

INSTITUTO FEDERAL CATARINENSE
Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação
Mestrado Profissional em Tecnologia e Ambiente



Dissertação

Tecnologias de fertilização na produção de mudas de espécies florestais da Mata Atlântica

Deise Schaiane Erhardt

Araquari, 2022

Deise Schaiane Erhardt

Tecnologias de fertilização na produção de mudas de espécies florestais da Mata Atlântica

Dissertação apresentada ao Mestrado Profissional em Tecnologia e Ambiente do Instituto Federal Catarinense, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências (área de concentração: Ciências Ambientais).

Orientador: Prof. Dr. Überson Boaretto Rossa

Araquari, 2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática do ICMC/USP, cedido ao IFC e
adaptado pela CTI - Araquari e pelas bibliotecas do Campus de Araquari e Concórdia.

EE67t Erhardt, Deise Schaiane
Tecnologias de fertilização na produção de mudas de
espécies florestais da Mata Atlântica / Deise Schaiane
Erhardt; orientador Überson Boaretto Rossa. --
Araquari, SC, 2022.
62 p.

Dissertação (mestrado) - Instituto Federal
Catarinense, campus Araquari, , Araquari, SC, 2022.

Inclui referências.

1. fertilizante de liberação lenta. 2. composto
orgânico. 3. bokashi. 4. qualidade de mudas. 5. frutas
nativas. I. Rossa, Überson Boaretto . II. Instituto
Federal Catarinense. . III. Título.

Deise Schaiane Erhardt

Tecnologias de fertilização na produção de mudas de espécies florestais da Mata Atlântica

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciências, Curso de Pós-Graduação em Tecnologia e Ambiente, Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação, Instituto Federal Catarinense.

Data da Defesa: 02/05/2022

Banca examinadora:

Prof. Dr. Überson Boaretto Rossa (Orientador)

Doutor em Engenharia Florestal pela Universidade Federal do Paraná – UFPR

Instituição de vínculo: Instituto Federal Catarinense - IFC, Campus Araquari

Prof. Dr. Alessandro Camargo Ângelo

Doutor em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Paraná - UFPR

Instituição de vínculo: Universidade Federal do Paraná - UFPR

Prof. Dra. Jaçanan Eloisa de Freitas Milani

Doutora em Engenharia Florestal pela Universidade Federal do Paraná - UFPR

Instituição de vínculo: Universidade Federal de Mato Grosso- UFMT

Dr. Rafael da Rosa Couto

Doutor em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

Instituição de vínculo: Instituto Federal Catarinense - IFC, Campus Rio do Sul



Emitido em 02/05/2022

DOCUMENTOS COMPROBATÓRIOS - CAMPUS ARAQUARI Nº 10/2022 - CCPGTA (11.01.02.31)
(Nº do Documento: 4)

(Nº do Protocolo: NÃO PROTOCOLADO)

(Assinado digitalmente em 14/06/2022 22:31)

UBERSON ROSSA

PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO

CGES/ARA (11.01.02.39)

Matricula: 4204259

Para verificar a autenticidade deste documento entre em <https://sig.ifc.edu.br/documentos/> informando seu número: **4**
, ano: **2022**, tipo: **DOCUMENTOS COMPROBATÓRIOS - CAMPUS ARAQUARI**, data de emissão: **03/06**
/2022 e o código de verificação: **e56e96fb8c**

Aos meus filhos Arthur Gabriel e Vitor Miguel
"Diante da vastidão do tempo e da imensidão do espaço,
é um imenso prazer para mim dividir um planeta e uma época com você."

(Carl Sagan)

Agradecimentos

Esse trabalho foi realizado com a ajuda e o apoio de muitas pessoas, a quem agradeço:

Ao Instituto Federal Catarinense, campus Araquari e a equipe PPGTA, pela oportunidade e contribuição à formação científica e pessoal.

Ao meu orientador Professor Doutor Überson Boaretto Rossa, pela parceria, ajuda e confiança sempre presente.

Ao amigo Robson Carlos Avi, por viabilizar a parceria com o Horto Florestal da UNIDAVI, e pelas constantes contribuições ao longo da pesquisa.

Ao Centro Universitário para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí - UNIDAVI, por ceder espaço no Horto Florestal para o desenvolvimento do experimento.

A empresa Pamplona Alimentos S/A pôr disponibilizar o fertilizante composto orgânico para a realização da pesquisa.

Ao amigo Rafael da Rosa Couto, por ter acompanhado e auxiliado em todo o processo, sempre com grandes contribuições.

Aos amigos Djalma Roecker Júnior e Hana Carolina Pisa pelas constantes colaborações durante o desenvolvimento do trabalho.

Aos meus filhos Arthur Gabriel Favretto e Vitor Miguel Favretto, que também colocaram a mão na massa e foram compreensivos nas horas de ausência.

Aos meus pais Márcio José Erhardt e Ivone Erhardt por serem tão especiais, e pelos importantes ensinamentos e incentivos em minha vida.

Agradeço especialmente ao meu companheiro de vida, Eder Favretto, pela constante ajuda, incentivo, e carinho durante todo o desenvolvimento do trabalho. Não teria conseguido sem você. Sou muito grata!

Muito obrigada!

“A alegria não chega apenas no encontro do achado, mas faz parte do processo de busca. E ensinar e aprender, não pode dar-se fora da procura, fora da boniteza e da alegria”.

Paulo Freire, 1996

Resumo

ERHARDT, Deise Schaiane, **Tecnologias de fertilização na produção de mudas de espécies florestais da Mata Atlântica**. 2022. 62f. Orientador: Prof. Dr. Überson Boaretto Rossa. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Curso de Pós-Graduação em Tecnologia e Ambiente, Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação, Instituto Federal Catarinense, Araquari, 2022.

Avanços no conhecimento científico sobre a Mata Atlântica estão contribuindo com o uso e a conservação de espécies com características produtivas promissoras. A produção de mudas de espécies nativas tem sido desafiadora, especialmente no que diz respeito aos diferentes produtos que estão surgindo e sendo incorporados aos substratos agrícolas utilizados por viveiristas florestais. Foram testadas três tecnologias de fertilização para a produção de mudas de *Acca sellowiana* e *Euterpe edulis*: fertilizante de liberação lenta; composto orgânico agroindustrial; e, composto *bokashi* em quatro doses diferentes. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado com treze tratamentos e quatro repetições de nove plantas como unidade amostral, sendo avaliadas aos 270 dias. O desenvolvimento foi mensurado por meio das variáveis altura da parte aérea, diâmetro do colo, biomassa fresca da parte aérea, biomassa seca da parte aérea, biomassa seca da raiz, biomassa seca total. A partir destes foram calculados os índices de qualidade de mudas, relação altura e diâmetro do colo, índice de qualidade Dickson e a dose de máxima eficiência técnica. Observamos que mudas de *A. sellowiana* e de *E. edulis* respondem positivamente ao uso do fertilizante de liberação lenta e ao uso de composto orgânico agroindustrial, porém, não apresentaram resultados satisfatórios para o bokashi nas condições testadas. As doses de máxima eficiência técnica médias encontradas para as tecnologias de fertilização testadas para as mudas de *A. sellowiana*, correspondem a 13,38 Kg.m⁻³ para o fertilizante de liberação lenta e 177,41 Kg.m⁻³ para o composto orgânico agroindustrial. Para *E. edulis* a dose de máxima eficiência técnica encontrada para o composto orgânico agroindustrial foi de 167,36 Kg.m⁻³ e para o fertilizante de liberação lenta uma dose de pelo menos 12 Kg.m⁻³ pode ser recomendada.

Palavras-chave: fertilizante de liberação lenta; composto orgânico; bokashi; qualidade de mudas; frutas nativas.

Abstract

ERHARDT, Deise Schaiane. **Fertilization technologies in the production of seedlings of Atlantic Forest species**. 2022. 62p. Professor: Dr. Übersson Boaretto Rossa. Dissertation (Master degree in Science) - Postgraduate Course in Technology and Environment, Research Department, Postgraduate and Innovation, Instituto Federal Catarinense, Araquari, 2022.

Advances in scientific knowledge about the Atlantic Forest are contributing to the use and conservation of species with promising characteristics. The production of native species seedlings has been challenging, specially because of the different products emerging and being incorporated into the agricultural substrates used in forest nurseries. Three fertilization technologies were tested for the production of *Acca sellowiana* and *Euterpe edulis* seedlings: slow release fertilizer, agroindustrial organic compost and *bokashi*, each in four different doses. The design used was completely randomized with four repetitions of thirteen treatments and nine plants as a sample unit, being evaluated at 270 days. Development was measured through the variables Aboveground Height, Collar Diameter, Aboveground Fresh Mass, Aboveground Dry Mass, Root Dry Mass, Total Dry Mass. Seedling quality indexes Height and Collar Diameter ratio and Dickson quality index were calculated, as well as the dose of maximum technical efficiency. We observed that *A. sellowiana* and *E. edulis* seedlings responded positively to the use of slow release fertilizer and the use of agroindustrial organic compost but did not present good results for *bokashi* under tested conditions. The average dose of maximum technical efficiency for tested fertilization technologies for *A. sellowiana* seedlings were 13.38 Kg.m⁻³ for the slow release fertilizer, 177.41 Kg.m⁻³ for agroindustrial organic compost. For *Euterpe edulis* the maximum technical efficiency dose found for the agro-industrial organic compost was 167.36 Kg.m⁻³. For slow release fertilizer a dose of at least 12 Kg.m⁻³ can be recommended.

Keywords: Slow release fertilizer; organic compost; bokashi; quality of seedlings; native fruits.

Lista de Figuras

- Figura 1 Curvas de regressão da altura da parte aérea (H), diâmetro do colo (DC), biomassa fresca da parte aérea (BFPA), biomassa seca parte aérea (BSPA), biomassa seca da raiz (BSR), biomassa seca total (BST), relação altura e diâmetro do colo (H/DC) e índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de *Acca sellowiana* com diferentes doses de fertilizante de liberação lenta (FLL)..... 32
- Figura 2 Curvas de regressão da altura da parte aérea (H), diâmetro do colo (DC), biomassa fresca da parte aérea (BFPA), biomassa seca parte aérea (BSPA), biomassa seca da raiz (BSR), biomassa seca total (BST), relação altura e diâmetro do colo (H/DC) e índice de qualidade de Dickson (IQD) das mudas de *Acca sellowiana* fertilizadas com diferentes doses de composto orgânico (FCO)..... 34
- Figura 3 Curvas de regressão da altura (H), diâmetro do colo (DC), biomassa fresca da parte aérea (BFPA), biomassa seca parte aérea (BSPA), biomassa seca da raiz (BSR), biomassa seca total (BST), relação altura e diâmetro do colo (H/DC) e índice de qualidade de Dickson (IQD) das mudas de *Acca sellowiana* fertilizadas com diferentes doses de bokashi (FBO)..... 36
- Figura 4 Curvas de regressão da altura da parte aérea (H), diâmetro do colo (DC), biomassa fresca da parte aérea (BFPA), biomassa seca parte aérea (BSPA), biomassa seca da raiz (BSR), biomassa seca total (BST), relação altura e diâmetro do colo (H/DC) e índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de *Euterpe edulis* com diferentes doses de fertilizante de liberação lenta (FLL)..... 49

Figura 5	Curvas de regressão da altura da parte aérea (H), diâmetro do colo (DC), biomassa fresca da parte aérea (BFPA), biomassa seca parte aérea (BSPA), biomassa seca da raiz (BSR), biomassa seca total (BST), relação altura e diâmetro do colo (H/DC) e índice de qualidade de Dickson (IQD) das mudas de <i>Euterpe edulis</i> fertilizadas com diferentes doses de composto orgânico (FCO).....	51
Figura 6	Curvas de regressão da altura (H), diâmetro do colo (DC), biomassa fresca da parte aérea (BFPA), biomassa seca parte aérea (BSPA), biomassa seca da raiz (BSR), biomassa seca total (BST), relação altura e diâmetro do colo (H/DC) e índice de qualidade de Dickson (IQD) das mudas de <i>Euterpe edulis</i> fertilizadas com diferentes doses de bokashi (FBO).....	53

Lista de Tabelas

Tabela 1	Análise química e física do substrato e dos três fertilizantes testados na produção de mudas de <i>Acca sellowiana</i>	23
Tabela 2	Valores médios dos parâmetros biométricos e índices de qualidade de mudas para todos os tratamentos nas mudas de <i>Acca sellowiana</i>	25
Tabela 3	Análise química e física do substrato e dos três fertilizantes testados na produção de mudas de <i>Euterpe edulis</i>	42
Tabela 4	Valores médios dos parâmetros biométricos e índices de qualidade de muda para todos os tratamentos nas mudas de <i>Euterpe edulis</i>	44

Lista de Abreviaturas e Siglas

ANOVA	Análise de Variância
BFPA	Biomassa Fresca Parte Aérea
BSPA	Biomassa Seca Parte Aérea
BSR	Biomassa Seca Raiz
BST	Biomassa Seca Total
Cfa	Clima Subtropical Úmido
CV	Coefficiente de Variação
DC	Diâmetro do Colo
DIC	Delineamento Inteiramente Casualizado
DMET	Dose de Máxima Eficiência Técnica
FBO	Fertilizante Bokashi
FCO	Fertilizante Composto Orgânico
FLL	Fertilizante de Liberação Lenta
H	Altura da Parte Aérea
H/DC	Relação Altura da Parte Aérea e Diâmetro de Colo
IQD	Índice de Qualidade de Dickson
m.s.n.m	Metros Sobre Nível do Mar

SUMÁRIO

1	CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA E ESTADO DA ARTE	14
2	OBJETIVOS	19
	2.1 GERAL	19
	2.2 ESPECÍFICOS.....	19
3	USO DE DIFERENTES TECNOLOGIAS DE FERTILIZAÇÃO PARA A PRODUÇÃO DE MUDAS DE GOIABEIRA-SERRANA (<i>Acca sellowiana</i> (O. Berg) BURRET)	20
	3.1 INTRODUÇÃO	21
	3.2 MATERIAL E MÉTODOS	22
	3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
	3.3.1 <i>Análise dos parâmetros biométricos e de qualidade das mudas de Acca sellowiana com utilização de diferentes tecnologias de fertilização</i>	<i>25</i>
	3.3.2 <i>Análise das Doses de Máxima Eficiência Técnica (DMET) das diferentes tecnologias de fertilização para produção de mudas de Acca sellowiana</i>	<i>30</i>
	3.4 CONCLUSÃO	37
4	TECNOLOGIAS DE FERTILIZAÇÃO DE SUBSTRATO PARA A PRODUÇÃO DE MUDAS DE JUÇARA (<i>Euterpe edulis</i> (Mart.))	38
	4.1 INTRODUÇÃO	39
	4.2 MATERIAL E MÉTODOS	41
	4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
	4.3.1 <i>Análise dos parâmetros biométricos e de qualidade das mudas de Euterpe edulis com utilização de diferentes tecnologias de fertilização</i>	<i>43</i>
	4.3.2 <i>Análise das Doses de Máxima Eficiência Técnica (DMET) das diferentes tecnologias de fertilização para produção de mudas de Euterpe edulis</i>	<i>48</i>
	4.4 CONCLUSÃO	54
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	55
6	REFERÊNCIAS	55

1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA E ESTADO DA ARTE

Conhecemos um total de mais de 350 mil espécies de plantas registradas no mundo (THE PLANT LIST, 2021). Dentre estas, mais de 60 mil espécies são árvores (BEECH *et al.*, 2017). As florestas cobrem cerca de 31 % do total da área terrestre do planeta, sendo 93% dessa área de florestas naturais e apenas 7% plantadas, (FAO/PNUMA, 2020). Elas fornecem um conjunto de serviços ecossistêmicos, como alimentos, matérias-primas, retenção e purificação de água, regulação do clima, controle da erosão, fixação de carbono e muitos outros (DÍAZ *et al.*, 2018).

Populações humanas desenvolveram sistemas agrícolas que transformaram as florestas, o planeta e, não raramente, colapsaram ecossistemas inteiros (DIAMOND, 2009). Paisagens complexas com alta diversidade, estão sendo simplificadas há milênios à medida que os processos de domesticação e os sistemas de produção favoreceram um número reduzido de espécies (CLEMENT *et al.*, 2015; CLEMENT; BORÉM; LOPES, 2009), visto que em cada região do planeta, populações humanas distintas interagiram e manejaram espécies com maior aptidão em seus contextos (MAZOYER; ROUDART, 2010). Florestas também estão sendo manejadas há centenas e até milênios e, apesar de historicamente estarmos negligenciando esse processo, estudos recentes estão contribuindo para elucidar o impacto antrópico em formações florestais altamente diversificadas (LEVIS *et al.*, 2018).

O Brasil é o país detentor da maior biodiversidade do mundo (CORADIN; SIMINSKI; REIS, 2011), com cerca de 50 mil espécies de plantas descritas, entre nativas, cultivadas e naturalizadas (FLORA E FUNGA DO BRASIL, 2020), possui a flora arbórea mais diversa (8.715 espécies) e o maior número de árvores endêmicas (4.333 espécies) (BEECH *et al.*, 2017). O bioma Mata Atlântica tem 20.000 espécies de plantas, sendo 8.000 endêmicas (MYERS *et al.*, 2000), abrange 15% do território brasileiro e abriga cerca de 70% da população do país. Atualmente, restam apenas cerca de 13% de sua cobertura florestal original (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INPE, 2021), o que fez do bioma um “Hotspots” da biodiversidade, ou seja, uma área de prioridade global para conservação (MYERS *et al.*, 2000).

A conversão de florestas para outros tipos de uso da terra e superexploração causa erosão genética de espécies de plantas, sendo a expansão agrícola a principal causa do desmatamento e fragmentação florestal (FAO/PNUMA, 2020). Num cenário pouco otimista, Bologna e Aquino (2020), mostram que, mantendo a taxa atual de crescimento populacional e consumo de recursos, em particular o consumo da floresta, temos algumas décadas restantes antes de um colapso irreversível de nossa civilização.

