (mm), determinado ao nível do substrato, com uso de paquímetro digital; número de folhas totalmente expandidas; área foliar, utilizando medidor eletrônico de área foliar marca LI-COR®, modelo 3100; teor de clorofila, com o aparelho ClorofiLOG, modelo CFL1030, marca FALKER®; massa seca da parte aérea, do sistema radicular e total (g), as quais foram obtidas após a secagem em estufa com circulação forçada de ar a 70 °C até atingir peso constante, sendo posteriormente pesadas em balança de precisão (0,001g).

A partir dessas medidas foram determinadas as seguintes variáveis de qualidade: a) Razão altura da parte aérea/diâmetro do coleto (RAD); b) Razão parte

aérea/raízes (RPAR), obtida da relação entre MSPA e MSR; c) Índice de Qualidade de Dickson (IQD), obtido pela fórmula: $IQD = [massa\ seca\ total / (RAD + RPAR)]$ (Dickson et al., 1960)

Foi realizada análise de foliar de macro e micronutrientes. Amostras de tecido vegetal (folhas) foram submetidas à digestão nítrico-perclórica para determinar o teor de P, K, Ca, Mg, S, Cu, Mn, Fe e Zn. Para a determinação do teor de N, as amostras foram submetidas à digestão sulfúrica. Para B foi realizada incineração seguido de espectrofotometria, seguindo a metodologia de Malavolta (1989).

Os dados obtidos foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk para analisar a normalidade dos resíduos e ao teste de Bartlett para homogeneidade das variâncias. Quando os dados se apresentaram normais, foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e quando significativo realizou-se a análise de regressão polinomial a 5% ($p < 0,05$) de significância no software estatístico R Studio® (versão 4.0). Os dados ainda foram submetidos a correlação de Pearson 5% ($p < 0,05$) de significância a fim de mensurar a direção e o grau da relação linear entre as variáveis.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A altura da parte aérea das plantas apresentou crescimento quadrático à medida que houve aumento de biossólido na composição do substrato. Os tratamentos com 20%, 40% e 60% de biossólido se mostraram superiores (Figura 2A). Foram observados decréscimos na altura da parte aérea das mudas com os substratos contendo as proporções de 80% e 100% de biossólido.

Para comprimento de raiz, a resposta apresentou comportamento quadrático. As melhores respostas foram observadas nos tratamentos com 20% e 40% de biossólido (Figura 2B). Foi observada redução no comprimento da raiz nos tratamentos contendo 80% e 100%, que se mostraram inferiores aos tratamentos contendo 20, 40, 60 e até sem a adição de biossólido. Estes resultados têm o respaldo de Guerrini e Trigueiro (2004) que explicam que a elevação das doses de biossólido provoca aumento da densidade do substrato, conseqüentemente, redução da macroporosidade, devido ao alto teor de matéria orgânica, dessa forma, interfere

negativamente no crescimento e agregação das raízes no substrato, como também no desenvolvimento da parte aérea.