Restaurar os biomas é cada dia mais urgente. Segundo BASTIN *et al.* (2019) a restauração com uso de árvores está entre as estratégias mais eficazes para a mitigação das mudanças climáticas. As florestas restauradas podem melhorar os serviços do ecossistema e aumentar a conservação da biodiversidade, mas em muitos casos não corresponderão à composição e estrutura da cobertura florestal original (CHAZDON, 2008). No Brasil, a partir das mudanças no Código Florestal realizadas em 2012, foram realizados estudos com vistas a estimar a área total a ser restaurada e os números ultrapassam os 20 milhões de hectares (SOARES-FILHO *et al.*, 2014) nos diferentes biomas. A restauração ecológica busca promover o retorno de uma floresta onde a formação original foi removida ou impactada por atividades humanas diversas, considerando a composição de espécies nativas e os processos ecológicos que mantêm a sua sustentabilidade (MARTINS, 2020).

Existem diferentes processos metodológicos de restauração, com níveis variados de intervenção. A restauração por meio do plantio de mudas foi bastante difusa no período em que a ideia principal de restaurar era copiar a condição florística e estrutural “original”. Contudo, o uso de mudas como elemento de restauração está condicionado à estratégia ou ao conjunto de estratégias utilizadas no processo, podendo estas mudas, ser elemento principal ou somente complementar (BRANCALION; GANDOLL; RODRIGUES, 2015; MARTINS, 2020).

Além da utilização de mudas de espécies nativas para fins de restauração, um outro nicho está emergindo. Em 2011 o Ministério do Meio Ambiente (MMA) lançou o primeiro volume do livro “Plantas para o Futuro”, indicando um amplo conjunto de espécies nativas com valor econômico atual ou potencial para o sul do país (CORADIN; SIMINSKI; REIS, 2011). A publicação veio estimular a necessidade de ampliação do conhecimento sobre espécies nativas e contribuir para novas perspectivas na composição de agroecossistemas por meio da conservação e diversificação dos recursos genéticos vegetais pelo uso, apontando para um cenário que pode conectar a restauração ecológica com usos agrícolas.

O sucesso de um plantio florestal de espécies nativas para fins de produção comercial ou restauração depende da qualidade da muda, sendo que mudas de alta qualidade permitem um rápido estabelecimento com baixas taxas de mortalidade (RIIKONEN; LUORANEN, 2018). O crescimento inicial no campo depende da qualidade da muda produzida no viveiro florestal (CUNHA-QUEDA *et al.*, 2010).

A qualidade de muda é um conceito complexo que requer consideração tanto da morfologia quanto da fisiologia (JOHNSON; CLINE, 1991). Indicadores de qualidade de mudas surgiram em trabalhos com coníferas, mais tarde foram ampliados para as espécies nativas e passaram a ser úteis para avaliação nos processos de restauração. Atualmente, existem muitos indicadores de qualidade, alguns que podem ser bastante precisos e úteis, porém exigem pessoal capacitado para operar instrumentos de alto custo (GROSSNICKLE; MACDONALD, 2018). Desta forma, por não serem suficientemente baratos e simples, alguns indicadores de qualidade podem não ser adequados para aplicação direta em viveiros florestais. Para Johnson e Cline (1991), a melhor muda é aquela que pode ser produzida a baixo custo e que sobrevive e cresce bem após o plantio.

Os principais parâmetros que determinam a qualidade das mudas são a altura, o diâmetro do colo, o peso da parte aérea e das raízes, e a correlação entre esses parâmetros, possibilitando a elaboração do índice de qualidade de muda relação entre altura e diâmetro de colo (H/DC) (CARNEIRO, 1995). Dickson, Leaf e Hosner (1960), considerando as variáveis de biomassa seca total, altura, diâmetro do colo, biomassa seca parte aérea e biomassa seca da raiz, elaboraram o índice de qualidade de Dickson (IQD). Quanto maior for o índice melhor é a qualidade da muda. Grossnickle e MacDonald (2018), reforçam que os parâmetros morfológicos como diâmetro, altura, massa seca da parte aérea e raiz e proporção da raiz da parte aérea podem ser indicadores da qualidade da muda.

Considerando as dificuldades enfrentadas na produção de mudas florestais, torna-se importante a definição de estratégias que favoreçam a sua produção com qualidade (DA ROS *et al.*, 2015). O substrato é apresentado como um dos principais fatores de interferência na germinação, crescimento e qualidade das mudas (CUNHA-QUEDA *et al.*, 2010), e sua composição é importante para obtenção de resultados positivos na produção de mudas (RAMIRES *et al.*, 2021).

A fertilização dos substratos comerciais para produção de mudas florestais tem sido fundamental para garantir níveis nutricionais adequados para o desenvolvimento vegetal

(GONÇALVES; BENEDETTI, 2000). Fertilizantes orgânicos como cama de aves, lodo de esgoto, resíduos agroindustriais e compostos orgânicos estão sendo usados como fontes alternativas de nutrientes na produção de mudas (SILVA *et al.*, 2014; RAMIRES *et al.*, 2021; ARAÚJO *et al.*, 2020; MARCO *et al.*, 2019; SILVA *et al.*, 2015).

Os compostos orgânicos de origem agroindustrial, derivam de um conjunto de produtos e processos que envolvem o uso de maravalha ou serragem composta, resíduos de fábrica de ração, lodo do tratamento de efluentes de frigoríficos, cinzas e outros. Em geral, permanecem alguns meses em compostagem sendo revolvidos até estabilizarem. O processo de estabilização do composto é necessário para a utilização em sistemas de produção de mudas, permitindo assim, o reaproveitamento da matéria orgânica gerada pelas indústrias e a implementação de sistemas sustentáveis em regiões geradoras de resíduos de suínos (RAMIRES *et al.*, 2021).

Outros compostos incluem o uso de microrganismos e carboidratos para acelerar processos de fermentação. É o caso do composto *bokashi*, adaptado as condições e materiais disponíveis no Brasil no final da década de 80 por imigrantes japoneses (VICENTE *et al.*, 2020). Este biofertilizante é fermentado por micro-organismos benéficos que favorecem a mineralização da matéria orgânica (BOECHAT; SANTOS; ACCIOLY, 2013), ativando inúmeros processos, disponibilizando nutrientes e permitindo uma distribuição e crescimento das raízes (RIVERA, 2007). O conhecimento científico sobre o uso de bokashi ainda não foi muito explorado (VICENTE *et al.*, 2020), inclusive para a produção de mudas nativas.

Além de materiais orgânicos também existem opções de fertilização química, porém este tipo de fertilização está ligado a problemas ambientais como lixiviação e eutrofização (SAVCI, 2012), alternativas de adubação química podem mitigar estes problemas, como os fertilizantes de liberação lenta (FLL) (CUNHA *et al.*, 2021). Sob condições definidas, um fertilizante pode ser denominado como um fertilizante de liberação lenta se ele liberar os nutrientes no solo sob os seguintes três critérios: não mais do que 15% de liberação dos nutrientes (disponível na forma utilizável pela planta) do fertilizante em 24 horas, não mais do que 75% da liberação em 28 dias, e pelo menos cerca de 75% da liberação dos nutrientes disponíveis durante o tempo de liberação declarado (NAZ; SULAIMAN, 2014). Estes produtos são cápsulas envoltas por uma resina orgânica semipermeável que reveste compostos solúveis e se expande e se contrai de acordo com temperatura ambiente e condições de

umidade, causando liberação gradual e osmótica de nutrientes para o substrato e mantendo em níveis equilibrados durante o período de crescimento das mudas (NAZ; SULAIMAN, 2016; FU *et al.*, 2018; CABREIRA *et al.*, 2019; YE *et al.*, 2020). Este tipo de fertilizante também é adequado e vem sendo utilizado na produção de mudas florestais (ROSSA *et al.*, 2011, 2013, 2015; CUNHA *et al.*, 2021; DUTRA; MASSAD; SARMENTO, 2017; ARAÚJO *et al.*, 2019; ALMEIDA *et al.*, 2018).

Apesar da existência de uma quantidade substancial de informações sobre como produzir mudas de alta qualidade, ainda existe a necessidade de desenvolver práticas que possam ser utilizadas em viveiros para produzir mudas para implantar povoamentos florestais de bom crescimento (RIIKONEN; LUORANEN, 2018).

Dentre as diversas espécies florestais da Mata Atlântica produzidas em viveiros, algumas destacam-se por unirem características relevantes para usos agrícolas e de restauração, e integraram o conjunto de espécies da flora brasileira com potencial para serem utilizadas como novas opções de cultivo por pequenos agricultores e oportunidades de investimento para o setor empresarial, elencadas pelo projeto “Plantas para o futuro” (CORADIN; SIMINSKI; REIS, 2011).

Uma dessas espécies é *Acca sellowiana* pertence à família botânica Myrtaceae. Conhecida popularmente como, goiabeira-serrana, goiaba-do-campo, goiaba-da-serra (LORENZI, 2020). Nativa do planalto meridional brasileiro e nordeste do Uruguai ocorrendo com maior frequência em áreas com altitudes superiores a 800 metros em bosques e matas de araucária (*Araucaria angustifolia*). O fruto é semelhante à goiaba comum (*Psidium guajava*) em aparência, tamanho e textura, mas a polpa de cor gelo possui sabor diferenciado, doce-acidulado e aromático. O fruto pode ser consumido *in natura*, em sucos, geleias, sorvetes e bebidas (AMARANTE; SANTOS, 2011). A espécie é indicada para diversos usos incluindo recuperação de áreas degradadas e restauração ecológica, além disso pode ser utilizada como antibactericida, antioxidante, antialérgica, auxiliar do sistema imunológico em processos inflamatórios (TONETTO, 2018). Está sendo cultivada na França, Itália, Rússia, Nova Zelândia, nos Estados Unidos, em Israel e na Colômbia (MORETTO; NODARI; NODARI, 2014).

Outra espécie de destaque é *Euterpe edulis*, uma palmeira pertencente à família Arecaceae. Possui vários nomes populares como juçara, palmito, palmito-branco, palmito-vermelho, palmito-doce, palmito-juçara (LORENZI, 2004). Ocorre naturalmente

no domínio da Mata Atlântica brasileira, típica das florestas do Sul do Brasil e, mesmo antes da colonização, eram utilizadas na alimentação dos povos indígenas da região. Em meados do século XX a planta se tornou espécie comercial, e como consequência, chegou a ser quase extinta do seu habitat natural. Seu uso potencial principal foi baseado por décadas na extração do palmito para alimentação humana (REIS *et al.*, 2000). Porém a produção de açaí a partir de frutos da palmeira-juçara representa um enorme potencial para pequenos agricultores da região da Floresta Atlântica. Por suas qualidades nutritivas, o açaí pode ainda tornar-se importante componente da dieta na região da Floresta Atlântica, a exemplo do que acontece no norte do país (CORADIN; SIMINSKI; REIS, 2011). Além de ser utilizado na produção de artesanatos e como planta ornamental. A espécie tem grande importância ecológica, sendo fonte de alimento para uma grande diversidade de fauna (REIS, 1995). Atualmente, encontra-se em elevado risco de extinção na natureza, seu estado de conservação é classificado com “vulnerável” (CNC Flora, 2012).

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

O objetivo deste trabalho foi avaliar diferentes tecnologias de fertilização para produção de mudas de qualidade de *Acca sellowiana* e *Euterpe edulis*, duas espécies de relevância ecológica e econômica da Mata Atlântica.

2.2 Específicos

Avaliar o desenvolvimento de mudas de *Acca sellowiana* e *Euterpe edulis* produzidas com uso de compostos orgânicos e fertilizantes de liberação lenta em diferentes doses;

Calcular a dose de máxima eficiência técnica para os três fertilizantes testados para *Acca sellowiana* e *Euterpe edulis*;

Contribuir com o referencial de indicadores de qualidade de mudas para espécies nativas da Mata Atlântica.

3 USO DE DIFERENTES TECNOLOGIAS DE FERTILIZAÇÃO PARA A PRODUÇÃO DE MUDAS DE GOIABEIRA-SERRANA (*Acca sellowiana* (O. Berg) Burret)¹

USE OF DIFFERENT FERTILIZATION TECHNOLOGIES FOR THE PRODUCTION OF FEIJOA SEEDLINGS (*Acca sellowiana* (O.Berg) Burret)

RESUMO

Avanços no conhecimento científico sobre a Mata Atlântica estão contribuindo com o uso e a conservação de espécies com características promissoras. A produção de mudas de espécies nativas tem sido desafiadora, sendo que diferentes produtos estão surgindo e sendo incorporados aos substratos agrícolas utilizados por viveiristas florestais. Foram testadas três tecnologias de fertilização para a produção de mudas de *Acca sellowiana*: fertilizante de liberação lenta; composto orgânico agroindustrial; e, bokashi em quatro doses diferentes. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado com treze tratamentos e quatro repetições de nove plantas como unidade amostral, sendo avaliadas aos 270 dias. O desenvolvimento foi mensurado por meio das variáveis altura da parte aérea, diâmetro do colo, biomassa fresca da parte aérea, biomassa seca da parte aérea, biomassa seca da raiz, biomassa seca total. A partir destes foram calculados os índices de qualidade de mudas, relação altura e diâmetro do colo, índice de qualidade Dickson e a dose de máxima eficiência técnica. Observamos que mudas de *A. sellowiana* respondem positivamente ao uso do fertilizante de liberação lenta e ao uso de composto orgânico agroindustrial, porém, não apresentaram bons resultados para a fertilização com bokashi nas condições testadas. As doses de máxima eficiência técnica médias encontradas para as tecnologias de fertilização testadas, correspondem a 13,38 Kg.m⁻³ para o fertilizante de liberação lenta, 177,41 Kg.m⁻³ para o composto orgânico agroindustrial.

Palavras-chave: fertilizante de liberação lenta; composto orgânico; bokashi; qualidade de mudas; frutas nativas.

ABSTRACT

Advances in scientific knowledge about the Atlantic Forest are contributing to the use and conservation of species with promising characteristics. The production of native species seedlings has been challenging, with different products emerging and being incorporated into the agricultural substrates used in forest nurseries. Three fertilization technologies were

¹ Proposta de submissão de artigo para Revista Ciência Florestal, UFSM: [CienciaFlorestal\(ufsm.br\)](http://CienciaFlorestal.ufsm.br)

tested for the production of *Acca sellowiana* seedlings: slow release fertilizer, agroindustrial organic compost and *bokashi*, each in four different doses. The design used was completely randomized with four repetitions of thirteen treatments and nine plants as a sample unit, being evaluated at 270 days. Development was measured through the variables Aboveground Height, Collar Diameter, Aboveground Fresh Mass, Aboveground Dry Mass, Root Dry Mass, Total Dry Mass. Seedling quality indexes Height and Collar Diameter ratio and Dickson quality index were calculated, as well as the dose of maximum technical efficiency. We observed that *A. sellowiana* seedlings responded positively to the use of slow release fertilizer and the use of agroindustrial organic compost but did not present good results for *bokashi* under tested conditions. The average dose of maximum technical efficiency for tested fertilization technologies were 13.38 Kg.m⁻³ for the slow release fertilizer, 177.41 Kg.m⁻³ for agroindustrial organic compost.

Keywords: Slow release fertilizer; organic compost; bokashi; quality of seedlings; native fruits.

3.1 Introdução

Acca sellowiana pertence à família botânica Myrtaceae com várias sinónimas, dentre elas *Feijoa sellowiana*. Conhecida popularmente como, goiabeira-serrana, araçá-do-rio-grande, goiaba-do-campo, goiaba-silvestre, goiaba-crioula, goiaba-da-serra, goiaba-ananás (LORENZI, 2020). É uma espécie frutífera, que serviu como fonte de alimento para as populações indígenas que viveram na região de ocorrência no planalto meridional brasileiro na fitofisionomia da Floresta Ombrófila Mista (MORETTO; NODARI; NODARI, 2014), ocorrendo desde o norte do Rio Grande do Sul até São Paulo e Rio de Janeiro em formações abertas de altitude (LORENZI, 2020).

O interesse pelo fruto vem crescendo, simultaneamente ao desenvolvimento de projetos de pesquisa e avanços no conhecimento científico sobre a espécie e, recentemente, passou a integrar o conjunto de espécies nativas da Mata Atlântica consideradas de uso potencial para cultivos no sul do Brasil (CORADIN; SIMINSKI; REIS, 2011). Está sendo cultivada na França, Itália, Rússia, Nova Zelândia, nos Estados Unidos, em Israel e na Colômbia (MORETTO NODARI; NODARI, 2014), a partir de cultivares desenvolvidas com material genético coletado no Uruguai (AMARANTE; SANTOS, 2011).

Seu cultivo objetiva mais que a produção de frutos para o consumo *in natura*. A espécie é indicada para o paisagismo, reflorestamento, enriquecimento de áreas

degradadas, além de possuir propriedades farmacêuticas e medicinais, podendo ser utilizada como antibactericida, antioxidante, antialérgica, auxiliar do sistema imunológico em processos inflamatórios e no tratamento de alguns tipos de câncer (TONETTO, 2018). Considerando essa gama de atributos tão promissores, aliado ao fato de estar no centro de origem e domesticação da espécie (CORADIN; SIMINSKI; REIS, 2011), a Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S.A. (Epagri) vem pesquisando a goiabeira-serrana desde 1986, com o objetivo desenvolver um sistema de produção que permita seu cultivo em escala comercial (AMARANTE; SANTOS, 2011).

Apesar dos avanços, novas pesquisas precisam ser desenvolvidas para superar as sérias restrições ainda encontradas nas áreas de propagação, padronização de frutas e controle de doenças (CORADIN; SIMINSKI; REIS, 2011), na produção de sementes e mudas com qualidade, visando a utilização em maior escala (TONETTO, 2018), bem como tecnologias de fertilização adequadas para os sistemas de produção.

Diferentes tecnologias de fertilização para produção de mudas estão emergindo e sendo utilizadas em viveiros florestais. Elas incluem a utilização de substratos enriquecidos com produtos locais e resíduos de processos produtivos como esterco de diversas origens, cama de aves, suínos e bovinos, casca de arroz carbonizada, cinzas e adubos químicos com alta tecnologia industrial como fertilizantes de liberação lenta - FLL para a produção de diversas espécies florestais nativas (ROSSA *et al.*, 2011; 2013; 2015b; GASPARIN *et al.*, 2014). Uma alternativa para fertilização é o uso de composto orgânico proveniente de resíduo agroindustrial, que apresenta grande potencialidade de uso na produção de mudas (SILVA *et al.*, 2014). Outros compostos orgânicos, como o “*bokashi*”, que foi adaptado no Brasil por imigrantes japoneses no final da década de 80 (VICENTE *et al.*, 2020), podem ser utilizados. Eles incluem o uso de microrganismos e carboidratos para acelerar processos de fermentação, favorecendo a mineralização da matéria orgânica e disponibilização de nutrientes (BOECHAT; SANTOS; ACCIOLY, 2013).

Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o uso de diferentes tecnologias de fertilização na produção de mudas de *A. sellowiana* em viveiro florestal.

3.2 Material e Métodos

O experimento foi realizado no período de julho de 2019 a abril de 2020, sendo conduzido no Horto Florestal do Centro Universitário para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí - UNIDAVI, localizado no município de Rio do Sul - SC, com coordenadas 27°15'24,15" S; 49°38'55,69" O, a 360 m.s.n.m. Segundo a classificação climática de Köppen, a área está situada numa região de clima subtropical constantemente úmido, sem estação seca, com verão quente - Cfa. Temperatura média anual de 19,3 °C, com precipitação média anual de 1529 mm. O horto conta com uma estufa plástica agrícola e sistema de irrigação por aspersão.

Foram testadas três tecnologias de fertilização de substrato comercial (Maxfertil®) para a produção de mudas: fertilizante de liberação lenta (FLL) da marca comercial *Basacote*® - 9M; composto orgânico proveniente de resíduos agroindustriais (FCO); e *bokashi* (FBO). As características químicas e físicas estão apresentadas na Tabela 1.

TABELA 1: Análise química e física do substrato e dos três fertilizantes testados na produção de mudas de *Acca sellowiana*.

TABLE 1: Chemical and physical analysis of the substrate and the three tested fertilizers for the production of *Acca sellowiana* seedlings.

Substrato Maxfertil®		Basacote® (FLL)		Composto Orgânico (FCO)		Bokashi (FBO)	
pH (H ₂ O)	6	Diâmetro grânulos (mm)	2,5 a 3,5	pH (CaCl ₂ 0,01 mol/l)	6,40	pH	7,54
NPK (%)	0,6	N (%)	16	N (%)	2,37	N (%)	0,057
Fosfato natural (%)	0,5	P ₂ O ₅ [Sol. em CNA+H ₂ O] (%)	8	P ₂ O ₅ [Sol. em CNA+H ₂ O] (%)	1,93	P (mg l ⁻¹)	1143,15
Densidade (Kg/m ³)	310	K ₂ O (%)	12	K ₂ O sol. em H ₂ O (%)	0,79	MO (%)	3,93
Capacidade de retenção água (%)	195	S (%)	5	Relação C/N	15,33	C (%)	2,28
Condutividade elétrica (ms/cm)	0,4+/-0,30	B (%)	0,02	CO (%)	36,13		
Umidade (%)	50	Mo (%)	0,015	Umidade 65 °C (%)	19,5		
		MgO (%)	2	Mg (%)	10,64		
		Mn (%)	0,06	Mn (%)	0,05		
		Cu (%)	0,05	Cu (%)	0,06		
		Zn (%)	0,02	Zn (%)	0,10		
		Fe (%)	0,4	Fe (%)	0,87		
				Ca (%)	3,51		

A mistura dos fertilizantes ao substrato foi realizada em betoneira durante um minuto, garantindo a homogeneização dos fertilizantes ao substrato-base. Os vasos foram preenchidos e submetidos a mesa compactadora por 10 segundos, objetivando a uniformidade volumétrica e densidade do ambiente de raiz.

Para a obtenção dos propágulos foram coletadas sementes de matrizes localizadas no município de Rio do Sul - SC. A semeadura foi realizada em bandeja plástica com substrato comercial sem fertilização adicional. Aos 60 dias após a emergência, as plântulas apresentavam as características médias: altura (H) de 5,35 cm; diâmetro de colo (DC) de 0,37 mm e biomassa seca total (BST) de 0,14 g. Para a implantação do experimento as plântulas foram repicadas em vasos de polipropileno com volume de 280 cm³, contendo a mistura do substrato base e os fertilizantes testados, em seguida foram acomodadas em estufa.

O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado (DIC) com quatro repetições de treze tratamentos, tendo nove plantas como unidade experimental. Os tratamentos consistiram em uma testemunha sem fertilização e quatro doses de cada fertilizante testado, sendo 3, 6, 9 e 12 Kg.m⁻³ de FLL; e 50, 100, 150 e 200 Kg.m⁻³ de FCO e FBO.

Decorridos 270 dias do transplante das plântulas, coletaram-se dados biométricos de altura da parte aérea (H), diâmetro do colo (DC), biomassa fresca da parte aérea (BFPA), biomassa seca da parte aérea (BSPA), biomassa seca da raiz (BSR) e biomassa seca total (BST). A partir destes, foram calculados dois índices de qualidade de mudas: relação entre altura da parte aérea e diâmetro do colo (H/DC) e índice de qualidade de Dickson (IQD=BST/(H/DC+BSPA/BSR)) (DICKSON; LEAF; HOSNER, 1960).

A altura da parte aérea da muda (H) foi medida com régua do nível do solo até o ápice. O diâmetro do colo (DC) com auxílio de paquímetro digital a 0,5 cm do solo. Para determinação da BSR, as raízes foram destorroadas e lavadas sobre peneiras de 2 mm, para evitar possíveis perdas de radículas. Para determinação da BSPA e BSR os materiais foram acondicionados em sacos de papel pardo identificados e levados para estufa de circulação de ar à temperatura de 65 °C por, no mínimo 72 horas ou até atingir massa constante (PIAS *et al.*, 2013; CONEGLIAN *et al.*, 2016). A BFPA e as demais biomassas foram obtidas com uso de balança de precisão milesimal. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade e, posteriormente, submetidas à análise de regressão polinomial. Os coeficientes foram utilizados para calcular a dose de máxima eficiência técnica (DMET) dos fertilizantes para cada variável testada. Os valores de DMET calculados em regressões com $R^2 \geq 0,7$ foram utilizados para o cálculo de uma DMET média de cada fertilizante.

3.3 Resultados e Discussão

3.3.1 Análise dos parâmetros biométricos e de qualidade das mudas de *Acca sellowiana* com utilização de diferentes tecnologias de fertilização

A análise dos dados dos fertilizantes mostrou que os maiores crescimentos em altura da parte aérea (H) foram observados nas doses 9 e 12 Kg.m⁻³ do FLL, correspondendo a 41,52 e 41,82 cm respectivamente, e nas doses de 150 e 200 Kg.m⁻³ do FCO, correspondendo a 41,22 e 41,67 cm, respectivamente, não diferindo estatisticamente entre si conforme apresentado na Tabela 2.

TABELA 2: Valores médios dos parâmetros biométricos e índices de qualidade de mudas para todos os tratamentos nas mudas de *Acca sellowiana*.

TABLE 2: Mean values of biometric parameters and seedling quality indices for all treatments in *Acca sellowiana* seedlings.

Doses (Kg.m ⁻³)	Parâmetros Biométricos						Índices de Qualidade		
	H (cm)	DC (mm)	BFPA (g)	BSPA (g)	BSR (g)	BST (g)	H/DC	IQD	
TES	0	9,92 h	1,35 h	0,41 f	0,18 f	0,11 e	0,29 e	7,36 a	0,03 e
	3	25,67 d	3,55 e	2,89 e	1,32 e	0,87 d	2,20 d	7,30 a	0,25 d
FLL	6	35,72 b	4,84 c	6,13 c	2,87 c	1,77 b	4,65 b	7,40 a	0,52 b
	9	41,52 a	5,82 b	8,31 a	3,98 a	2,28 a	6,25 a	7,17 a	0,71 a
	12	41,82 a	6,67 a	8,84 a	4,20 a	2,31 a	6,51 a	6,29 b	0,81 a
FCO	50	31,07 c	3,98 d	3,96 d	1,85 d	1,01 d	2,86 d	7,81 a	0,30 d
	100	34,87 b	4,92 c	5,33 c	2,45 c	1,40 c	3,86 c	7,09 a	0,44 c
	150	41,22 a	5,37 b	7,40 b	3,42 b	1,76 b	5,18 b	7,70 a	0,54 b
	200	41,67 a	5,59 b	7,20 b	3,40 b	1,81 b	5,22 b	7,47 a	0,56 b
FBO	50	13,70 g	1,82 g	0,76 f	0,34 f	0,23 e	0,57 e	7,65 a	0,07 e
	100	12,27 g	1,81 g	0,60 f	0,26 f	0,19 e	0,45 e	6,81 b	0,06 e
	150	19,40 e	2,51 f	1,48 f	0,71 f	0,41 e	1,12 e	7,72 a	0,12 e
	200	16,87 f	2,24 f	1,17 f	0,55 f	0,33 e	0,88 e	7,57 a	0,09 e
CV (%)	5,1	7,73	17,39	17,64	19,49	17,31	7,4	19,75	

Em que: H = altura da parte aérea; DC = diâmetro do colo; BFPA = biomassa fresca da parte aérea; BSPA = biomassa seca da parte aérea; BSR = biomassa seca da raiz; BST = biomassa seca total; H/DC = relação altura e diâmetro do colo; IQD = índice de qualidade de Dickson.

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Os valores obtidos são compatíveis com altura final para mudas destinadas à recuperação ambiental, entre 40 e 70 cm (SEA, 2010). O FBO, na dose de 150 Kg.m⁻³ apresentou seu melhor resultado, na altura de 19,4 cm, porém se aproximou dos valores da testemunha (9,92 cm) se comparado com a média dos demais fertilizantes. O bokashi, nas doses testadas, não apresentou os valores mínimos sugeridos como recomendação geral para várias espécies nativas (DIAS *et al.*, 2006; GONÇALVES; BENEDETTI, 2000), entre 20 e 35 centímetros e, tampouco o mínimo de 20 cm proposto para o plantio a campo de mudas de *A. sellowiana* (TONETTO, 2018). Mesmo que com grandes variações entre os fertilizantes, os resultados obtidos, apontam para uma tendência de aumento em altura das plantas submetidas a maiores doses em todas as tecnologias de fertilização testadas.

Dependendo da finalidade, das características da espécie e do contexto de plantio, a altura da muda pode ser de maior ou menor relevância. Numa comunidade de plantas competindo por luz, maiores alturas podem ser estratégicas para a sobrevivência dos indivíduos. Em agroecossistemas manejados com baixa competição interespecífica por luz, ou ainda, para espécies mais tolerantes à sombra, menores alturas podem ser suficientes para o estabelecimento e desenvolvimento inicial das mudas. Lorenzi (2020) classifica a goiaba-serrana como uma planta heliófita e em estudos sobre crescimento em gradientes de sombreamento, Silva *et al.* (2022) concluíram que a pleno sol e 30% de sombra são as condições de maior crescimento em altura. Nessas condicionantes, é possível que a altura seja um parâmetro importante para as mudas de *A. sellowiana* quando plantadas em sistemas ou comunidades com alta competitividade por luz. Porém, cabe ressaltar que, em geral, mudas de maior altura não são exatamente as melhores em termos de sobrevivência em campo, especialmente quando estas estão estioladas (REIS *et al.*, 2016). Para Fonseca *et al.* (2002) maiores alturas podem representar piores valores para a qualidade da muda, acrescido com resultados de Binotto; Lúcio e Lopes (2010), que reforçam que esse parâmetro apresenta menor relação com o IQD que outras variáveis simples. Entretanto, a altura aparece como parâmetro único e mais utilizado na expedição de mudas de espécies nativas destinadas a projetos ambientais (SEA, 2010). Considerando essas limitações do parâmetro altura, Dias *et al.*, 2006) sugere a observação de outros critérios como a

rusticidade, sinais de amadurecimento do colo, aparência lenhosa, textura rígida, principalmente nas mudas mais altas.

Gasparin *et al.* (2014) apontam o DC como um dos parâmetros que expressam o melhor desempenho das mudas em vasos de 280 cm³, correspondendo ao melhor desenvolvimento posterior no campo. O maior diâmetro de colo (DC) entre os fertilizantes foi obtido com a dose máxima de FLL (12 Kg.m⁻³) com diâmetro de 6,67 mm (Tabela 2). Foram obtidos nas doses de 9 Kg.m⁻³ de FLL um diâmetro de colo de 5,82 mm, sendo que nas doses mais altas de FCO (150 e 200 Kg.m⁻³) 5,37 e 5,59 mm, respectivamente (Tabela 2). Esses resultados corroboram com o preconizado por Gonçalves e Benedetti (2000), que propõem um diâmetro de colo entre 5 a 10 mm para mudas de espécies nativas de qualidade. Este parâmetro é considerado o melhor indicador prático para estimar os valores de IQD em mudas de espécies florestais da Mata Atlântica (AVELINO *et al.*, 2021). Portanto, considerando a facilidade na obtenção de dados, o DC pode ser um parâmetro mais adequado para indicar a qualidade da muda e auxiliar na tomada de decisão em projetos de conservação e uso de espécies florestais.

Para o FBO, os valores tiveram melhores respostas com o aumento das doses, atingindo para 150 e 200 Kg.m⁻³, o DC de 2,51 e 2,24 mm, respectivamente (Tabela 2). Estes diâmetros quando comparados ao FLL e FCO, são menores e se aproximam dos resultados obtidos na testemunha (1,35 mm). Nogueira e Brancalion (2016) propõem que um DC entre 2 e 3 mm seja o mais adequado para mudas para plantio no campo da família das mirtáceas em geral. Contudo, Tonetto (2018) sugere, a partir de resultados obtidos em estudos com *A. sellowiana* cultivada por seis meses em vasos de 180 cm³, que o mais adequado é um DC de 3,6 mm para que as mudas sejam conduzidas a campo.

Ao compararmos os valores de DC de mudas de essências florestais, consideradas adequadas para o plantio a campo, preconizados por Carneiro (1995), Nogueira e Brancalion (2016) e Tonetto (2018), com exceção das plantas que não receberam fertilização, todas as demais apresentaram um DC condizente (1,81 a 6,67 mm), confirmando a importância do uso de fertilização na produção de mudas de *A. sellowiana*.

Os maiores valores de biomassa foram obtidos nas doses de FLL entre 9 e 12 Kg.m⁻³, sem diferença estatística entre si. Sendo que valores superiores nos tratamentos com FCO foram observados em doses com 150 e 200 Kg.m⁻³, semelhante aos valores de biomassa produzida pelas plantas no tratamento com 6 Kg.m⁻³ de FLL. O FBO apresentou dados de

biomassa que não diferiram dos valores da testemunha. Para FLL e FCO houve uma produção de BST com resposta crescente e positiva, associada a influência das crescentes doses de fertilização em relação à testemunha, divergindo dos trabalhos de Lang *et al.* (2011) onde o uso de FLL influenciou as variáveis H e DC, mas não influenciou o acúmulo de massa dos tecidos aéreo e radicular.

Para Almeida *et al.* (2005), a biomassa radicial proporciona melhor desempenho das plantas quando transferidas para o campo, por apresentarem maior capacidade de sustentação e maior área para absorção de água e nutrientes. O melhor resultado para BSR foi encontrado com as duas maiores doses de FLL (9 e 12 Kg.m⁻³), que obtiveram os melhores IQD. Resultados subsequentes, sem diferença estatística entre si, foram observados para FLL com 1,77 g.planta⁻¹ em dose de 6 Kg.m⁻³, e 1,76 e 1,81 g.planta⁻¹ em doses de 150 e 200 Kg.m⁻³ de FCO, respectivamente (Tabela 2). Apesar de exigir amostragens destrutivas que podem inviabilizar ou dificultar o processo prático em viveiros florestais, Binotto, Lúcio e Lopes (2010) afirmam que as biomassas secas são as variáveis com maiores relações com o índice de qualidade de Dickson (IQD).

Grossnickle e Macdonald (2018) fazem um apanhado histórico de quão relevante se tornaram os indicadores de qualidade de muda, sendo que os estudos iniciaram com coníferas e foram ampliados para as espécies nativas e processos de restauração. Índices mais simples podem ser suficientes para indicar a qualidade das mudas, a exemplo da relação altura e diâmetro do colo (H/DC) (HUNT, 1990; CARNEIRO, 1995), que exprime o equilíbrio de desenvolvimento das mudas, pois conjuga duas importantes características, e quanto menor for seu valor, melhor a qualidade da muda e, conseqüentemente, maior a capacidade de sobrevivência e estabelecimento no local de plantio definitivo (CARNEIRO, 1995). Outras abordagens úteis para descrever a qualidade de mudas, integram um conjunto mais amplo de parâmetros para sua composição, como o índice de qualidade de Dickson (DICKSON *et al.*, 1960) que considera a robustez e o equilíbrio da distribuição da biomassa, sendo um bom indicador do padrão de qualidade das mudas (FONSECA *et al.*, 2002).

Todos os tratamentos testados apresentaram resultados menores que 10 cm.mm⁻¹, compatíveis com a referência de H/DC proposta de Hunt (1990) e Carneiro (1995) para mudas de qualidade, entretanto, Gonçalves *et al.* (2000) sugerem uma relação entre 2 e 7 cm.mm⁻¹ para espécies nativas da Mata Atlântica. Os valores da relação H/DC obtidos neste estudo variaram entre 6,29 e 7,81 cm.mm⁻¹ (Tabela 2), compatíveis com 7,89 cm.mm⁻¹

sugerido por Tonetto (2018) em estudos com mudas de *A. sellowiana* produzidas em vasos de 180 cm³.