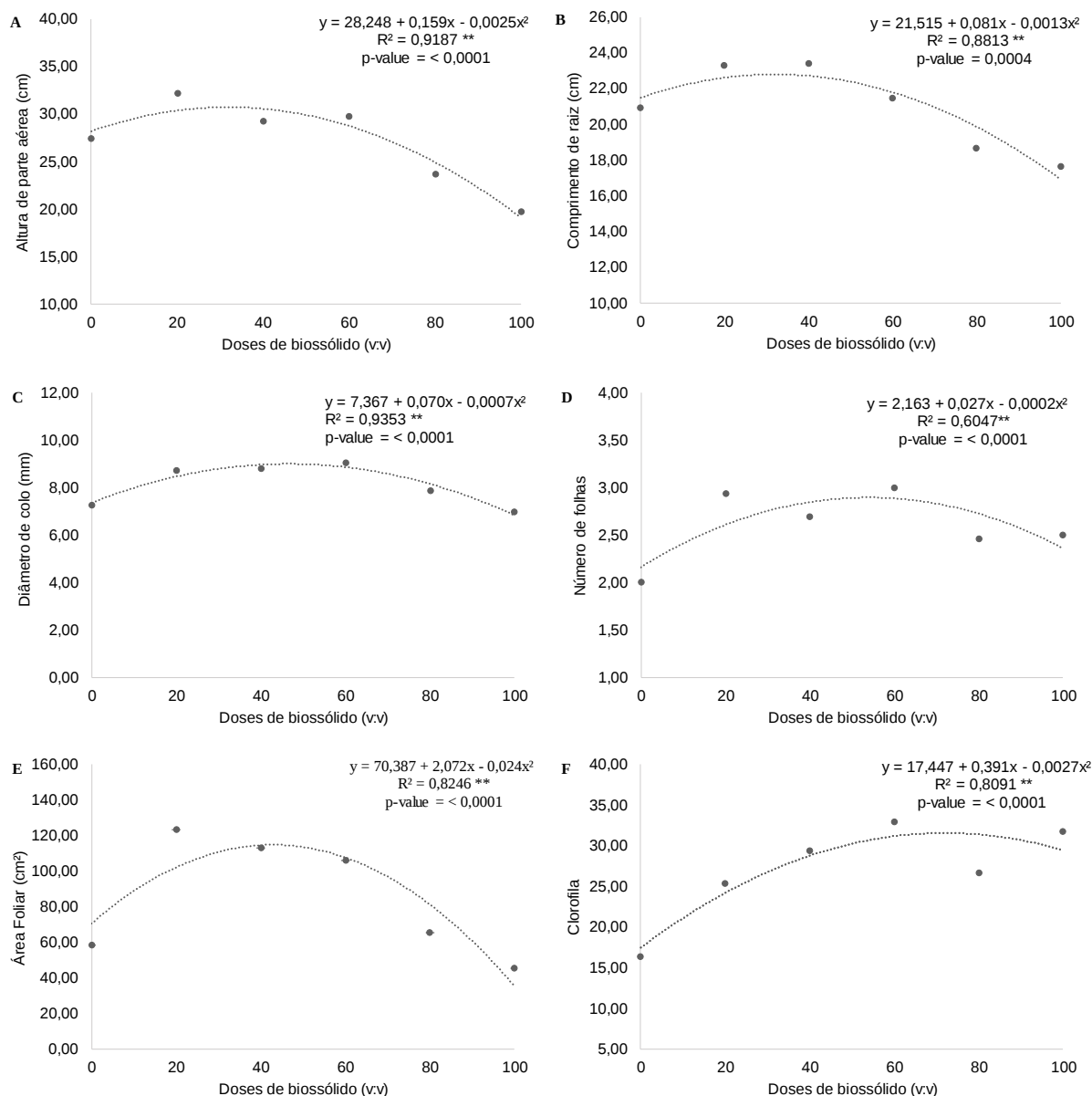


Figura 2. A) Altura da parte aérea da planta (cm); B) comprimento do sistema radicular (cm), C) diâmetro do colo (mm); D) número de folhas; E) Área foliar (cm²) e D) teor de clorofila de *E. oleracea* cultivada em substratos à base de biossólido. Jaboticabal, 2020.

Teste F: * Significativo a 5% probabilidade. ** Significativo a 1% probabilidade.

Composição dos substratos: 0=100% TS; 20= 20% BIO + 80% TS; 40= 40% BIO + 60% TS; 60= 60% BIO + 40% TS; 80= 80% BIO + 20% TS; 100= 100% BIO.

Quanto ao diâmetro do colo, foi observado crescimento com até 60% de biossólido na composição, com posterior decréscimo com 80% e 100%, sendo o valor encontrado nesta última proporção, semelhante ao do tratamento contendo apenas terra de subsolo (Figura 2C). O biossólido favoreceu o incremento no número de folhas em *E. oleracea* em todos os tratamentos, com o melhor resultado encontrado na composição de 60% (Figura 2D).

Para área foliar de *E. oleracea*, o biossólido influenciou positivamente até a proporção de 60% (Figura 2E). Resultado inferior ao tratamento sem biossólido foi observado no substrato contendo somente biossólido. Redução da área foliar com altas doses de biossólido também foi observada por Siqueira et al. (2019) em mudas de *Plathymenia reticulata* Benth, entretanto, a formação de mudas com menor área foliar pode ser benéfica quando transplantadas para regiões de elevada temperatura e baixa pluviosidade, reduzindo perdas de água e favorecendo a sobrevivência das mudas após o plantio.

O teor de clorofila foi influenciado positivamente com o aumento dos teores de biossólido, apresentando maiores valores de resposta com 60% de biossólido (Figura 2F). Isso se deve à maior disponibilidade de nutrientes dos tratamentos contendo biossólido, principalmente em relação ao N, por estar intimamente correlacionado com o teor de clorofila (Lacerda et al., 2020).

O biossólido influenciou no acúmulo de massa seca da parte aérea (Figura 3A), as composições de 20% e 40% apresentaram os maiores valores, seguidas por 60% e 80%. Para massa seca do sistema radicular, até a dose 40% houve pouca influência com a adição de biossólido (Figura 3B), enquanto doses superiores de composição no substrato, os resultados se mostraram inferiores ao tratamento controle. Quanto à massa seca total, o tratamento com 20% apresentou melhor resultado, seguido pela proporção de 40% (Figura 3C), enquanto proporções superiores foram prejudiciais ao acúmulo biomassa.

A massa seca é umas das características que mais se relaciona com a sobrevivência e o crescimento inicial das mudas em campo (Cabreira et al., 2017). Foi observado decréscimo na massa seca de mudas de eucalipto híbrido urograndis (*Eucalyptus urophylla* x *E. grandis*) com altas doses de biossólido (Afáz et al., 2017), isso se deve ao fato do biossólido em altas doses pode se tornar tóxico devido ao

acúmulo de boro e sais inorgânicos e consequentemente condutividade elétrica acima do ideal, reduzindo assim a absorção de água e produção de biomassa (Saiwan et al., 1995; Guerrini e Trigueiro, 2004). Além de doses excessivas levarem a baixa porosidade do substrato (Alonso et al., 2018).