Os melhores índices de H/DC para *A. sellowiana* foram obtidos nas dosagens de 12 Kg.m⁻³ de FLL e 100 Kg.m⁻³ de FBO (6,29 e 6,81 cm.mm⁻¹, respectivamente) (Tabela 2) e não diferiram estatisticamente entre si. Para o FLL ficou evidenciado que plantas submetidas a máxima dose apresentaram melhor qualidade H/DC, divergindo dos resultados obtidos em mudas de *A. angustifolia* e *O. odorifera* produzidas com dosagens semelhantes de FLL (ROSSA *et al.*, 2011). Contudo, os dados obtidos para 100 Kg.m⁻³ de FBO são pouco intuitivos, pois as diferenças entre esses tratamentos são bastante acentuadas em todas as demais variáveis testadas. Por exemplo, no parâmetro H as mudas tratadas com 100 Kg.m⁻³ de FBO representam apenas, 29,34% da altura obtida em 12 Kg.m⁻³ de FLL, para o parâmetro diâmetro de colo o percentual foi ainda menor, de 27%. Portanto, é relevante considerar outros parâmetros para indicar se a muda está apta para a implantação em campo, visto que mesmo com bons índices H/DC as mudas fertilizadas com FBO não atingiram a altura e diâmetro mínimos recomendados por Tonetto (2018); Dias *et al.* (2006) e Gonçalves e Benedetti, (2000).

Outro índice de qualidade de mudas testado, o IQD, tem como valor mínimo sugerido 0,20 (HUNT, 1990; CARNEIRO, 1995). Os valores encontrados neste estudo variaram de 0,03 para a testemunha a 0,81 para dose máxima de FLL (Tabela 2). Marques *et al.* (2018) em trabalhos com mudas de *Eugenia uniflora* produzidas com resíduo orgânico de lodo de esgoto encontraram valores máximos de 0,72 para o IQD. Em trabalhos com mudas de teca produzidas em substrato fertilizado com cama de aves e esterco de codorna, Trazzi *et al.* (2013) encontraram IQD superiores a 1.

Os dados demonstram que com o aumento das doses dos fertilizantes FLL e FCO, os resultados do IQD foram crescentes, suficientes para obtenção de mudas de qualidade, chegando aos valores máximos de 0,71 e 0,81 sem diferença estatística entre si, para dose de 9 e 12 Kg.m⁻³ FLL, respectivamente (Tabela 2). Para FCO os melhores resultados foram 0,54 e 0,56, obtidos nas doses de 150 e 200 Kg.m⁻³ respectivamente, semelhante ao valor obtido com a dose de 6 Kg.m⁻³ de FLL e ao melhor IQD obtido por Rossa *et al.* (2015b) em mudas de *Anadenanthera peregrina* de 0,58.

Nenhuma das doses de FBO produziu mudas com valores desejáveis de IQD, sendo que não diferiram da testemunha. O melhor resultado obtido para este fertilizante foi de

0,12 na dose de 150 Kg.m⁻³. Isso demonstra que as mudas não são adequadas para implantação a campo, assim como indicado pelos valores obtidos para altura e diâmetro (TONETTO, 2018; NOGUEIRA; BRANCALION, 2016), contrário ao que indica o índice H/DC para as mudas produzidas com 100 Kg.m⁻³ de FBO. A divergência entre os resultados obtidos para os dois índices de qualidade de mudas confrontados com os dados de H e DC indicam que o IQD é mais adequado para a avaliação de mudas de *A. sellowiana*.

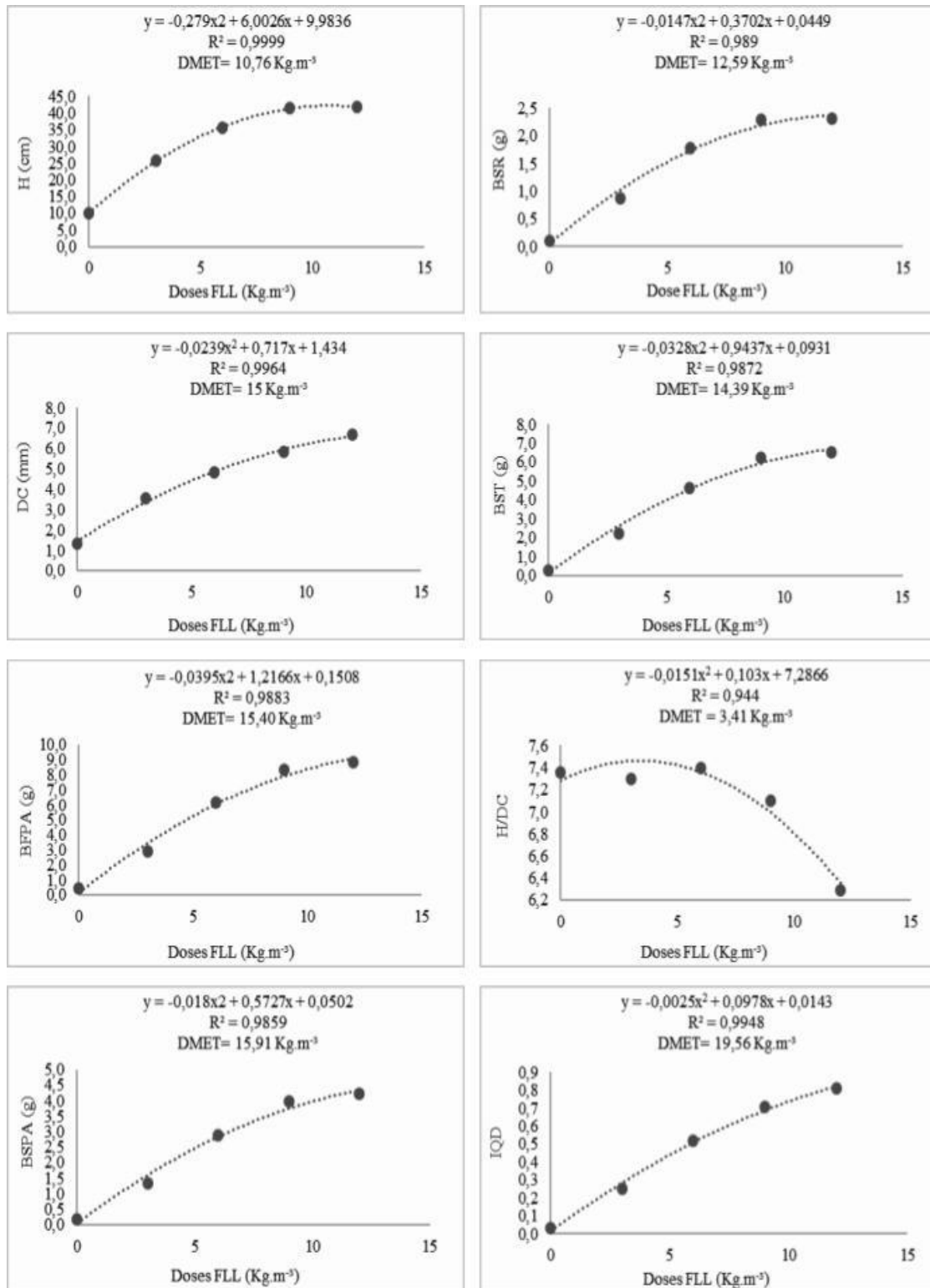
De maneira geral, maiores doses de FLL proporcionaram um aumento nos valores de todos os parâmetros biométricos e apontaram melhores padrões de qualidade de mudas, corroborando com dados de Rossa *et al.* (2011, 2013, 2015b) em estudos com espécies florestais nativas da Mata Atlântica e Gomes *et al.* (2020) em pesquisa com nespereira. Resultados semelhantes foram obtidos com dosagens crescentes de FCO em todos os parâmetros biométricos. Para ambas as tecnologias de fertilização as plantas que receberam maiores doses de fertilização obtiveram melhores resultados, com exceção do índice H/DC, possivelmente em decorrência das melhores condições nutricionais básicas de macronutrientes como os teores de nitrogênio e fósforo (Tabela 1).

Ao observar os dados de FBO, verificamos uma diferença entre os tratamentos que receberam a fertilização e a testemunha nos parâmetros H e DC. Os parâmetros BFPA, BSPA, BSR, BST e IQD não diferiram estatisticamente da testemunha. Vicente *et al.* (2020) apresentam o bokashi como um fertilizante concentrado em N, P e K, indicado para substituição dos fertilizantes químicos tradicionais, ainda que existam lacunas no conhecimento científico sobre este adubo orgânico. É possível que em maiores concentrações de nutrientes, as respostas de desenvolvimento sejam diferentes, dialogando com trabalhos de Marco *et al.* (2019) e Ramires *et al.* (2021), que mostram a importância da composição do material orgânico utilizado como fonte de nutrientes para a obtenção de resultados positivos na produção de mudas.

3.3.2 Análise das Doses de Máxima Eficiência Técnica (DMET) das diferentes tecnologias de fertilização para produção de mudas de *Acca sellowiana*

A Dose de Máxima Eficiência Técnica (DMET) para o FLL foi calculada para todos os parâmetros e índices de qualidade de mudas (Figura 1). A DMET determinada para o parâmetro H foi de 10,76 Kg.m⁻³, inferior à máxima dose testada (Figura 1). Essa dose é

semelhante às recomendadas em trabalhos com *Eucalyptus grandis* (ROSSA *et al.*, 2015a), com *Eriobotrya japonica* (GOMES *et al.*, 2020) e *Schinus terebinthifolius* (ROSSA *et al.*, 2015b). O cálculo da DMET para o parâmetro de DC demonstrou que 15 Kg.m⁻³ de FLL é eficaz para incremento do colo das plantas, sendo esta dose superior à máxima dose testada (Figura 1), bem como superior aos resultados médios deste parâmetro encontrados para espécies florestais nativas e exóticas (ROSSA *et al.*, 2013; 2015a; 2015b). A maior DMET calculada foi para o IQD, 19,56 Kg.m⁻³ (Figura 1), considerada uma dosagem alta que apesar de seus benefícios, pode representar um maior custo de produção (CUNHA *et al.*, 2021). Em trabalhos com *Schinus terebinthifolius*, Rossa *et al.* (2015b) também encontraram valores superiores da DMET para o IQD em relação ao DC, 14,42 e 8,38 Kg.m⁻³, respectivamente. O IQD pode ser utilizado como referência para cálculo de DMET, como indicado por Rosa *et al.* (2018), em testes com mudas de *Moringa oleifera*. Para *A. sellowiana* a DMET média calculada considerando todos os parâmetros biométricos e índices de qualidade de muda foi 13,38 Kg.m⁻³ de FLL. Por levar em consideração vários parâmetros este valor pode ser utilizado como referência para a produção de mudas dessa espécie.



Fonte: A Autora (2022)

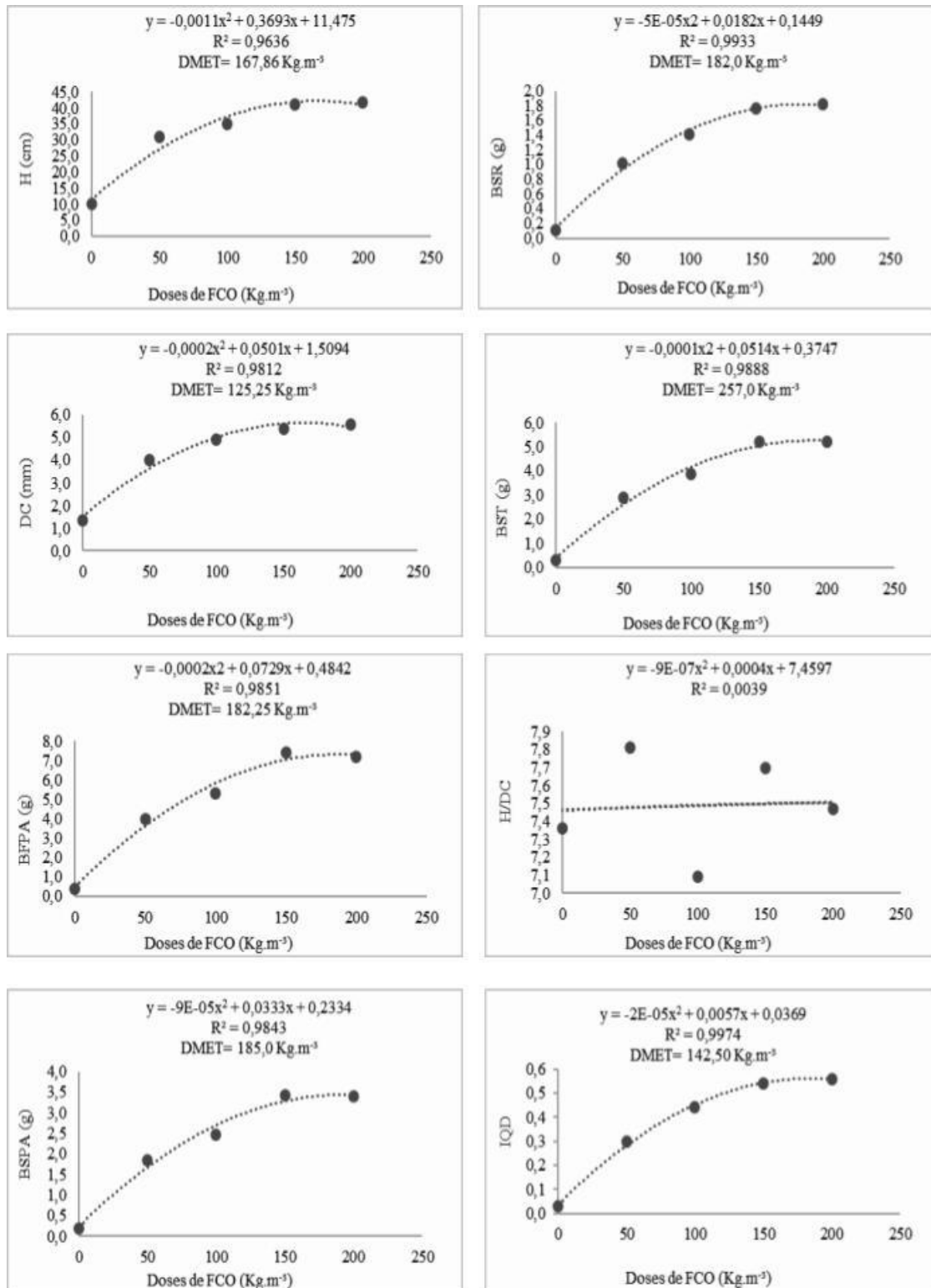
Figura 1. Curvas de regressão da altura da parte aérea (H), diâmetro do colo (DC), biomassa fresca da parte aérea (BFPA), biomassa seca parte aérea (BSPA), biomassa seca da raiz (BSR), biomassa seca total (BST), relação altura e diâmetro do colo (H/DC) e índice de qualidade de

Dickson (IQD) de mudas de *Acca sellowiana* com diferentes doses de fertilizante de liberação lenta (FLL).

Figure 1. Regression curves for aboveground height (H), collar diameter (DC), aboveground fresh mass (BFPA), aboveground dry mass (BSPA), root dry mass (BSR), total dry mass (BST), height and collar diameter ratio (H/DC) and Dickson quality index (DQI) of *Acca sellowiana* seedlings with different doses of slow release fertilizer (FLL).

Para o cálculo da DMET de FCO foi considerado todos os parâmetros e para os índices de qualidade de mudas, exceto para a relação H/DC (Figura 2). A DMET encontrada para H foi de 167,86 Kg.m⁻³, inferior à maior dose de fertilização testada. Para o DC o resultado foi de 125,25 Kg.m⁻³, já para o IQD foi de 192,86 Kg.m⁻³ de composto orgânico, próxima à máxima dosagem testada.

Considerando todos os parâmetros biométricos e índices de qualidade de mudas com $R^2 \geq 0,70$ foi de 177,41 Kg.m⁻³ (Figura 2), bastante inferior aos resultados encontrados por Trazzi *et al.* (2013) e Marco *et al.* (2019), que demonstraram que doses de 350 e 300 Kg.m⁻³ de cama de aves produziram maiores ganhos biométricos em mudas de *Tectona grandis* e *Toona ciliata*, respectivamente. Essa diferença nas recomendações de compostos orgânicos acontece, pois, esses fertilizantes são muito distintos em função dos ingredientes e processos de produção (RAMIRES *et al.*, 2021). Desta forma, os valores de DMET encontrados para FCO neste trabalho podem ser utilizados como referência, mas deve-se observar as propriedades e características do composto utilizado.



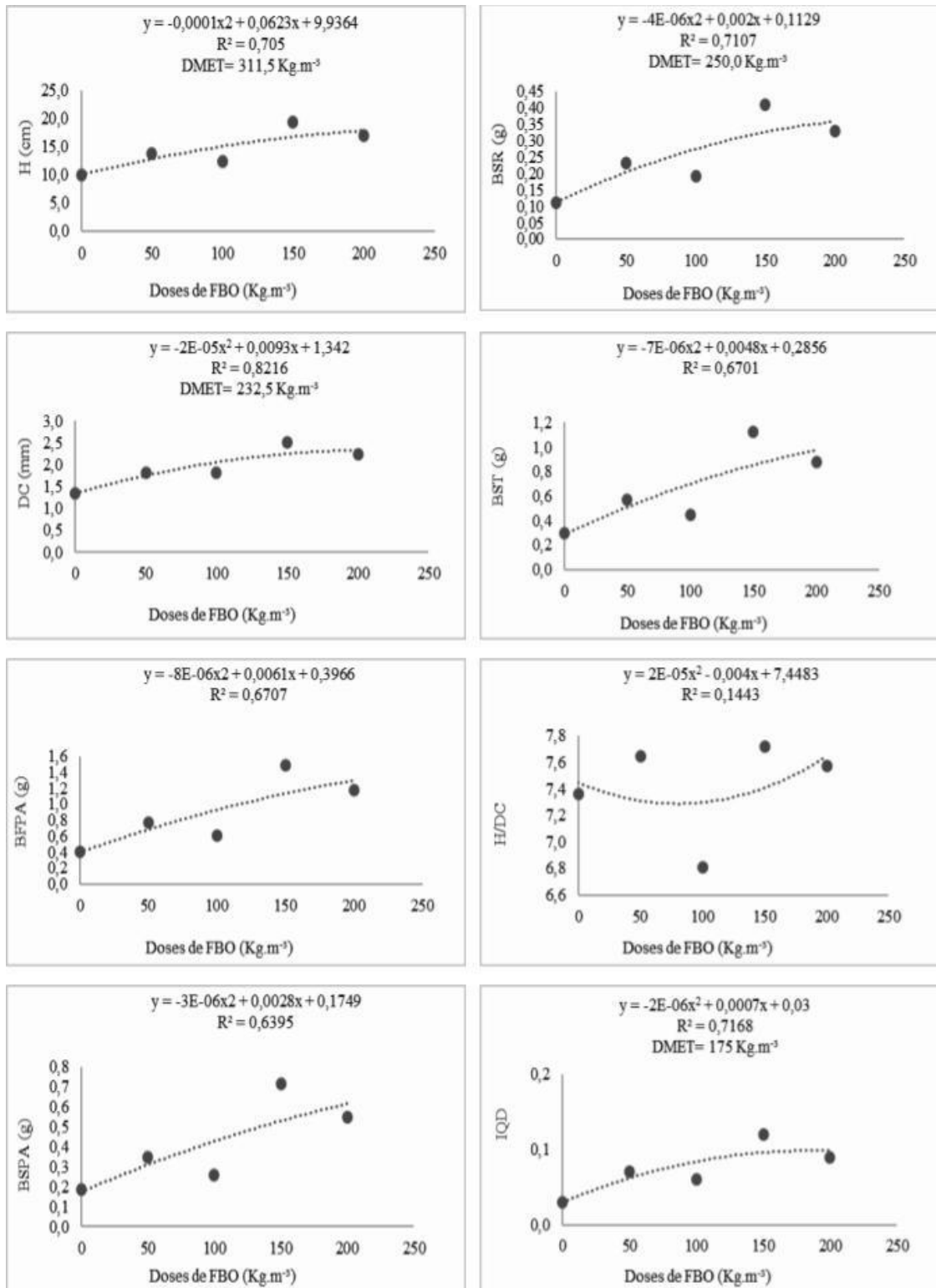
Fonte: A Autora (2022)

Figura 2. Curvas de regressão da altura da parte aérea (H), diâmetro do colo (DC), biomassa fresca da parte aérea (BFPA), biomassa seca parte aérea (BSPA), biomassa seca da raiz (BSR), biomassa seca total (BST), relação altura e diâmetro do colo (H/DC) e índice de qualidade de

Dickson (IQD) das mudas de *Acca sellowiana* fertilizadas com diferentes doses de composto orgânico (FCO).