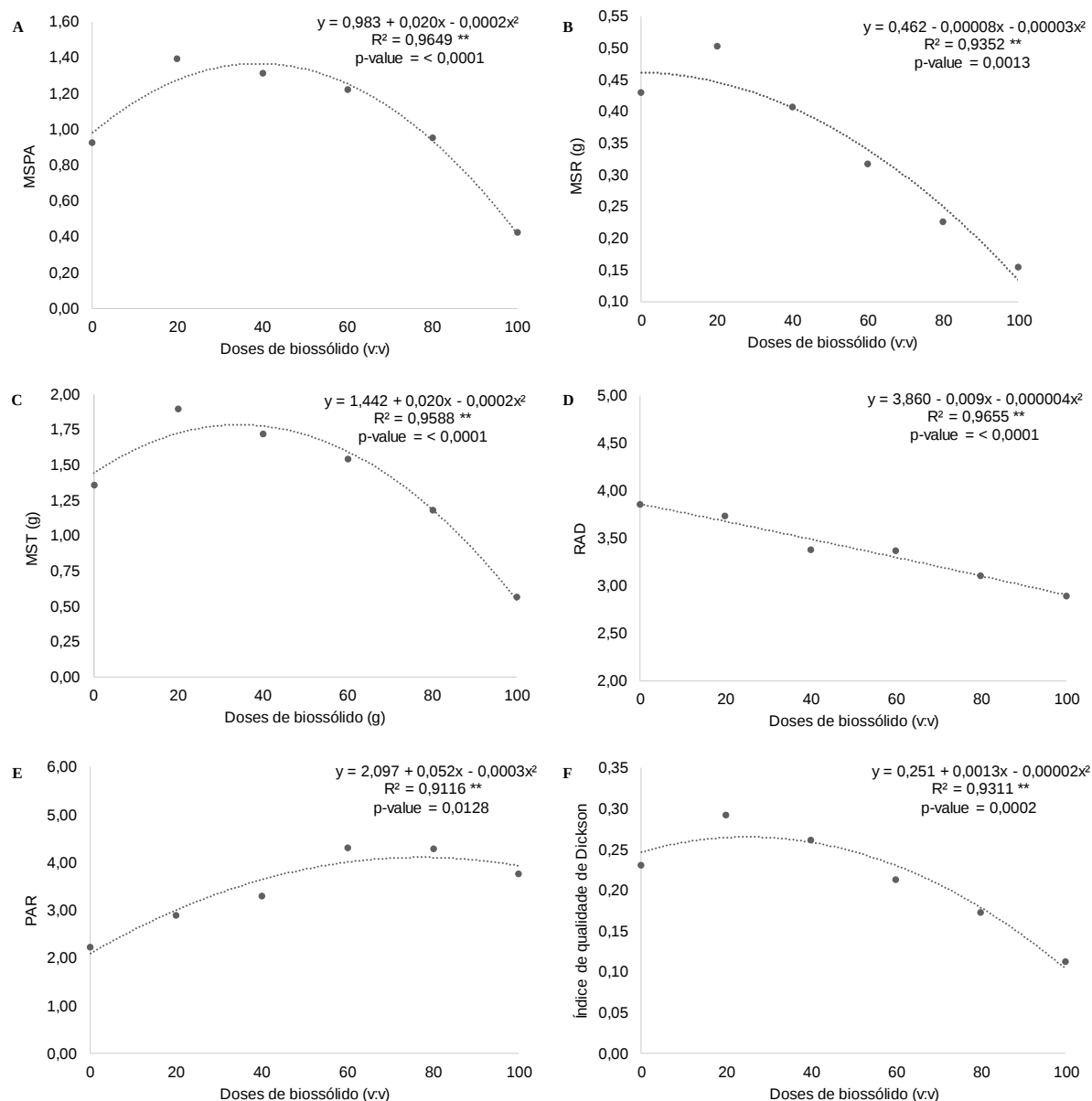


Figura 3. A) Massa seca da parte aérea (g); B) massa seca do sistema radicular (g); C) Massa seca total; D) Razão altura da parte aérea e diâmetro do coleto (RAD); E) Razão massa seca de parte e raiz (MSPA/MSR) e F) Índice de qualidade de Dickson (IQD) de *E. oleracea* e cultivada em substratos a base de biossólido. Jaboticabal, 2020.

Teste F: * Significativo a 5% probabilidade. ** Significativo a 1% probabilidade.

Composição dos substratos: 0=100% TS; 20= 20% BIO + 80% TS; 40= 40% BIO + 60% TS; 60= 60% BIO + 40% TS; 80= 80% BIO + 20% TS; 100= 100% BIO.

Foi observado decréscimo na razão altura da parte aérea e diâmetro do colo (RAD) com o aumento dos teores de biossólido (Figura 3D). As mudas apresentam o mecanismo fisiológico de balancearem o crescimento da altura e diâmetro do colo e, entre parte aérea e sistema radicular, sendo um indicativo de qualidade das mudas (Abreu et al., 2019).

Relação elevada entre altura da parte aérea e diâmetro do colo, denominado também de quociente de robustez, pode indicar o nível de qualidade das mudas e possíveis problemas na fase de campo, pois as mudas podem apresentar dificuldade de se manterem eretas quando estas se encontram excessivamente delgadas, levando ao tombamento e morte (Abreu et al., 2017). Valores altos dessa relação indicam o alongamento das mudas, comprometendo sua qualidade (Alonso et al., 2018), e quanto menor o seu valor, inferiores a 10, mais substâncias de reserva foram produzidas durante o desenvolvimento da muda, portanto, maior a chance de sobrevivência e estabelecimento ao local de plantio (Welter et al., 2014; Silva et al., 2017). Dessa forma, para *E. oleracea* todas as proporções testadas foram favoráveis e promoveram equilíbrio adequado.

Para razão parte aérea e sistema radicular (PAR) foi observado aumento conforme o acréscimo no conteúdo de biossólido no substrato. (Figura 3E). Este índice está relacionado ao balanço hídrico, onde um valor alto pode indicar, considerando a desigualdade entre sua superfície de transpiração e seu potencial de absorção de água, que as mudas estão mais suscetíveis ao estresse hídrico, enquanto valores baixos podem indicar deficiência no desenvolvimento de folhas (Alonso et al., 2018). Recomenda-se que mudas de boa qualidade devem apresentar valores da proporção de 2:1 (Gomes et al., 2019). Dessa forma, composições de 20% e 40% proporcionaram melhor distribuição de biomassa que os demais tratamentos.

O índice de qualidade de Dickson com a composição de 20% e 40% se mostrou superior ao tratamento sem biossólido (Figura 3F), indicando que houve aumento no aproveitamento dos nutrientes pela planta e balanceamento nas características de crescimento. Composições superiores a 40% causaram redução no IQD para a espécie. O índice de qualidade de Dickson considera a robustez (RAD) e o equilíbrio

da distribuição da biomassa da muda (MSPA/MSR) (Abreu et al., 2019), e o seu valor indica maior ou menor vigor e qualidade das mudas e, conseqüentemente, maior capacidade de sobrevivência das mesmas no campo após o transplante. Além disso, o IQD auxilia na seleção de mudas mais vigorosas, considerando outros aspectos além da variável altura, a qual nem sempre aponta as melhores mudas. O valor de IQD varia para cada espécie, quanto maior, melhor a qualidade das mudas produzidas (Silva et al., 2017; Almeida et al., 2018).

Aplicações excessivas podem levar ao desbalanço nutricional, além de palmeiras apresentarem melhores resultados quando submetidas a doses menores de resíduos, como relatado por Berilli et al. (2018), onde a utilização de lodo de curtume na proporção de 10% melhor favoreceu no ganho das características de desenvolvimento das mudas de palmeira garrafa.

Os teores de N foliares exibiram relação significativa com o aumento do conteúdo de bio sólido no substrato (Figura 4A). A maior parte do N presente no bio sólido se encontra na forma orgânica, ocorrendo mineralização gradual ao longo do tempo, devido ao baixo conteúdo de lignina e celulose presente no resíduo (Kacprzak et al., 2017), por sua vez, parte do N se torna prontamente disponível para as plantas, na forma de nitrato após a degradação da matéria orgânica (Nascimento et al., 2011; Abreu et al., 2019).

Quanto ao P, os teores foliares não apresentaram interação significativa com as proporções de bio sólido ($p > 0.05$) (Figura 4B). Isso aponta que a mineralização do P não ocorreu de forma satisfatória para elevar as concentrações desse nutriente nas folhas (Silva et al., 2020). Além da espécie *E. oleracea* tratar-se de regiões tropicais e baixa disponibilidade de P, portanto de baixa resposta ao elemento (Bovi et al., 1987).

Os teores de K foliar (Figura 4C) apresentaram comportamento linear, à medida que foram aumentando o conteúdo de bio sólido houve declínio nos teores. Isso pode ser explicado pela alta solubilidade do K e do processo tratamento do material o qual o K geralmente permanece dissolvido nas águas residuárias (Alonso et al., 2018; Silva et al., 2020). Em plantas jovens o K é um dos principais macronutrientes que interfere na produção de biomassa de *E. oleracea* (Araújo et al., 2016).

As concentrações de Ca na parte aérea não exibiram relação significativa com o aumento de bio sólido na composição ($p > 0.05$) (Figura 4D). O mesmo

comportamento foi observado para *Euterpe edulis* com adubação a base de biofóssido (Oliveira e Viani, 2020). As concentrações de Mg foliar (Figura 4E) apresentaram comportamento linear, aumentando conforme o aumento de biofóssido.

Quanto ao S (Figura 4F), todas as doses elevaram os teores foliares a níveis superiores ao encontrado no tratamento controle. A disponibilidade de S está intimamente ligada à concentração e à dinâmica de decomposição da matéria orgânica no solo ou substrato (Guedes e Poggiani, 2003).