Figure 2. Regression curves for aboveground height (H), collar diameter (DC), aboveground fresh mass (BFPA), aboveground dry mass (BSPA), root dry mass (BSR), total dry mass (BST), height and collar diameter ratio (H/DC) and Dickson quality index (DQI) of *Acca sellowiana* seedlings with different doses of organic compost (FCO).

A *Dose de Máxima Eficiência Técnica* (DMET) para o FBO foi calculada para os parâmetros H, DC, BSR e para o IQD (Figura 3).



Fonte: A Autora (2022)

Figura 3. Curvas de regressão da altura (H), diâmetro do colo (DC), biomassa fresca da parte aérea (BFPA), biomassa seca parte aérea (BSPA), biomassa seca da raiz (BSR), biomassa seca da total (BST), relação altura e diâmetro do colo (H/DC) e índice de qualidade de Dickson (IQD) das mudas de *Acca sellowiana* fertilizadas com diferentes doses de bokashi (FBO).

Figure 3. Regression curves for aboveground height (H), collar diameter (DC), aboveground fresh mass (BFPA), aboveground dry mass (BSPA), root dry mass (BSR), total dry mass (BST), height and collar diameter ratio (H/DC) and Dickson quality index (DQI) of *Acca sellowiana* seedlings with different doses of bokashi (FBO).

Constatou-se que a DMET para o parâmetro de H é de 311,5 Kg.m⁻³ e para o melhor desenvolvimento do DC 232,50 Kg.m⁻³, ambos os valores são superiores à máxima dose testada. Enquanto para o IQD a DMET de *bokashi* foi de 175 Kg.m⁻³, inferior à máxima dose testada. A DMET média encontrada para o FBO, considerando todos os parâmetros biométricos e índices de qualidade de mudas com $R^2 \geq 0,70$ foi de 242,25 Kg.m⁻³. Deve-se observar que as mudas produzidas com FBO não atingiram parâmetros e índices de qualidade mínimos para serem consideradas aptas para implantação a campo, portanto, o valor encontrado não deve ser tomado como referência. Ainda que o *bokashi* possa substituir fertilizantes tradicionais (VICENTE *et al.*, 2020), e seja adequado para a produção de mudas, deve-se observar a sua qualidade e composição.

3.4 Conclusão

As mudas de *A. sellowiana* respondem positivamente ao uso das tecnologias de fertilização estudadas.

O FLL e o FCO se mostraram adequados para a produção de mudas de *A. sellowiana*. O FLL apresentou as melhores respostas para os índices de qualidade de mudas e parâmetros biométricos, exceto para altura (H) onde o FCO apresentou resultados semelhantes.

As mudas produzidas com bokashi não responderam satisfatoriamente nas condições experimentais testadas.

Os resultados obtidos neste estudo indicam que, dentre os índices testados, o IQD é o mais adequado para avaliação da qualidade de mudas de *A. sellowiana*.

Considerando os diferentes usos potenciais e as tecnologias de fertilização, para produção de mudas de *Acca sellowiana* em vasos de 280 cm³, recomenda-se as dosagens médias de 13,38 Kg.m⁻³ de FLL, 177,41 Kg.m⁻³ de FCO.

4 TECNOLOGIAS DE FERTILIZAÇÃO DE SUBSTRATO PARA A PRODUÇÃO DE MUDAS DE JUÇARA (*Euterpe edulis* (Mart.))¹

SUBSTRATE FERTILIZATION TECHNOLOGIES FOR THE PRODUCTION OF JUÇARA SEEDLINGS
(*Euterpe edulis* (Mart.))

Resumo

O manejo sustentável de recursos florestais, a alta demanda por restauração ecológica e o potencial produtivo de *Euterpe edulis* fazem dela uma espécie chave para a conservação da Mata Atlântica. A produção de mudas de qualidade de espécies nativas se destaca dentre as estratégias de propagação. Diferentes produtos e processos estão surgindo e sendo incorporados aos substratos agrícolas utilizados por viveiristas florestais. Foram testadas três tecnologias de fertilização para a produção de mudas de *Euterpe edulis*: fertilizante de liberação lenta, composto orgânico agroindustrial e *bokashi* em quatro doses diferentes. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado com quatro repetições de treze tratamentos e nove plantas como unidade amostral, sendo avaliadas aos 270 dias. O desenvolvimento foi mensurado através das variáveis altura da parte aérea, diâmetro do colo, biomassa fresca da parte aérea, biomassa seca da parte aérea, biomassa seca da raiz, biomassa seca total. A partir destes foram calculados os índices de qualidade de mudas, relação altura e diâmetro do colo, índice de qualidade Dickson e a dose de máxima eficiência técnica. Observamos que mudas de *E. edulis* respondem positivamente ao uso do fertilizante de liberação lenta e ao uso de composto orgânico agroindustrial porém, não apresentaram resultados satisfatórios para o bokashi nas condições testadas. A dose de máxima eficiência técnica encontrada para o composto orgânico agroindustrial foi de 167,36 Kg.m⁻³. Para o fertilizante de liberação lenta uma dose de pelo menos 12 Kg.m⁻³ pode ser recomendada.

Palavras-chave: fertilizante de liberação lenta, composto orgânico, bokashi, qualidade de muda, juçara.

Abstract

The sustainable management of forest resources, the high demand for ecological restoration and the productive potential of *Euterpe edulis* make it a key species for the conservation of the Atlantic Forest. The production of quality seedlings of native species stands out among the propagation strategies. Different products and processes are emerging and being incorporated into the agricultural substrates used by forest nurseries. Three fertilization

¹ Proposta de submissão de artigo para Revista Floresta – UFPR: revistas.ufpr/floresta

technologies were tested for the production of *Euterpe edulis* seedlings: slow release fertilizer, agro-industrial organic compost and *bokashi* in four different doses. The design used was completely randomized with four replications of thirteen treatments and nine plants as a sample unit, being evaluated at 270 days. The development was measured through the variables shoot height, collar diameter, aboveground fresh biomass, aboveground dry biomass, root dry biomass, total dry biomass. From these, seedling quality indices, stem height and diameter ratio, Dickson quality index and maximum technical efficiency dose were calculated. We observed that *E. edulis* seedlings responded positively to the use of slow-release fertilizer and to the use of agro-industrial organic compost, however, they did not present satisfactory results for *bokashi* under the tested conditions. The maximum technical efficiency dose found for the agro-industrial organic compost was 167.36 Kg.m⁻³. For slow release fertilizer a dose of at least 12 Kg.m⁻³ can be recommended.

Keywords: Slow release fertilizer, organic compost, bokashi, quality of seedlings, juçara

4.1 Introdução

Pertencente à família botânica Arecaceae e conhecida popularmente como içara, palmito-doce, palmito-juçara, juçara, palmitero, ripeira (LORENZI *et al.*, 2004), a palmeira *Euterpe edulis* (Mart.) está presente na lista de espécies alimentícias da região sul, priorizadas dentre diversas arbóreas frutíferas no âmbito do projeto “Plantas para o futuro” (CORADIN; SIMINSKI; REIS, 2011). Além disso, a espécie é um importante recurso no ecossistema devido à abundância de frutos por até seis meses no ano, sendo fonte de alimento para uma grande diversidade de fauna, incluindo muitas espécies de pequenas aves e mamíferos (REIS, 1995).

Sua área de ocorrência vai do sul da Bahia e Minas Gerais até o Rio Grande do Sul na Mata Atlântica e em Goiás e Mato Grosso do Sul nas matas ciliares da bacia do rio Paraná estendendo-se a outros países como Argentina e Paraguai (LORENZI *et al.*, 2004). Mesmo com ampla distribuição, seu estado de conservação é considerado vulnerável (CNC Flora, 2021) devido ao intenso processo de exploração para obtenção do palmito, o que necessariamente mata os indivíduos adultos (REIS *et al.*, 2000). Para reverter essa situação é necessária uma estratégia ecológica e economicamente viável de incentivo à exploração racional do palmitero (FANTINI *et al.*, 1997).

O consumo *in natura* ou em conserva do palmito é a principal forma de uso da espécie (LORENZI *et al.*, 2004). No entanto, mais recentemente a produção de açaí a partir de frutos da palmeira-juçara passou a ganhar importância por representar um enorme

potencial para revitalizar a frágil economia dos sistemas produtivos de pequenos agricultores da região da floresta atlântica (CORADIN; SIMINSKI; REIS, 2011). O manejo sustentável de espécies florestais contribuirá para o sucesso dos esforços de conservação e os agricultores estão dispostos a participar se puderem obter renda dos recursos florestais que possuem (REIS *et al.*, 2000).

Mesmo com o aumento da produção local de açaí proveniente de áreas que circundam as habitações rurais, beira de estradas, sistemas agroflorestais em Santa Catarina, ainda é necessário aumentar as áreas de plantio existentes (CORADIN; SIMINSKI; REIS, 2011). Associado a isso, existe uma grande demanda para restauração ecológica, o governo brasileiro colocou como meta no Acordo de Paris a recuperação de 12 milhões de hectares de área de reserva legal no país.

Neste cenário a produção de mudas nativas de qualidade, inclusive de *E. edulis*, torna-se chave para atender as demandas futuras. Para tanto, diferentes tecnologias de fertilização para produção de mudas estão emergindo e sendo utilizadas em viveiros florestais do estado catarinense. As tecnologias para compor o substrato são bastante variadas, contemplando o uso de produtos de origem local (esterco, cama de aves/suínos/bovinos, casca de arroz carbonizada, cinza, resíduos orgânicos) e produtos com alta tecnologia industrial (fertilizantes de liberação lenta).

Dentre as tecnologias cabe ressaltar o uso de compostos orgânicos derivados de sistemas de produção agropecuária ou agroindustrial que apresentam grande potencialidade de uso como substratos alternativos na produção de mudas (SILVA *et al.*, 2014; SILVA *et al.*, 2015). Outros compostos orgânicos que incluem o uso de microrganismos e carboidratos para acelerar processos de fermentação também estão sendo difundidos. É o caso do composto *bokashi*, que foi adaptado por imigrantes japoneses por volta do ano 1980, considerando as condições e materiais disponíveis no Brasil (VICENTE *et al.*, 2020).

Outra tecnologia para produção de mudas empregada em viveiros catarinenses são os fertilizantes de liberação controlada, lenta ou gradual. O papel deste fertilizante é liberar nutrientes para o solo por um período maior que o fertilizante tradicional, de modo que a disponibilidade de nutrientes para absorção pelas plantas seja substancialmente prolongada (YAMAMOTO *et al.*, 2016). Apesar das formulações de adubos de liberação lenta serem compatíveis com a demanda para plantios florestais, as informações sobre a qualidade, manejo adequado nos plantios e o seu efeito no crescimento das plantas ainda são pouco

estudados (SILVA *et al.*, 2015), considerando a grande diversidade de espécies nativas produzidas.

O avanço no conhecimento sobre a propagação de uma espécie nativa com alto valor ecológico e econômico, através do uso de tecnologias de fertilização adequadas para produção de mudas de qualidade é indispensável para possibilitar a conservação e uso de recursos florestais da Mata Atlântica. Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o uso de diferentes tecnologias de fertilização para a produção de mudas de *Euterpe edulis* em viveiro florestal, submetidas a diferentes fertilizantes e doses.

4.2 Material e Métodos

O experimento foi realizado no período de julho de 2019 a abril de 2020, sendo conduzido no Horto Universitário do Centro Universitário para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí - UNIDAVI, localizado no município de Rio do Sul - SC, com coordenadas 27°15'24,15" S; 49°38'55,69" O, a 360 m.s.n.m. Segundo a classificação climática de Köeppen, a área está situada numa região de clima subtropical constantemente úmido, sem estação seca, com verão quente - Cfa. Temperatura média anual de 19,3 °C, com precipitação média anual de 1529 mm. O horto conta com uma estufa plástica agrícola e sistema de irrigação por aspersão.

Foram utilizadas três tecnologias de fertilização de substrato comercial (Maxfertil®) para avaliar a produção de mudas de *E. edulis*: fertilizante de liberação lenta (FLL) da marca comercial *Basacote*® - 9M; composto orgânico proveniente de resíduos agroindustriais (FCO); e *bokashi* (FBO). As características químicas e físicas estão apresentadas na Tabela 3.

TABELA 3: Análise química e física do substrato e dos três fertilizantes testados na produção de mudas de *Euterpe edulis*.

TABLE 3: Chemical and physical analysis of the substrate and the three tested fertilizers for the production of *Euterpe edulis* seedlings.

Substrato Maxfertil®		Basacote® (FLL)		Composto Orgânico (FCO)		Bokashi (FBO)	
pH (H ₂ O)	6	Diâmetro grânulos (mm)	2,5 a 3,5	pH (CaCl ₂ 0,01 mol/l)	6,40	pH	7,54
NPK (%)	0,6	N (%)	16	N (%)	2,37	N (%)	0,057
Fosfato natural (%)	0,5	P ₂ O ₅ [Sol. em CNA+H ₂ O] (%)	8	P ₂ O ₅ [Sol. em CNA+H ₂ O] (%)	1,93	P (mg l ⁻¹)	1143,15
Densidade (Kg/m ³)	310	K ₂ O (%)	12	K ₂ O sol. em H ₂ O (%)	0,79	MO (%)	3,93
Capacidade de retenção água (%)	195	S (%)	5	Relação C/N	15,33	C (%)	2,28
Condutividade elétrica (ms/cm)	0,4+/-0,30	B (%)	0,02	CO (%)	36,13		
Umidade (%)	50	Mo (%)	0,015	Umidade 65 °C (%)	19,5		
		MgO (%)	2	Mg (%)	10,64		
		Mn (%)	0,06	Mn (%)	0,05		
		Cu (%)	0,05	Cu (%)	0,06		
		Zn (%)	0,02	Zn (%)	0,10		
		Fe (%)	0,4	Fe (%)	0,87		
				Ca (%)	3,51		

A mistura dos fertilizantes utilizados ao substrato foi realizada em betoneira durante um minuto, garantindo a homogeneização dos fertilizantes ao substrato-base. Os vasos de polipropileno com volume de 280 cm³, foram preenchidos e submetidos a mesa compactadora por 10 segundos, objetivando a uniformidade volumétrica e densidade do ambiente de raiz.

Os propágulos foram adquiridos a partir do processamento de polpa de juçara, com frutos coletados de plantas localizadas no município de Presidente Getúlio - SC. A semeadura foi realizada em bandeja plástica com substrato comercial sem fertilização adicional. Com 30 dias após a emergência, as plântulas apresentavam as características médias: altura (H) de 1,69 cm; diâmetro de colo (DC) de 0,70 mm e biomassa seca total (BST) de 0,42 gramas. As plântulas foram repicadas nos vasos, contendo a mistura do substrato base e os fertilizantes testados, em seguida foram acomodadas em estufa em regime de 50% de sombra, conforme recomendado por Nodari *et al.* (1999).

O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado (DIC) com quatro repetições de treze tratamentos, tendo nove plantas como unidade experimental. Os tratamentos consistiram de uma testemunha sem fertilização e quatro doses de cada fertilizante testado, sendo 3, 6, 9 e 12 Kg.m⁻³ de FLL; e 50, 100, 150 e 200 Kg.m⁻³ de FCO e FBO.

Considerando que espécies de crescimento lento podem necessitar mais de 200 dias de desenvolvimento em viveiro (GARAY; FOLZ; DEL PIERO, 2013) ou no mínimo 4 a 6 meses para produção de mudas de *E. edulis* (NOGUEIRA; BRANCALION, 2016), aos 270 dias do transplante das plântulas procedeu-se a coleta de dados.

Coletaram-se dados biométricos de altura da parte aérea (H), diâmetro do colo (DC), biomassa fresca da parte aérea (BFPA), biomassa seca da parte aérea (BSPA), biomassa seca da raiz (BSR) e biomassa seca total (BST). A partir destes, foram calculados dois índices de qualidade de mudas: relação entre altura da parte aérea e diâmetro do colo (H/DC) e índice de qualidade de Dickson ($IQD = BST / (H/DC + BSPA/BSR)$) (DICKSON; LEAF; HOSNER, 1960).