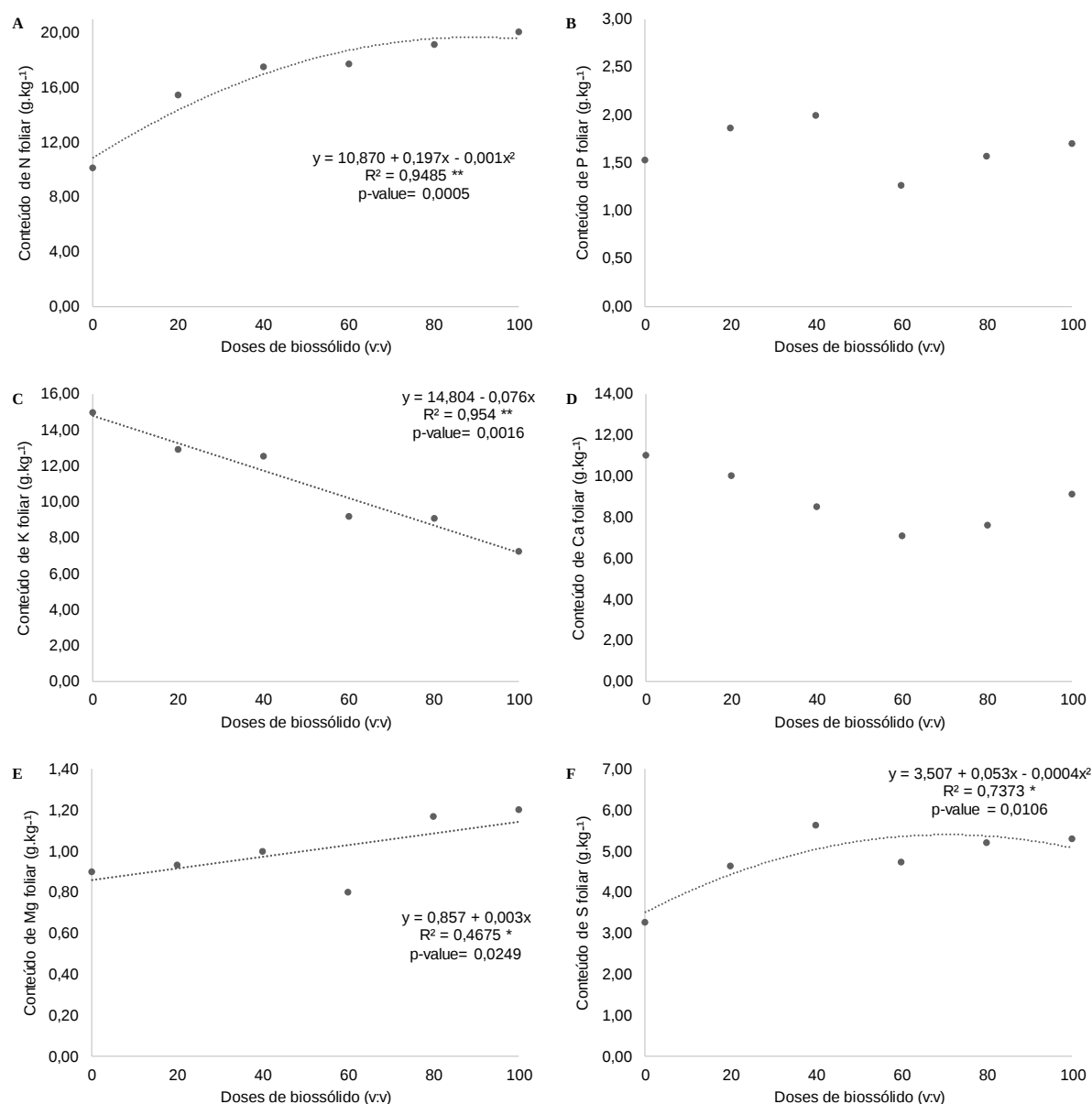


Figura 4. Concentrações foliares de N, P, K, Ca, Mg e S (g.kg⁻¹) de *E. oleracea* e cultivada em substratos a base de biofóssido. Jaboticabal, 2020.

Teste F: * Significativo a 5% probabilidade. ** Significativo a 1% probabilidade.

Composição dos substratos: 0=100% TS; 20= 20% BIO + 80% TS; 40= 40% BIO + 60% TS; 60= 60% BIO + 40% TS; 80= 80% BIO + 20% TS; 100= 100% BIO.

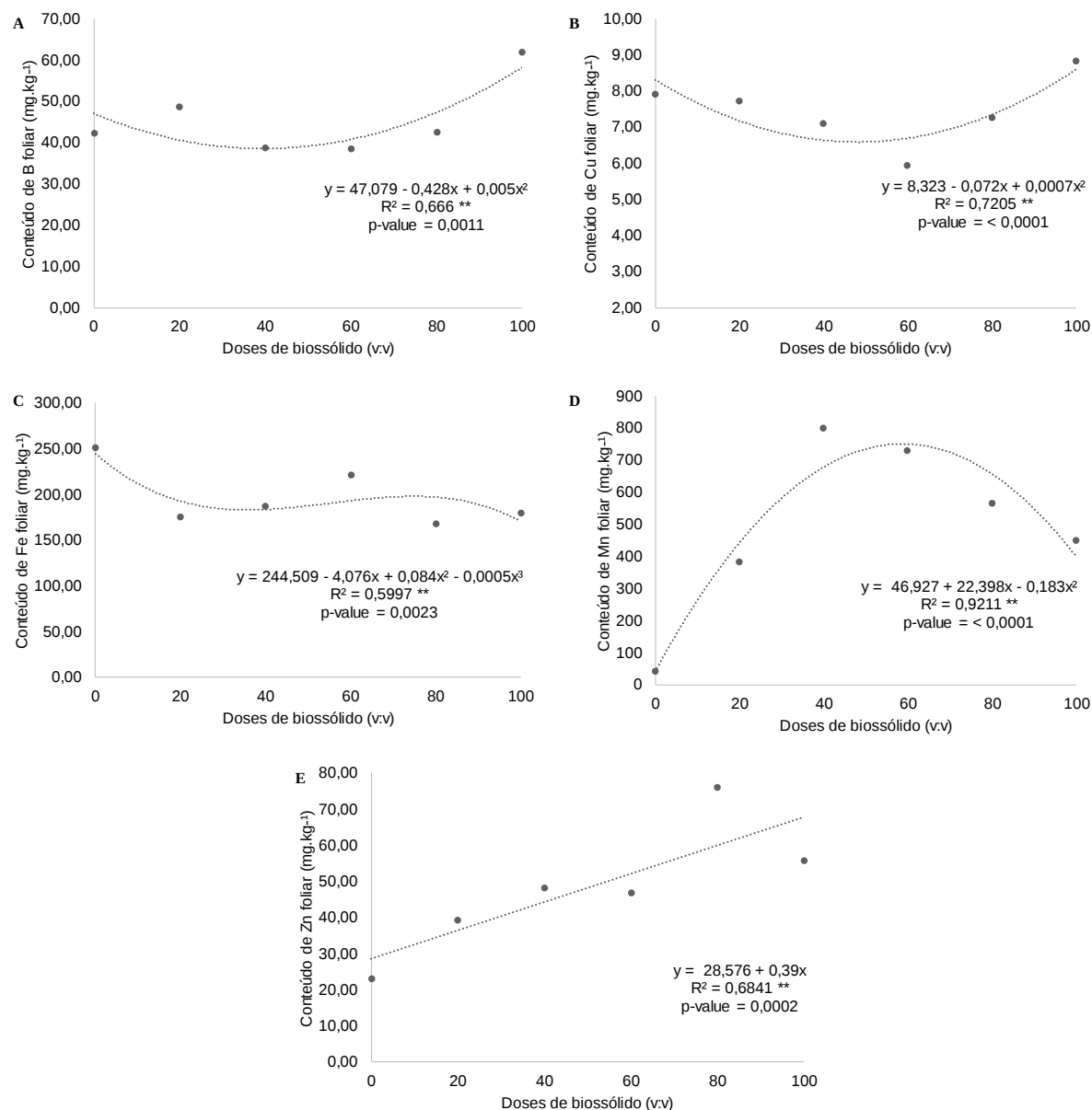


Figura 5. Concentrações foliares de B, Cu, Fe, Mn e Zn (kg.kg⁻¹) de *E. oleracea* e cultivada em substratos a base de biossólido. Jaboticabal, 2020.

Teste F: * - Significativo a 5% probabilidade. ** - Significativo a 1% probabilidade. Composição dos substratos: 0=100% TS; 20= 20% BIO + 80% TS; 40= 40% BIO + 60% TS; 60= 60% BIO + 40% TS; 80= 80% BIO + 20% TS; 100= 100% BIO.

Os teores B (Figura 5A) e Cu (Figura 5B) apresentaram comportamento quadrático, até 60% houve pequena variação nas concentrações foliares. Para Fe (Figura 5C), o tratamento controle, sem adição de biossólido apresentou maiores teores foliares, o que se deve à alta concentração de Fe no solo utilizado.

Quanto ao Mn (Figura 5D), os maiores teores foram encontrados com 40% e 60%, decaindo nas proporções superiores, entretanto todos os substratos à base de biossólido elevaram o conteúdo de Mn em relação ao tratamento controle. O micronutriente mais limitante para o crescimento de *E. oleracea* é o Mn, o que sugere a alta exigência desse nutriente, tanto na fase jovem quanto na produtiva (Viégas et al., 2004).

Para o Zn, a curva de regressão apresentou comportamento linear, aumentando as concentrações foliares com o aumento do conteúdo de biossólido (Figura 5E). Entretanto, em proporções mais altas foram encontrados maiores teores foliares, e estes apresentaram redução na área foliar e massa seca de parte aérea, podendo indicar concentração dos nutrientes no tecido foliar e não maior absorção.

A correlação de Pearson entre área foliar e conteúdo de Ca, B e Cu foi significativa e negativa, como também entre MSPA e N, B, Cu e Zn (Figura 6), comprovando que à medida que houve diminuição da área foliar e MSPA das plantas houve concentração dos nutrientes nos tecidos.

As curvas de absorção de nutrientes pela planta seguem o mesmo padrão de acumulação de matéria seca, o que não foi verificado em proporções mais altas de biossólido, onde houve diminuição da matéria seca e aumento da concentração de alguns nutrientes. Os sais em excesso no substrato afetam a disponibilidade de água para a planta, podendo impedir a absorção de elementos essenciais para o crescimento da planta, levando ao desbalanceamento nutricional e injúrias no metabolismo (Gurgel et al., 2010).

O teor de clorofila apresentou correlação positiva de N, já que este elemento é constituinte da molécula de clorofila. Esta relação é atribuída, principalmente, ao fato de que 50 a 70% do N total das folhas ser integrante de enzimas que estão associadas aos cloroplastos (Lacerda et al., 2020). O IQD apresentou correlação positiva com as variáveis de crescimento, como altura de planta, comprimento de raiz, área foliar e

matéria seca, indicando que tais características são indicadoras de mudas de qualidade.