A altura da parte aérea da muda (H) foi medida com régua do nível do solo até o ápice. O diâmetro do colo (DC) com auxílio de paquímetro digital a 0,5 cm do solo. Para determinação da BSR, as raízes foram destorroadas e lavadas sobre peneiras de 2 mm, para evitar possíveis perdas de radículas. Para determinação da BSPA e BSR os materiais foram acondicionados em sacos de papel pardo identificados e levados para estufa de circulação de ar à temperatura de 65 °C por, no mínimo 72 horas ou até atingir massa constante (PIAS *et al.*, 2013; CONEGLIAN *et al.*, 2016). A BFPA e as demais biomassas foram obtidas com uso de balança de precisão milesimal. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade e, posteriormente, submetidas à análise de regressão polinomial. Os coeficientes foram utilizados para calcular a dose de máxima eficiência técnica (DMET) dos fertilizantes para cada variável testada. Os valores de DMET calculados em regressões com $R^2 \geq 0,7$ foram utilizados para o cálculo de uma DMET média de cada fertilizante.

4.3 Resultados e Discussão

4.3.1 Análise dos parâmetros biométricos e de qualidade das mudas de *Euterpe edulis* com utilização de diferentes tecnologias de fertilização

A análise dos dados mostrou que o maior crescimento em altura da parte aérea (H) foi observado na dose de 12 Kg.m⁻³ do FLL, correspondendo a 15,18 cm (Tabela 4). O melhor resultado para o FCO foi obtido na dose de 150 Kg.m⁻³, com 12,15 cm de altura média. O FBO

apresentou resultados semelhantes à testemunha. No quadro geral, as dosagens utilizadas não permitiram que mudas de *Euterpe edulis* atingissem valores mínimos de altura, entre 20 e 35 centímetros, recomendados para espécies nativas (DIAS *et al.*, 2006; GONÇALVES; BENEDETTI, 2000) ou 30 a 40 cm proposto como padrão de comercialização de *E. edulis* por Silva *et al.* (2015). Porém, os melhores resultados de FLL e FCO, se aproximaram da altura mínima de 15 cm proposta por Nogueira e Brancalion (2016) para a palmeira-juçara. Molina e Botrel (2009) avaliando o desenvolvimento inicial desta espécie em diferentes substratos, observaram alturas máximas semelhantes aos sete meses de pós emergência com 12,4 cm.

TABELA 4: Valores médios dos parâmetros biométricos e índices de qualidade de muda para todos os tratamentos nas mudas de *Euterpe edulis*.

TABLE 4: Mean values of biometric parameters and seedling quality indices for all treatments in *Euterpe edulis*.

Doses (Kg.m ⁻³)	Parâmetros Biométricos						Índices de Qualidade		
	H (cm)	DC (mm)	BFPA (g)	BSPA (g)	BSR (g)	BST (g)	H/DC	IQD	
TES	0	4,78 f	3,52 e	1,14 f	0,32 f	0,25 d	0,55 f	1,37 c	0,21 d
	3	7,88 e	4,60 d	2,65 e	0,73 e	0,38 d	1,13 e	1,71 b	0,31 d
FLL	6	10,75 d	5,49 c	4,24d	1,28 d	0,58 c	1,85 d	1,96 a	0,45 c
	9	13,18 b	6,95 b	6,32 b	1,95 b	0,71 b	2,68 b	1,90 a	0,57 b
	12	15,18 a	8,02 a	9,13 a	2,95 a	1,15 a	4,10 a	1,90 a	0,93 a
FCO	50	7,65 e	4,56 d	2,31e	0,89 e	0,35 d	1,23 e	1,68 b	0,29 d
	100	10,53 d	5,83 c	3,39 e	0,99 e	0,42 c	1,43 e	1,81 b	0,34 c
	150	12,15 c	6,24 c	5,27 c	1,56 c	0,57 c	2,13 c	1,95 a	0,45 c
	200	10,53 d	5,92 c	4,27 d	1,27 d	0,50 c	1,76 d	1,78 b	0,40 c
FBO	50	4,90 f	3,59 e	1,18 f	0,31 f	0,19 d	0,48 f	1,37 c	0,16 d
	100	4,70 f	3,23 e	1,08 f	0,31 f	0,24 d	0,58 f	1,47 c	0,21 d
	150	5,23 f	3,64 e	1,39 f	0,40 f	0,28 d	0,68 f	1,45 c	0,24 d
	200	4,95 f	3,58 e	1,29 f	0,37 f	0,25 d	0,63 f	1,41 c	0,22 d
CV (%)	8,25	8,17	20,09	23,26	25,17	22,41	6,93	24,95	

Em que: H = altura da parte aérea; DC = diâmetro do colo; BFPA = biomassa fresca da parte aérea; BSPA = biomassa seca da parte aérea; BSR = biomassa seca da raiz; BST = biomassa seca total; H/DC = relação altura e diâmetro do colo; IQD = índice de qualidade de Dickson. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

A espécie é preferencialmente esciófita em estágios iniciais (CARVALHO, 1994) e o nível de irradiância parece ser o principal fator limitante do crescimento de plantas jovens

em ambiente sombreado Illenseer e Paulilo (2002). Portanto, a altura pode não ser o fator determinante a ser considerado para o estabelecimento e desenvolvimento inicial. Mudanças de maior altura não são exatamente as melhores em termos de sobrevivência em campo, especialmente quando estas estão estioladas (REIS *et al.*, 2016), podendo apresentar menores índices de qualidade de muda (FONSECA *et al.*, 2002). Binotto, Lúcio e Lopes (2010) reforçam que esse parâmetro apresenta menor relação com o IQD que outras variáveis simples. Considerando essas limitações do parâmetro altura, Dias *et al.* (2006) sugerem a observação de outros critérios como a rusticidade, sinais de amadurecimento do colo, textura rígida, principalmente nas mudas mais altas.

O diâmetro do colo é apontado como um dos parâmetros que expressam o melhor desempenho das mudas em vasos de 280 cm³, correspondendo ao melhor desenvolvimento posterior no campo (GASPARIN *et al.*, 2014). Este parâmetro é considerado o melhor indicador prático para estimar os valores de IQD em mudas de espécies florestais da Floresta Atlântica (AVELINO *et al.*, 2021). Portanto, considerando a facilidade na obtenção de dados, o DC pode ser um parâmetro mais adequado para indicar a qualidade da muda e auxiliar na tomada de decisão em projetos de conservação e uso de espécies florestais sem exigir amostragens destrutivas. De modo geral, é esperado que mudas de palmeiras apresentem maiores incrementos no desenvolvimento em diâmetro, do que em altura (SILVA *et al.*, 2015).

Em pesquisa com *E. edulis* testando doses de fósforo, Lima, Franco e Schumacher (2008) obtiveram mudas com diâmetro de colo médio de 7,9 mm aos 12 meses de cultivo. No presente estudo o maior DC foi obtido com a dose máxima de FLL (12 Kg.m⁻³) com 8,02 mm, seguido da dose de 9 Kg.m⁻³ de FLL com 6,95 mm. Foram obtidos na dose de 6 Kg.m⁻³ de FLL 5,49 mm e nas doses 100, 150 e 200 Kg.m⁻³ FCO e 5,83 mm, 6,24 mm e 5,92 mm de DC, respectivamente, sem diferença entre si (Tabela 4). Esses resultados atendem às recomendações de Gonçalves e Benedetti (2000) que sugerem DC entre 5 e 10 mm para que mudas nativas sejam conduzidas a campo e Silva *et al.* (2015) que indica 5 mm como padrão para comercialização de *E. edulis*.

Para o FBO, os resultados tiveram respostas semelhantes à testemunha com diâmetro médio de 3,5 mm, que apesar de atender as recomendações de diâmetro de colo maior que 2 mm para palmito-juçara com seis meses de cultivo (NOGUEIRA; BRANCALION,

2016) apresentou valores pouco expressivos para outros parâmetros, de maneira que essas mudas não podem ser consideradas aptas para comercialização ou plantio a campo.

Os maiores valores de biomassa (BST) foram obtidos na dose de 12 Kg.m⁻³ com resultado de 4,10 g.planta⁻¹, seguido 2,68 g.planta⁻¹ na dose de 9 Kg.m⁻³ de FLL. O maior valor para o FCO foi 2,13 g.planta⁻¹ na dose de 150 Kg.m⁻³. Esses valores são superiores aos encontrados em mudas de *E. edulis* com 150 dias (SILVA *et al.*, 2015) e com 207 dias. O FBO apresentou dados de biomassa que não diferiram dos valores da testemunha, sendo o maior valor 0,68 g.planta⁻¹.

O FCO produziu valores de BST crescentes até a dose de 150 Kg.m⁻³ e apresentou decréscimo com 200 Kg.m⁻³. Para o FLL houve uma produção de BST com resposta crescente e positiva, associada a influência do aumento das doses, divergindo dos trabalhos de Lang *et al.* (2011) onde o uso de FLL não influenciou o acúmulo de massa dos tecidos aéreo e radicular de *Tabebuia avellanedae* e *Anadenanthera colubrina*.

Para Almeida *et al.* (2005) a biomassa radicial proporciona melhor desempenho das plantas quando transferidas para o campo, por apresentarem maior capacidade de sustentação e maior área para absorção de água e nutrientes. O melhor resultado para BSR foi encontrado na dose 12 Kg.m⁻³ FLL, com 1,15 g.planta⁻¹, seguido de 0,71 g.planta⁻¹ na dose de 9 Kg.m⁻³. As doses de 6 Kg.m⁻³ de FLL e 100, 150 e 200 Kg.m⁻³ de FCO, não diferiram entre si e apresentaram os valores de 0,58; 0,42; 0,57 e 0,50 g.planta⁻¹, respectivamente (Tabela 4). Portanto, os melhores resultados para BSR em *Euterpe edulis* se apresentam como resposta a maiores doses de FLL.

Além de representarem o desenvolvimento das mudas, os parâmetros biométricos também podem ser utilizados para calcular índices que representam a qualidade das mudas de forma geral. Dentre esses índices destacam-se a relação da altura com o diâmetro do colo (H/DC) e o índice de qualidade de Dickson (IQD). Os valores da relação H/DC obtidos neste estudo variaram entre 1,37 e 1,96 cm.mm⁻¹ (Tabela 4). Valores inferiores a 2,9 cm.mm⁻¹, encontrado por Silva *et al.* (2015) em mudas de juçara com cinco meses. Ainda assim, todos os tratamentos testados atenderam às recomendações de Hunt (1990) e Carneiro (1995) com valores menores que 10 cm.mm⁻¹ para mudas de qualidade. Porém, não atenderam aos critérios estabelecidos por Gonçalves e Benedetti (2000) que sugerem índices entre 2 e 7 cm.mm⁻¹, para espécies nativas da Mata Atlântica, já neste trabalho os maiores valores de H/DC obtidos foram com as doses de 6, 9 e 12 Kg.m⁻³ de FLL e 150 Kg.m⁻³ de FCO, com

valores de 1,96; 1,90; 1,90; e 1,95 cm.mm^{-1} , respectivamente e não diferiram estatisticamente entre si (Tabela 4). É importante observar que, em geral, são esperados valores mais baixos para a relação H/DC em espécies de palmeiras por apresentarem menores incrementos em altura do que em diâmetro do colo (SILVA *et al.*, 2015).

O IQD é considerado um índice mais robusto por considerar valores de biomassa além da altura e diâmetro do colo e tem como valor mínimo sugerido 0,20 (HUNT, 1990; CARNEIRO, 1995). Os valores encontrados neste estudo variaram de 0,16 para dose mínima de FBO a 0,93 para dose máxima de FLL (Tabela 4). Para dose de 9 Kg.m^{-3} FLL foi obtido IQD de 0,57. Os resultados de IQD para doses de 100, 150 e 200 Kg.m^{-3} de FCO não diferiram da dose de 6 Kg.m^{-3} de FLL, sendo 0,34; 0,45; 0,40 e 0,45, respectivamente. Valores semelhantes foram encontrados por Silva *et al.* (2015) em trabalhos com mudas de juçara de 150 dias produzidas com composto agroindustrial e lodo de esgoto, que encontraram um máximo de 0,4 para o IQD. Valores de IQD maiores foram encontrados para outras espécies do gênero *Euterpe*. Araújo *et al.* (2019) em trabalhos com mudas de *Euterpe oleraceae* com 240 dias encontraram valores máximos de 3,92, e Almeida *et al.* (2018) em trabalhos com mudas de 360 dias de *Euterpe precatoria* encontraram valores máximos de 2,33 para o IQD. Isso confirma o proposto por Almeida *et al.* (2018) que sugerem que os valores de IQD são muito variáveis de acordo com as espécies do gênero *Euterpe* e condições de cultivo.

Dentre os fertilizantes testados o FLL apresentou os melhores índices de qualidade de muda, o FCO produziu mudas com qualidade satisfatória e o FBO não diferiu da testemunha, mas ainda assim produziu mudas com valores médios de 0,21 para IQD, acima de 0,20 recomendado por Hunt (1990) e Carneiro (1995). Considerando que a biomassa é a variável mais relacionada ao IQD (BINOTTO; LÚCIO; LOPES, 2010), as médias encontradas para a testemunha e para o FBO podem não ser derivadas da fertilização e sim das reservas energéticas presentes nas sementes, indicando que valores de IQD de 0,20 não necessariamente indicam mudas de qualidade ou aptas para implantação a campo para *Euterpe edulis*.

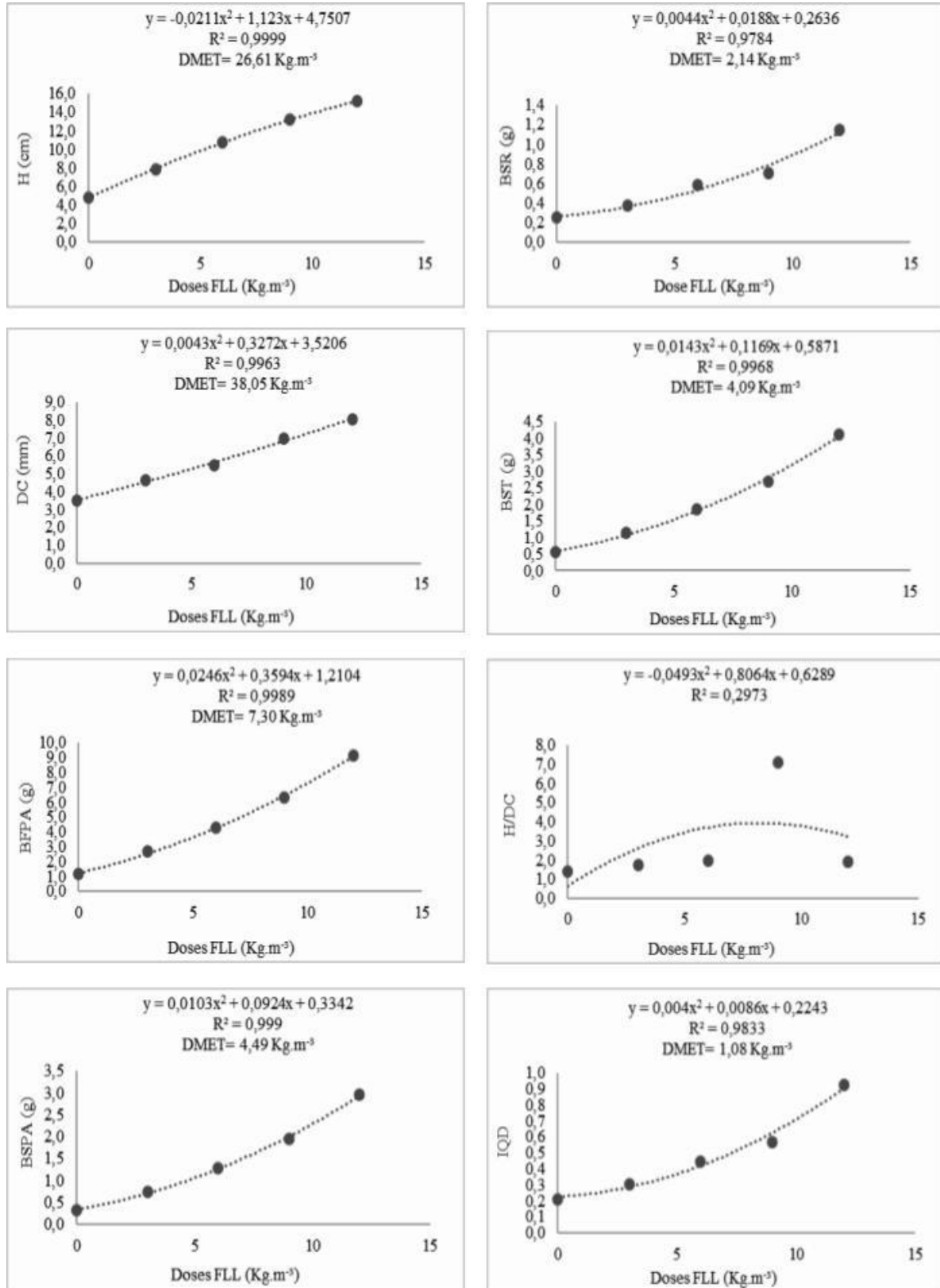
De maneira geral, maiores doses de FLL proporcionaram um aumento nos valores de todos os parâmetros biométricos e apontaram melhores padrões de qualidade de mudas, corroborando com dados de Rossa *et al.* (2011, 2013, 2015b) em estudos com espécies florestais nativas da Mata Atlântica. Nas condições testadas, o FCO apresentou resultados crescentes em todos os parâmetros e índices de qualidade até a dose de 150 Kg.m^{-3} ,

produzindo mudas de qualidade satisfatória, porém inferiores às produzidas com FLL. O FBO não diferiu da testemunha em nenhum dos parâmetros e índices medidos, produzindo mudas que não podem ser consideradas adequadas para o plantio a campo. No entanto cabe ressaltar que compostos do tipo bokashi são muito variados e ainda existem lacunas no conhecimento científico sobre este adubo (VICENTE *et al.*, 2020). A composição do material orgânico utilizado na elaboração do composto é importante para obtenção de resultados positivos na produção de mudas (RAMIRES *et al.*, 2021).