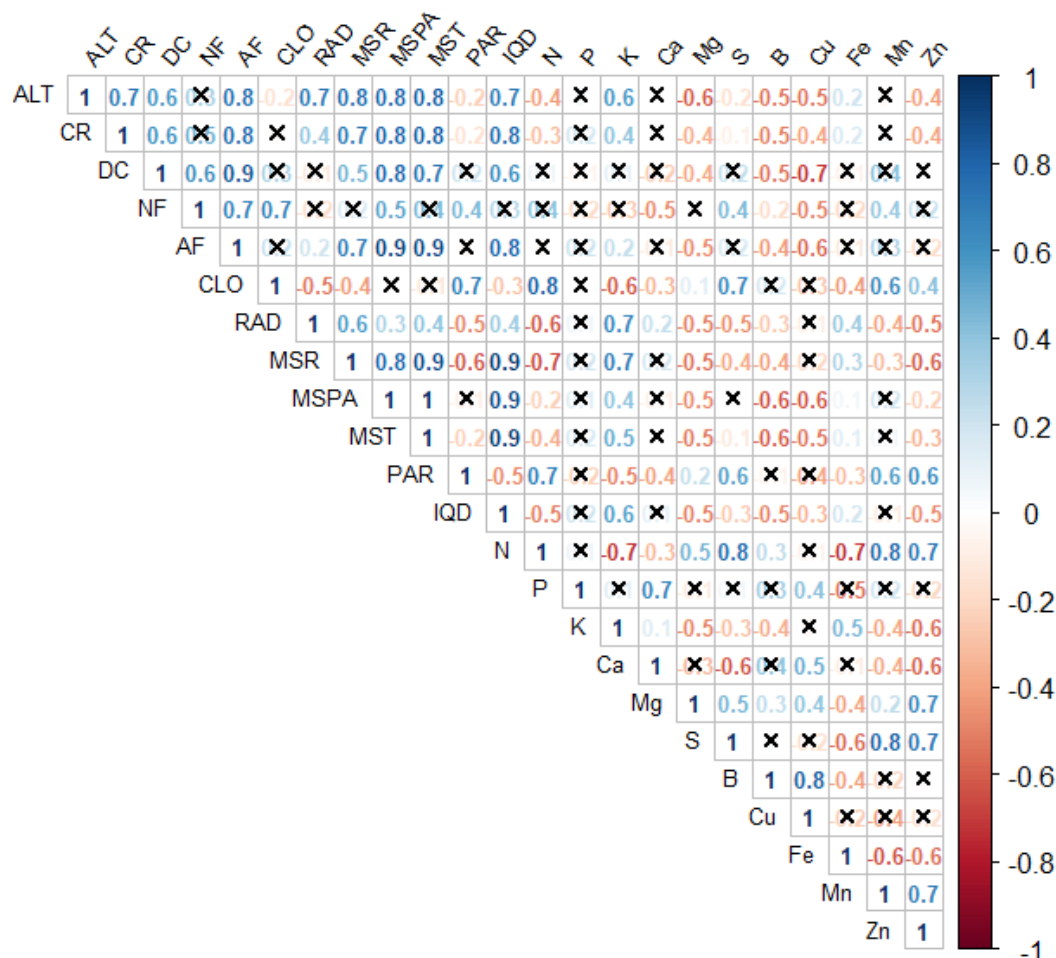


Figura 6. Correlação de Pearson entre as variáveis análises de *E. oleracea* e cultivada em substratos a base de biofóssido. Jaboticabal, 2020.

ALT= altura; CR= comprimento da raiz; DC= diâmetro de colo; NF= número de folhas; AF= área foliar; CLO= clorofila; RAD= Razão altura e diâmetro de colo; MSR= matéria seca de raiz; MSPA= matéria seca de parte aérea; MST= matéria seca total; PAR= Razão parte aérea e raiz; IQD= índice de qualidade de Dickson.

Teste realizado com significância de 5% ($p > 0.05$).

Diante disso, a utilização do biofóssido para produção de mudas de *E. oleracea* apresenta potencial de substituição de substratos comerciais e solo proveniente de extrativismo, trazendo benefícios não só relacionados ao maior crescimento das mudas, mas também envolve economia na compra de substratos comerciais (Abreu et al. 2019), além dessa forma de destinação ser mais sustentável quando comparada aos aterros sanitários (Souza et al., 2019).

4. CONCLUSÃO

A utilização do biossólido na composição de substrato se mostrou eficiente para produção de mudas de *E. oleracea*. Composição 20%, 40% e 60% de biossólido no substrato apresentaram melhores respostas quanto aos parâmetros morfológicos de qualidade de mudas, como também concentração de nutrientes nas folhas.

5. AGRADECIMENTOS

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

6. REFERÊNCIAS

- Afáz DCDS, Bertolazi KB, Viani RAG, Souza CF (2017) Composto de lodo de esgoto para o cultivo inicial de eucalipto. **Revista Ambiente & Água**, 12: 112-123.
- Abreu AHMD, Alonso JM, Melo LAD, Leles PSDS, Santos GRD (2019) Characterization of biosolids and potential use in the production of seedlings of *Schinus terebinthifolia* raddi. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, 24: 591–599.
- Abreu AHMD, Leles PSDS, Melo LAD, Oliveira RRD, Ferreira D (2017) Caracterização e potencial de substratos formulados com biossólido na produção de mudas de *Schinus terebinthifolius* raddi. e *Handroanthus heptaphyllus* (Vell.) mattos. **Ciência Florestal**, 27:1179–1190.
- Almeida UOD, Andrade Neto RDC, Lunz AMP, Nogueira SR, Costa DAD, Araújo JMD (2018) Environment and slow-release fertilizer in the production of *Euterpe precatoria* seedlings. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, 48:382–389.
- Alonso JM, Abreu AHM, Melo LA, Leles PSS, Cabreira GV (2018) Biosolids as substrate for the production of *Ceiba speciosa* seedlings. **Cerne**, 24:420-429.
- Antonkiewicz J, Popławska A, Kołodziej B, Ciarkowska K, Gambuś F, Bryk M, Babula J (2020) Application of ash and municipal sewage sludge as macronutrient sources in

sustainable plant biomass production. **Journal of Environmental Management**, 264:110450.

Araújo FRR, Viégas, I de JM, Cunha RLM da, Vasconcelos WLF de (2016) Nutrient omission effect on growth and nutritional status of assai palm seedlings. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, 46:374-382.

Berilli SS da, Sales RA de, Pinheiro APB, Pereira LC, Gottardo LE, Berilli APCG (2018) Physiological components and initial growth seedlings of palm tree-bottle in response to substrates with tannery sludge. **Scientia Agraria**, 19:94–101.

Bovi MLA, Godoy Júnior G, Sães LA (1987) Híbridos interespecíficos de palmitreiro (*Euterpe oleracea* x *Euterpe edulis*). **Bragantia**, 46:343-363.

Brasil. Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA. Resolução nº 375, de 29 de agosto de 2006. **Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências**. Diário Oficial da União, Brasília-DF. Ministério do Meio Ambiente.