4.3.2 Análise das Doses de Máxima Eficiência Técnica (DMET) das diferentes tecnologias de fertilização para produção de mudas de *Euterpe edulis*

A Dose de Máxima Eficiência Técnica (DMET) para o FLL foi calculada para todos os parâmetros e índices de qualidade de mudas, exceto para o H/DC (Figura 4). A DMET determinada para o parâmetro H foi de 26,61 Kg.m⁻³ e 38,05 Kg.m⁻³ para DC, ambas muito superiores à máxima dose testada (Figura 4) e aos resultados médios encontrados para espécies florestais nativas e exóticas (ROSSA *et al.* 2011, 2013, 2015a, 2015b; GOMES *et al.*, 2020). A dosagem adequada para o desenvolvimento de *Euterpe oleracea* e *Euterpe precatoria* é semelhante, 8 Kg.m⁻³ (ARAÚJO *et al.*, 2019; ALMEIDA *et al.*, 2018), valor muito inferior aos encontrados para *Euterpe edulis*.

As linhas de tendência obtidas com $R^2 \geq 0,70$ apresentam projeção de crescimento dentro e acima das doses testadas, não atingindo um ponto máximo (Figura 4), portanto as mudas provavelmente ainda apresentariam respostas positivas se submetidas a maiores doses de FLL. Desta forma, não foi possível inferir um valor de DMET para esse fertilizante. Contudo, com base nos parâmetros biométricos e índices de qualidade encontrados, uma dose de, pelo menos, 12 Kg.m⁻³ de FLL é adequada para a produção de mudas de *Euterpe edulis*.



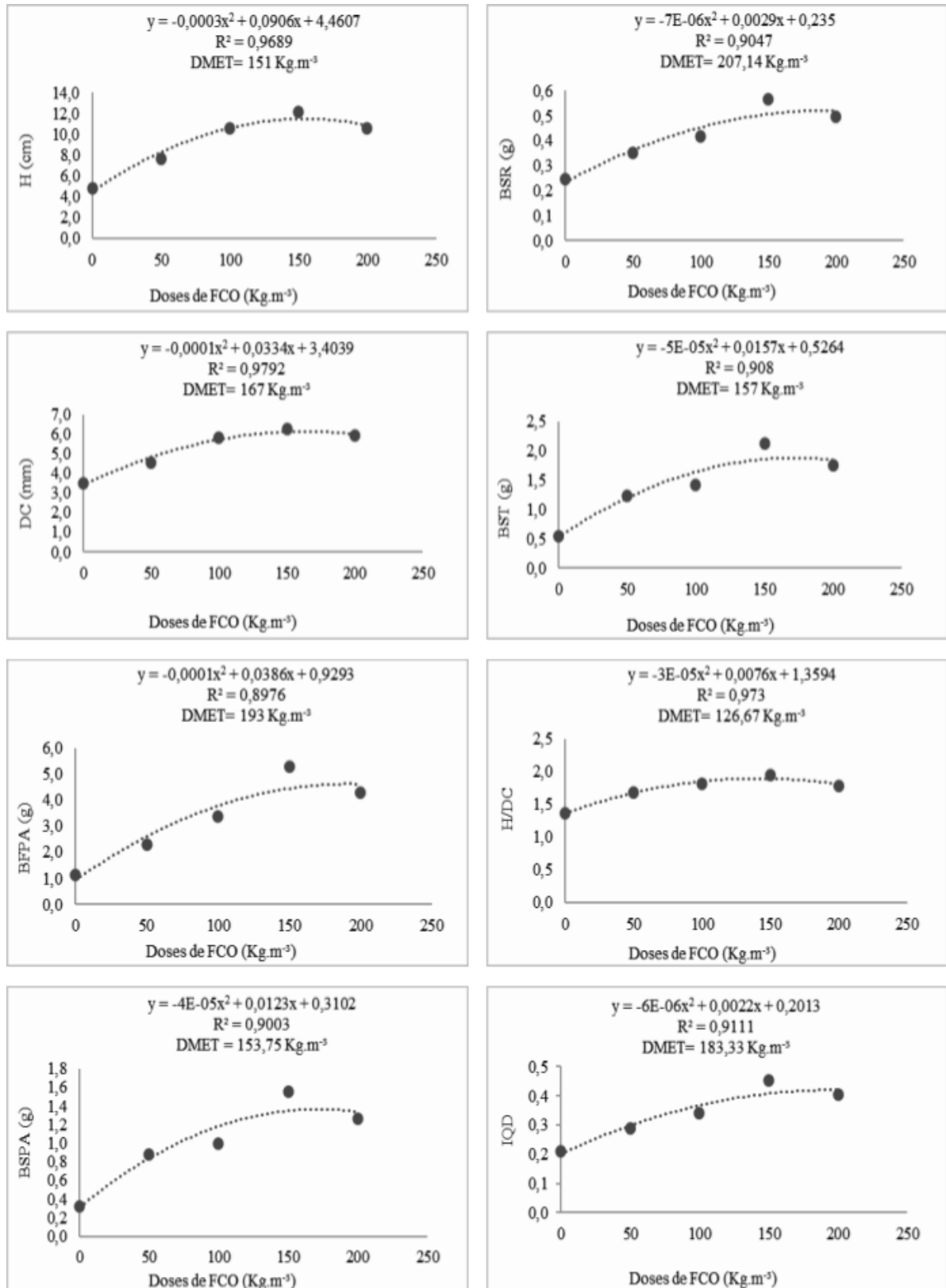
Fonte: A Autora (2022)

Figura 4. Curvas de regressão da altura da parte aérea (H), diâmetro do colo (DC), biomassa fresca da parte aérea (BFPA), biomassa seca parte aérea (BSPA), biomassa seca da raiz (BSR), biomassa seca total (BST), relação altura e diâmetro do colo (H/DC) e índice de qualidade de

Dickson (IQD) de mudas de *Euterpe edulis* com diferentes doses de fertilizante de liberação lenta (FLL).

Figure 4. Regression curves for aboveground height (H), collar diameter (DC), aboveground fresh mass (BFPA), aboveground dry mass (BSPA), root dry mass (BSR), total dry mass (BST), height and collar diameter ratio (H/DC) and Dickson quality index (DQI) of *Euterpe edulis* seedlings with different doses of slow release fertilizer (FLL).

A *Dose de Máxima Eficiência Técnica* (DMET) para o FCO foi calculada para todos os parâmetros e para os índices de qualidade de mudas (Figura 5). A DMET encontrada para H foi de 151 Kg.m⁻³, inferior à maior dose de fertilização testada (Figura 4). Para o DC o resultado foi de 167 Kg.m⁻³. A DMET calculada para o IQD foi de 183,33 Kg.m⁻³, próxima à máxima dosagem testada (Figura 5). A maior DMET observada foi calculada para o parâmetro BSR com 207 Kg.m⁻³. A DMET média encontrada para o FCO, considerando todos os parâmetros biométricos e índices de qualidade de mudas foi de 167,36 Kg.m⁻³. Este valor é recomendado para produção de mudas de qualidade de *Euterpe edulis* e corrobora os dados de Oliveira e Viani (2020) que obtiveram respostas positivas para doses de 120 e 250 Kg.m⁻³ de lodo de esgoto compostado no substrato. Outras espécies apresentam maiores demandas de composto de cama de aves para produção de mudas, como é o caso de *Tectona grandis* e *Toona ciliata* que apresentam DMET de 350 e 300 Kg.m⁻³, respectivamente (TRAZZI *et al.*, 2013; MARCO *et al.*, 2019), doses ainda maiores são recomendadas para produção de mudas de eucalipto, de até 500 Kg.m⁻³ de composto orgânico de resíduo agroindustrial (SILVA *et al.*, 2015).



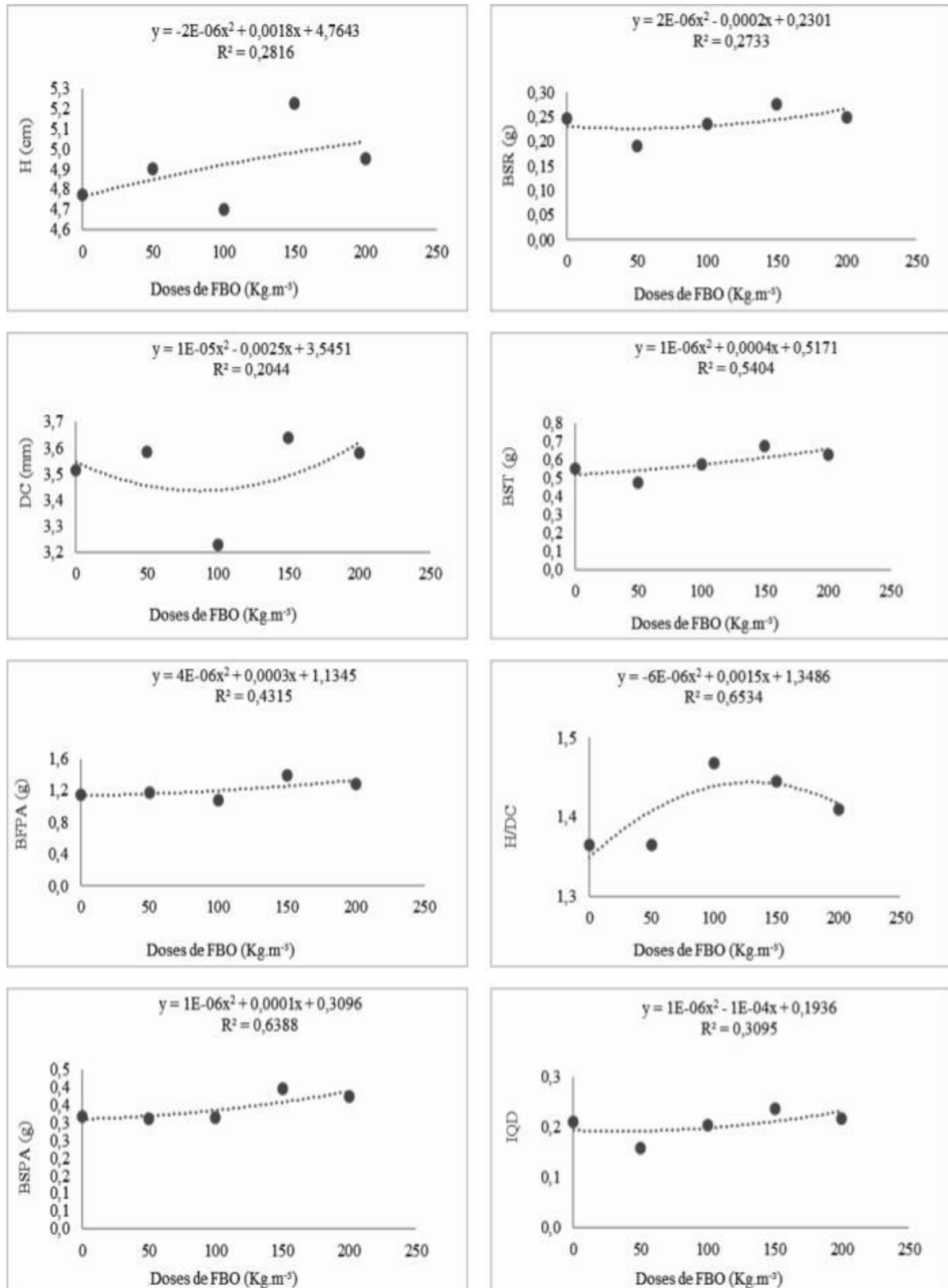
Fonte: A Autora (2022)

Figura 5. Dados da regressão da altura da parte aérea (H), diâmetro do colo (DC), biomassa fresca da parte aérea (BFPA), biomassa seca parte aérea (BSPA), biomassa seca da raiz (BSR), biomassa seca total (BST), relação altura e diâmetro do colo (H/DC) e índice de qualidade de

Dickson (IQD) das mudas de *Euterpe edulis* fertilizadas com diferentes doses de composto orgânico (FCO).

Figure 5. Regression curves for aboveground height (H), collar diameter (DC), aboveground fresh mass (BFPA), aboveground dry mass (BSPA), root dry mass (BSR), total dry mass (BST), height and collar diameter ratio (H/DC) and Dickson quality index (DQI) of *Euterpe edulis* seedlings with different doses of organic compost (FCO).

Não foi possível calcular a *Dose de Máxima Eficiência Técnica* (DMET) para o FBO considerando que em todos os parâmetros biométricos e índices de qualidade de mudas resultaram em curvas com R^2 menor que 0,70 (Figura 6). Deve-se observar que as mudas produzidas com FBO não atingiram parâmetros e índices de qualidade mínimos para serem consideradas aptas para implantação a campo. Ainda que o *bokashi* possa substituir fertilizantes tradicionais (VICENTE *et al.*, 2020), e possa ser adequado para a produção de mudas, deve-se observar a sua qualidade e composição (RAMIRES *et al.*, 2021). Cabe ressaltar que, no presente estudo os valores de macronutrientes obtidos para o FBO (Tabela 1) ficaram muito abaixo dos obtidos nos demais fertilizantes testados.



Fonte: A Autora (2022)

Figura 6. Dados da regressão da altura (H), diâmetro do colo (DC), biomassa fresca da parte aérea (BFPA), biomassa seca parte aérea (BSPA), biomassa seca da raiz (BSR), biomassa seca

total (BST), relação altura e diâmetro do colo (H/DC) e índice de qualidade de Dickson (IQD) das mudas de *Euterpe edulis* fertilizadas com diferentes doses de bokashi (FBO).

Figure 6. Regression curves for aboveground height (H), collar diameter (DC), aboveground fresh mass (BFPA), aboveground dry mass (BSPA), root dry mass (BSR), total dry mass (BST), height and collar diameter ratio (H/DC) and Dickson quality index (DQI) of *Euterpe edulis* seedlings with different doses of bokashi (FBO).

4.4 Conclusão

As mudas de *Euterpe edulis* responderam positivamente ao uso das tecnologias FLL e FCO, com resultados adequados para a produção de mudas de *E. edulis* com bons índices de qualidade.

O FLL apresentou as melhores respostas para os índices de qualidade de mudas e parâmetros biométricos. As mudas produzidas com bokashi não responderam satisfatoriamente nas condições experimentais testadas.

Considerando os diferentes usos potenciais e as tecnologias de fertilização, para produção de mudas de *Euterpe edulis* em vasos de 280 cm³, recomenda-se as dosagens de 167,36 Kg.m⁻³ de FCO e de pelo menos 12 Kg.m⁻³ de FLL.

As recomendações deste trabalho podem auxiliar viveiristas florestais na tomada de decisão com relação às tecnologias de fertilização, seus limites e potenciais de uso na produção de mudas de *Euterpe edulis* com características desejáveis.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A transformação de ecossistemas naturais complexos em agroecossistemas simplificados está intensamente relacionada com a redução da biodiversidade de maneira acelerada. Por isso, aproximar as gigantescas demandas de restauração de biomas e a diversificação de agroecossistemas parece um desafio estratégico para conservação de espécies. A partir do estabelecimento de referências qualitativas e quantitativas para produção de mudas de qualidade de *Acca sellowiana* e *Euterpe edulis*, duas espécies de relevância ecológica e econômica da Mata Atlântica, é esperado uma pequena contribuição que vem ao encontro deste desafio.

As implicações esperadas para esta pesquisa incluem o estabelecimento de melhores referências para a produção de mudas nativas com qualidade para a implantação em campo e a validação de métodos baratos e eficientes para a obtenção de informações úteis para a tomada de decisão sobre a qualidade das mudas para uso em sistemas produtivos ou processos de restauração florestal.

Espera-se que este trabalho possa colaborar para o uso adequado de tecnologias de fertilização que buscam mitigar os impactos causados pelo uso indiscriminado de adubos solúveis e pela destinação incorreta de resíduos orgânicos e minerais. Além disso, que possa estimular o uso de recursos genéticos vegetais nativos, permitindo o diálogo entre os objetivos da restauração florestal e os sistemas de produção mais diversificados.

6 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L. S. de; MAIA, N. da; ORTEGA, A. R.; ANGELO, A. C. Crescimento de mudas de *Jacaranda puberula* Cham. em viveiro submetidas a diferentes níveis de luminosidade. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 15, n. 3, p. 323-329, 2005.

ALMEIDA, U. O. de; NETO, R. de C. A.; LUNZ, A. M. P.; NOGUEIRA, S. R.; COSTA, D. A. da; ARAÚJO, J. M. de. Environment and slow-release fertilizer in the production of *Euterpe precatoria* seedlings. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 48, n. 4, p. 382–389, 2018.

AMARANTE, C. V. T. do; SANTOS, K. L. dos. Goiabeira-serrana (*Acca sellowiana*). **Revista brasileira de fruticultura**, [s.l.], v. 33, n. 1, p. 001–334, 2011.

ARAÚJO, C. S. de; LUNZ, A. M. P.; SANTOS DOS, V. B.; NETO, R. de C. A.; NOGUEIRA, S. R.; SANTOS, R. S. dos. Use of agro-industry residues as substrate for the production of *Euterpe precatoria* seedlings. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 50, 2020.

ARAÚJO, J. M. de; NETO, R. de C. A.; OLIVEIRA, J. R.; LUNZ, A. M. P.; ALMEIDA, U. O. de. Shading and slow release fertilizer effects on the growth characteristics of Assai seedlings (*Euterpe oleracea*). **Floresta e Ambiente**, [s.l.], v. 26, n. 3, 2019.

AVELINO, N. R.; SCHILING, A. C.; DALMOLIN, Â. C.; SANTOS, M. S. dos; MIELKE, M. S. Alocação de biomassa e indicadores de crescimento para a avaliação da qualidade de mudas de espécies florestais nativas. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 31, n. 4, p. 1733–1750, 2021.

BASTIN, J. F.; FINEGOLD, Y.; GARCIA, C.; MOLLICONE, D.; REZENDE, M.; ROUTH, D.; ZOHNER, C. M.; CROWTHER, T. W. The global tree restoration potential. **Science**, v. 365, p. 76–79, 2019.

BEECH, E.; RIVERS, M.; OLDFIELD, S.; SMITH, P. P. GlobalTreeSearch: The first complete global database of tree species and country distributions. **Journal of Sustainable Forestry**, v. 36, n. 5, p. 454–489, 2017.