Cabreira GV, Leles PS dos S, Alonso JM, Abreu AHM de, Lopes NF, Santos GR dos (2017) Biossólido como componente de substrato para produção de mudas florestais. **Revista Floresta**, 47:165–176.

D'arace LMB, Pinheiro KAO, Gomes JM, Carneiro F da S, Costa NSL, Rocha ES da, Santos ML dos (2019) Produção de açaí na região norte do Brasil. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, 10:15-21.

Dickson A, Leaf AL, Hosner JF (1960) Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **The Forestry Chronicle**, 36:10–13.

Embrapa (2013) Sistema brasileiro de classificação de solos. Centro Nacional de Pesquisa de Solos.

Gomes SHM, Gonçalves FB, Ferreira RA, Pereira FRM, Ribeiro MMDJ (2019) Avaliação dos parâmetros morfológicos da qualidade de mudas de *Paubrasilia echinata* (pau-brasil) em viveiro florestal. **Scientia Plena**, 15:011701.

Guedes MC, Poggiani F (2003) Variação dos teores de nutrientes foliares em eucalipto fertilizado com biossólido. **Scientia forestalis**, 63:188-201.

Guerrini IA, Trigueiro RM (2004) Atributos físicos e químicos de substratos compostos por biossólidos e casca de arroz carbonizada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, 28:1069-1076.

Gurgel MT, Gheyi HR, Oliveira FHT de (2010) Acúmulo de matéria seca e nutrientes em meloeiro produzido sob estresse salino e doses de potássio. **Revista Ciência Agronômica**, 41:18-28.

Kacprzak M, Neczaj E, Fijałkowski K, Grobelak A, Grosser A, Worwag M, Rorat A, Brattebo H, Almås A, Singh BR (2017) Sewage sludge disposal strategies for sustainable development. **Environmental research**, 156:39-46.

Lacerda EG, Jesus Sanches LF de, Queiroz JO, Silva CP da (2020) Adubação nitrogenada no vigor das mudas, concentração de aminoácidos e proteínas totais e no teor de clorofila no feijão-de-corda (*Vigna Unguiculata*). **Agri-Environmental Sciences**, 6:11-11.

Malavolta E, Vitti GC, Oliveira AS (1989) de. Avaliação do estado nutricional das plantas; princípios e aplicações. **Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato**, 201.

Nascimento AL, Sampaio RA, Júnior DDSB, Junio GRZ, Fernandes LA (2011) Crescimento e produtividade de semente de mamona tratada com lodo de esgoto. **Revista Caatinga**, 24:145-151.

Oliveira, ACC, Viani RGV (2020) Sewage sludge organic fertilizer as a promoter of initial growth of *Euterpe edulis* Mart., an endangered palm. **International Journal of Recycling Organic Waste in Agriculture**, 9:161-170.

Rehman RA, Rizwan M, Qayyum MF, Ali S, Zia-Ur-Rehman M, Zafar-Ul-Hye M, Hafeez F, Iqbal MF (2018) Efficiency of various sewage sludges and their biochars in improving selected soil properties and growth of wheat (*Triticum aestivum*). **Journal of Environmental Management**, 223:607–613.

Ribeirinho VS, Melo WJD, Silva DHD, Figueiredo LA, Melo GMPD (2012) Fertilidade

do solo, estado nutricional e produtividade de girassol, em função da aplicação de lodo de esgoto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, 42:166–173.

Saiwan KS, Ornes WH, Youngblood T (1995) The Effect of Fly Ash/Sewage Sludge Mixtures and Application Rates on Biomass Production. **Journal of Environmental Science and Health**, 30:1327–1337.

Santos BLG, Gama JRV, Ribeiro RB da S, Anjos RKF dos, Gomes KMA, Ximenes LC, Melo L de O (2018) Estrutura e valoração de *Euterpe oleracea* em uma floresta de várzea na Amazônia. **Advances in Forestry Science**, 5:391-396.

Silva ADCD da, Smiderle OJ, Oliveira JMF de, Silva T de J (2017) Tamanho da semente e substratos na produção de mudas de açaí. **Advances in Forestry Science**, 4:151–156.

Silva FDM, Souza IV de, Zanon JA, Nunes GM, Silva RB da, Ferrari S (2015) Produção de mudas de juçara com resíduos agroindustriais e lodo de esgoto compostados. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, 53:1689–1699.

Silva MV, Chaer GM, Leles PS de S, Resende AS de, Silva EV da, Barros TDOC (2020) Uso de bio sólido em plantios de espécies da Mata Atlântica. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, 48:2728.

Siqueira DP, Barroso DG, Carvalho GCMWD, Erthal RM, Rodrigues MCC, Marciano CR (2019) Sewage sludge treated in the substrate composition for *Plathymenia reticulata* benth seedling production. **Ciencia Florestal**, 29:728–739.

Souza TJS, Alonso JM, Leles PSS, Abel da S, Ribeiro JG, Santana JE da S (2019) Mudas de *Luehea divaricata* produzidas com bio sólido de duas estações de tratamento de esgoto. **Advances in Forestry Science**, 6:595-601.

Viégas IDJM, Frazão DAC, Thomaz MAA, Conceição HEOD, Pinheiro E (2004) Limitações nutricionais para o cultivo de açaizeiro em latossolo amarelo textura média, Estado do Pará. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 26:382-384.

Welter MK, Chagas EA, Melo V, Chaves DB (2014) Initial growth of açaí seedlings in function of basalt powder doses. **International Journal of Agriculture Innovations and Research**, 3:2319–1473.