BINOTTO, A. F.; LÚCIO, A. D. C.; LOPES, S. J. Correlations between growth variables and the Dickson quality index in forest seedlings. **Cerne**, Lavras, v. 16, n. 4, p. 457–464, 2010.

BOECHAT, C. L.; SANTOS, J. A. G.; ACCIOLY, A. M. de A. Mineralização líquida de nitrogênio e mudanças químicas no solo com a aplicação de resíduos orgânicos com “Composto Fermentado Bokashi.” **Acta Scientiarum - Agronomy**, Maringá, v. 35, n. 2, p. 257–264, 2013.

BOLOGNA, M.; AQUINO, G. Deforestation and world population sustainability: a quantitative analysis. **Scientific Reports**, v. 10, n. 1, 2020.

BRANCALION, P. H. S.; GANDOLL, S.; RODRIGUES, R. R. **Restauração Florestal**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

CABREIRA, G. V.; LELES, P. S. D. S.; ALONSO, J. M.; ABREU, A. H. M. de; ARTHUR, J. C.; GUSMÃO, A. V. V.; LOPES, N. F. Fertilization and containers in the seedlings production and post-planting survival of schizolobium parahyba. **Ciência Florestal**, v. 29, n. 4, p. 1644–1657, 2019.

CARNEIRO, J. G. de A. **Produção e qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR/FUPEF; Campos: UNEF, 1995.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies Arbóreas Brasileiras**. Colombo, PR: Embrapa Florestas, v. 1, 2003.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. Colombo: Embrapa Florestas, 1994. 640 p.

CHAZDON, R. L. Beyond deforestation: Restoring forests and ecosystem services on degraded lands. **Science**, v. 320, n. 5882, p. 1458–1460, 2008.

CLEMENT, C. R.; BORÉM, A.; LOPES, M. T. G. **Domesticação e Melhoramento: Espécies Amazônicas**. Universidade Federal de Viçosa, 2009. 486 p.

CLEMENT, C. R.; DENEVAN, W. M.; HECKENBERGER, M. J.; JUNQUEIRA, A. B.; NEVES, E. G.; TEIXEIRA, W. G.; WOODS, W. I. The domestication of amazonia before european conquest. *Proc. R. Soc. B: Biological Sciences*, v. 282, n. 1812, 2015.

CNC Flora. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <Centro Nacional de Conservação da Flora - CNCFlora (jbrj.gov.br)>. Acesso em: 26 mar. 2022.

CONEGLIAN, A.; RIBEIRO, P. H. P.; MELO, B. S.; PEREIRA, R. F.; JUNIOR, J. D. Initial growth of *Schizolobium parahybae* in Brazilian cerrado soil under liming and mineral fertilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [s.l.], v. 20, n. 10, p. 908–912, 2016.

CORADIN, L.; SIMINSKI, A.; REIS, A. **Espécies Nativas da Flora Brasileira de Valor Econômico Atual ou Potencial: Plantas para o futuro - Região Sul**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2011.

CUNHA, F. L.; NIERI, E. M.; SANTOS, J. A. dos; ALMEIDA, R. S. de; MELO, L. A. de; VENTURIN, N. Uso dos adubos de liberação lenta no setor florestal. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 41, 2021.

CUNHA-QUEDA, C.; MORAIS, M. C.; RIBEIRO, H. M.; ALMEIDA, M. H. Characterization of composts and organic wastes for nursery substrate formulation. **Revista de Ciências Agrárias**, p. 367–375, 2010.

DA ROS, C. O.; REX, F. E.; RIBEIRO, I. R.; KAFER, P. S.; RODRIGUES, A. C.; SILVA, R. F. da; SOMAVILLA, L. Uso de substrato compostado na produção de mudas de *Eucalyptus dunnii* e *Cordia trichotoma*. **Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 4, p. 549–558, 2015.

DIAMOND, J. **Colapso: Como as sociedades escolhem o fracasso ou o sucesso**. 6. ed. Rio de Janeiro: Record, 2009.

DIAS, E. S.; KALIFE, C.; MENEGUCCI, Z. dos R. H.; SOUZA, P. R. de. **Produção de mudas de espécies florestais nativas: Manual**. Campo Grande, MS: UFMS, 2006. v. 2

DÍAZ, S. *et al.* Assessing nature's contributions to people: Recognizing culture, and diverse sources of knowledge, can improve assessments. **Science**, v. 359, n. 6373, p. 270–272, 2018.

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

DUTRA, T. R.; MASSAD, M. D.; SARMENTO, M. F. Q. Fertilizante de liberação lenta no crescimento e qualidade de mudas de canafístula (*Peltophorum dubium*). **Floresta**, v. 46, n. 4, p. 491–498, 2017.

FANTINI, A. C.; NODARI, R. O.; REIS, M. S.; MANTOVANI, A.; ODORIZZI, J.; RIBEIRO, R. J. Estimativa da produção de palmito em plantas de palmitero a partir de características fenotípicas. **Revista Árvore**, Viçosa - MG, v. 21, n. 1, p. 49–57, 1997.

FAO/PNUMA. **El estado de los bosques del mundo**: Los bosques, la biodiversidad y las personas. FAO and UNEP, 2020.

Flora e Funga do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: < <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/> >. Acesso em: 25 mar. 2022.

FONSECA, É. de P.; VALÉRI, S. V.; MIGLIORANZA, É.; FONSECA, N. A. N.; COUTO, L. Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. **Revista Árvore**, [s.l.], v. 26, n. 4, p. 515–523, 2002.

FU, J.; WANG, C.; CHEN, X.; HUANG, Z.; CHEN, D. Classification research and types of slow controlled release fertilizers (SRFs) used - a review. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 49, n. 17, p. 2219–2230, 2018.

Fundação SOS Mata Atlântica; INPE. **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica**: período 2019/2020, relatório técnico. São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica, 2021. 73p.

GARAY, I.; FOLZ, J.; DEL PIERO, N. **Manual de Técnicas de Viveiro para Espécies Arbóreas Nativas**. Sooretama, ES: Fundação Bionativa, 2013.

GASPARIN, E.; AVILA, A. L. de; ARAUJO, M. M.; FILHO, A. C.; DORNELES, D. U.; FOLTZ, D. R. B. Influência do substrato e do volume 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, E. N.; VIEIRA, L. M.; FAGUNDES, C. de M.; ROSSA, Ü. B.; TOFANELLI, M. B. D.; DESCHAMPS, C. Controlled-release fertilizer increases growth, chlorophyll content and overall quality of loquat seedlings. **Comunicata Scientiae**, v. 11, n. 3353, p. 2–8, 2020.

GONÇALVES, J. L. de M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e Fertilização Florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000.

GROSSNICKLE, S. C.; MACDONALD, J. E. Seedling quality: History, application, and plant attributes. **Forests**, [s.l.], v. 9, n. 5, p. 1–23, 2018.

HUNT, G. A. Effect of Styroblock Design and Copper Treatment on Morphology of Conifer Seedlings. **Proceedings, Western Forest Nursery Association**, p. 13–17, 1990.

ILLENSEER, R.; PAULILO, M. T. S. Crescimento e eficiência na utilização de nutrientes em plantas jovens de *Euterpe edulis* Mart. sob dois níveis de irradiância, nitrogênio e fósforo. **Acta bot. bras**, v. 16, n. 4, p. 385–394, 2002.

JOHNSON, J.D.; CLINE, M.L. Seedling Quality of Southern Pines. In: Duryea, M.L. and Dougherty, P.M., Eds., **Forest Regeneration Manual**, Klumer Academic, Netherlands, 143-162, 1991.

LANG, A.; CONTRO, U. M.; DECKER, V.; VERGILI, P. P.; ALEIXO, M. A.; MALAVASI, M. de M. Aplicação de fertilizante de liberação lenta no estabelecimento de mudas de ipê-roxo e angico-branco em área de domínio ciliar. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 41, n. 2, p. 271–276, 2011.

LEVIS, C. et al. How people domesticated Amazonian forests. **Frontiers in Ecology and Evolution**, v. 5, 2018.

LIMA, L. S. H.; FRANCO, E. T. H.; SCHUMACHER, M. V. Crescimento de mudas de *Euterpe edulis* Martius em resposta a diferentes doses de fósforo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 18, n. 4, p. 461–470, 2008.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 8. ed. Nova Odessa, São Paulo: Plantarum, 2020. v. 1.

LORENZI, H.; SOUZA, H. M. de; CERQUEIRA, L. S. C. de; COSTA, J. T. de M.; FERREIRA, E. **Palmeiras brasileiras e exóticas cultivadas**. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2004.

MARCO, R. de; PERRANDO, E. R.; CONTE, B.; SCHORR, L. P. B. Organic fertilizer for production of *Toona ciliata* seedlings. **Floresta e Ambiente**, [s.l.], v. 26, n. 1, p. 1–7, 2019.

MARQUES, A. R. de F.; DELOSS, A. M. de; OLIVEIRA, V. da S.; BOLIGON, A. A.; VESTENA, S. Produção e qualidade de mudas de *Eugenia uniflora* L. em diferentes substratos. **Ambiência**, Guarapuava, PR, v. 14, n. 1, p. 44–56, 2018.

MARTINS, S. V. **Restauração Florestal**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2020.

MAZOYER, M.; ROUDART, L. **História das Agriculturas no Mundo**: do neolítico a crise contemporânea. Tradução: Claudia F. Falluh Balduino Ferreira. São Paulo: UNESP. Brasília. DF: NEAD, 2010. 568 p.

MOLINA, I. R.; BOTREL, M. C. G. Germinação e desenvolvimento da muda de palmito Juçara em diferentes substratos. **Agrarian**, [s.l.], v. 2, n. 3, p. 115–122, 2009.

MORETTO, S. P.; NODARI, E. S.; NODARI, R. O. A introdução e os Usos da Feijoa ou Goiabeira Serrana (*Acca sellowiana*): A perspectiva da história ambiental. **Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science**, v. 3, n. 2, p. 67–79, 2014.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B. da; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, 2000.

NAZ, M. Y.; SULAIMAN, S. A. Slow release coating remedy for nitrogen loss from conventional urea: A review. **Journal of Controlled Release**, v. 225, p. 109–120, 2016.

NAZ, M. Y.; SULAIMAN, S. A. Testing of starch-based carbohydrate polymer coatings for enhanced urea performance. **Journal of Coatings Technology and Research**, v. 11, n. 5, p. 747–756, 2014.

NODARI, R. O.; REIS, M. S.; FANTINI, A. C.; MANTOVANI, A.; RUSCHEL, A.; WELTER, L. J. Crescimento de mudas de palmitero (*Euterpe edulis*) em diferentes condições de sombreamento e densidade. **Revista Árvore**, v. 23, n 3, p. 285-292, 1999.

NOGUEIRA, C. S.; BRANCALION, P. H. S. **Sementes e Mudanças**: guia para propagação de árvores brasileiras. São Paulo: Oficina dos Textos, 2016.

OLIVEIRA, A. C. C.; VIANI, R. A. G. Sewage sludge organic fertilizer as a promoter of initial growth of *Euterpe edulis*, an endangered palm. **International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture**, v. 9, p. 161–170, 2020.

PIAS, O. H. de C.; CANTARELLI, E. B.; BERGHETTI, J.; LESCHEWITZ, R.; KLUGE, E. R.; SOMEVILLA, L. Doses de fertilizante de liberação controlada no índice de clorofila e na produção de mudas de grápia. **Pesquisa Florestal Brasileira**, [s.l.], v. 33, n. 73, p. 19–25, 2013.

RAMIRES, M. F.; LORENSI, E. D. S.; FONTANIVE, D. E.; BIANCHETTO, R.; CEZIMBRA, J.; ANTONIOLLI, Z. I. Uso potencial de resíduos de abatedouro de suínos como fonte de nutrientes na agricultura. **Rev. Agro. Amb**, v. 14, n. 1, 2021.

REIS, A. **Dispersão de sementes de *Euterpe edulis* Martius em uma floresta ombrófila densa montana da encosta atlântica em Blumenau, SC**. 1995. - Universidade Federal de Campinas, Campinas - São Paulo, 1995.

REIS, M. S. dos; FANTINI, A. C.; NODARI, R. O.; REIS, A.; GUERRA, M. P.; MANTOVANI, A. Management and Conservation of Natural Populations in Atlantic Rain Forest: The Case Study of Palm Heart (*Euterpe edulis* Martius). **Biotrópica**, v. 32, n. 4b, p. 894–902, 2000.

REIS, S. M.; JÚNIOR, B. H. M.; MORANDI, P. S.; SANTOS, C. O.; OLIVEIRA, B. de; MARIMON, B. S. Desenvolvimento inicial e qualidade de mudas de *Copaifera langsdorffii* Desf. sob diferentes níveis de sombreamento. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 1, p. 11–20, 2016.

RIIKONEN, J.; LUORANEN, J. Seedling production and the field performance of seedlings. **Forests**, v. 9, n. 12, 2018.

RIVERA, J. R. **El ABC de la Agricultura Orgánica y harina de rocas**. 1ª ed. Managua: SIMAS, 2007. 262 p.

ROSA, T. L. M.; JORDAIM, R. B.; ALEXANDRE, R. S.; ARAUJO, C. P. de; GONÇALVES, F. G.; LOPES, J. C. Controlled release fertilizer in the growth of *Moringa oleifera* Lam. seedlings. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 48, n. 3, p. 303–310, 2018.

ROSSA, Ü. B.; ANGELO, A. C.; BOGNOLA, I. A.; WESTPHALEN, D. J.; MILANI, J. E. D. F. Fertilizante de liberação lenta no desenvolvimento de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 45, n. 1, p. 85–96, 2015a.

ROSSA, U. B.; ANGELO, A. C.; NOGUEIRA, A. C.; BOGNOLA, I. A.; POMIANOSKI, D. J. W.; SOARES, P. R. C.; BARROS, L. T. S. Fertilização de liberação lenta no crescimento de mudas de paricá em viveiro. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 33, n. 75, p. 227–234, 2013.

ROSSA, Ü. B.; ANGELO, A. C.; NOGUEIRA, A. C.; REISSAMANN, C. B.; GROSSI, F.; RAMOS, M. R. Fertilizantes de liberação lenta no crescimento de mudas de *Araucaria angustifolia* e *Ocotea odorifera*. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 41, n. 3, p. 491–500, 2011.

ROSSA, Ü. B.; ANGELO, A. C.; WESTPHALEN, D. J.; OLIVEIRA, F. E. M. de; SILVA, F. F. da; ARAUJO, J. C. de. Fertilizante de liberação lenta no desenvolvimento de mudas de *Anadenanthera peregrina* (L.) Speng. (angico-vermelho) e *Schinus terebinthifolius* Raddi (aroeira-vermelha). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 4, p. 841–852, 2015b.

SAVCI, S. Investigation of Effect of Chemical Fertilizers on Environment. **APCBEE Procedia**, v. 1, p. 287–292, 2012.

SEA. **Diagnóstico da produção de mudas de espécies nativas no Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Secretaria de Estado do Ambiente - SEA, 2010. v. 1.

SILVA, L. R.; MOURA, A. P. C.; GIL, B. V.; ROHR, A.; ALMEIDA, S. M. Z.; DONAZZOLO, J.; PERBONI, A. T.; OLIVEIRA, F. L. R.; SANT'ANNA-SANTOS, B. F.; GALON, L.; DANNER, M. A. Morphophysiological changes of *Acca sellowiana* (Myrtaceae: Myrtoideae) saplings under shade gradient. **Brazilian Journal of Biology**, [s.l.], v. 84, 2022.

SILVA, M. F. A.; SOUZA, I. v.; ZANON, J. A.; NUNES, G. M.; SILVA, R. B.; FERRARI, S. Produção de mudas de juçara com resíduos agroindustriais e lodo de esgoto compostados. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, v. 9, n. 2, p. 109–121, 2015.

SILVA, P. H. M.; POGGIANI, F.; SILVA, A. A.; PRADA NETO, I.; PAULA, R. C. de. Mortalidade, crescimento e solução do solo em eucalipto com aplicação de fertilizante de liberação lenta. **Cerne**, Lavras, v. 21, n. 3, p. 473–481, 2015.

SILVA, R. F. da; EITELWEIN, M. T.; CHERUBIN, M. R.; FABBRIS, C.; WEIRICH, S.; PINHEIRO, R. R. Produção de mudas de *Eucalyptus grandis* em substratos orgânicos alternativos. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 3, p. 609–619, 2014.

SOARES-FILHO, B.; RAJÃO, R.; MACEDO, M.; CARNEIRO, A.; COSTA, W.; COE, M.; RODRIGUES, H.; ALENCAR, A. Cracking Brazil's Forest Code. **Science**, v. 344, n. 6182, p. 363–364, 2014.

THE PLANT LIST, 2021. Disponível em: <Home — A Lista de Plantas (theplantlist.org)> Acesso em: 11 fev. 2022.

TONETTO, T. da S. **Produção de sementes, de mudas em viveiro e cultivo a campo de *Acca sellowiana* (O. Berg) Burret**: uma abordagem técnica e econômica. 2018. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2018.

TRAZZI, P. A.; CALDEIRA, M. V. W.; PASSOS, R. R.; GONÇALVES, E. O. Substratos de origem orgânica para produção de mudas de teca (*Tectona grandis* Linn. F.). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 3, p. 401–409, 2013.

VICENTE, N. F. de P.; MARAFELI, É. A. M.; OLIVEIRA, J. A. de C.; TOMITA, J. L. C.; PICCOLI, R. H. Uma revisão bibliográfica sobre bokashi dos últimos 20 anos. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 10, 2020.

YAMAMOTO, C. F.; PEREIRA, E. I.; MATTOSO, L. H. C.; MATSUNAKA, T.; RIBEIRO, C. Slow release fertilizers based on urea/urea-formaldehyde polymer nanocomposites. **Chemical Engineering Journal**, v. 287, p. 390–397, 2016.

YE, H. M.; LI, H. F.; WANG, C. S.; YANG, J.; HUANG, G.; MENG, X.; ZHOU, Q. Degradable polyester/urea inclusion complex applied as a facile and environment-friendly strategy for slow-release fertilizer: Performance and mechanism. **Chemical Engineering Journal**, v. 381, 2020.