

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL**

Luciana Samuel Nhantumbo

**SUBSTRATOS ALTERNATIVOS FORMULADOS COM RESÍDUOS
AGROINDUSTRIAIS EM DIFERENTES VOLUMES DE RECIPIENTES NA
PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Handroanthus heptaphyllus* E *Schinus terebinthifolius***

Santa Maria, RS, Brasil

2019

Luciana Samuel Nhantumbo

**SUBSTRATOS ALTERNATIVOS FORMULADOS COM RESÍDUOS
AGROINDUSTRIAIS EM DIFERENTES VOLUMES DE RECIPIENTES NA
PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Handroanthus heptaphyllus* E *Schinus terebinthifolius***

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestra em Engenharia Florestal**.

Orientadora: Prof. Dra. Maristela Machado Araujo

Santa Maria, RS, Brasil

2019

Nhantumbo, Luciana Samuel

SUBSTRATOS ALTERNATIVOS FORMULADOS COM RESÍDUOS
AGROINDUSTRIAIS EM DIFERENTES VOLUMES DE RECIPIENTES NA
PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Handroanthus heptaphyllus* E *Schinus
terebinthifolius* / Luciana Samuel Nhantumbo.- 2019.
60 f.; 30 cm

Orientadora: Maristela Machado Araujo
Coorientadora: Marlove Fátima Brião Muniz
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós
Graduação em Engenharia Florestal, RS, 2019

1. Casca de arroz 2. Carço de pessêgo 3. Atributos
morfológicos e fisiológicos 4. Qualidade de mudas I.
Machado Araujo, Maristela II. Brião Muniz, Marlove
Fátima III. Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

©2019

Todos os direitos autorais reservados a Luciana Samuel Nhantumbo. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

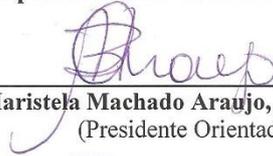
E-mail: luciana91nhantumbo@gmail.com

Luciana Samuel Nhantumbo

**SUBSTRATOS ALTERNATIVOS FORMULADOS COM RESÍDUOS
AGROINDUSTRIAIS EM DIFERENTES VOLUMES DE RECIPIENTES NA
PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Handroanthus heptaphyllus* E *Schinus terebinthifolius***

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestra em Engenharia Florestal**.

Aprovada em 12 de fevereiro de 2019:



Maristela Machado Araujo, Dra. (UFSM)
(Presidente Orientadora)



Maria Helena Fermino, Dra. (DDPA/SEAPI-RS)



Mônica BruckerKelling, Dra. (UFSM)

Santa Maria, RS

2019

Dedico este trabalho aos meus pais Samuel Nhantumbo e Clara Banze, aos meus irmãos e ao meu noivo Joaquim Laquene, com carinho sempre me incentivaram, encorajaram e apoiaram, vocês são minha motivação e inspiração.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo dom da vida e por estar em frente dos meus caminhos me guiando e protegendo sempre.

Agradeço a minha família, em especial aos meus pais Samuel Nhantumbo e Clara Banze pela educação, amor, apoio, confiança e incentivo, aos meus irmãos Lizete (*in memoriam*), Emídio, Elisa, Ilídio, Litério, Isildo e Elvino, as minhas cunhadas e sobrinhos pelo apoio, confiança, carinho e amor.

Agradeço ao meu noivo Joaquim Laquene pelo amor incondicional, apoio, paciência, confiança, carinho, presença (mesmo distante), amizade, pelas palavras de conforto quando eu mais precisei, por me fazer sorrir sempre e por me encorajar a seguir em frente.

À professora Dra. Maristela Machado Araujo, minha orientadora, pela oportunidade que me deu de ser orientada por ela, pelo apoio, dedicação, paciência e ensinamentos.

Ao Ministério da Ciência e Tecnologia Ensino Superior e Técnico Profissional de Moçambique, pela concessão da bolsa de estudos.

À Universidade Lúrio – Faculdade de Ciência Agrárias – Unango, pela oportunidade de continuidade acadêmica.

À Universidade Federal de Santa Maria, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, aos professores pelos ensinamentos transmitidos durante a formação.

À Dra. Maria Helena Fermino, pela ajuda, apoio e ensinamentos transmitidos e disponibilidade em fazer parte da banca de avaliação.

Aos meus amigos e colegas do Laboratório de Silvicultura e Viveiro Florestal: Adriana Griebeler, Álvaro Berghetti, André Balestreri, Daniele Rorato, Felipe Manzoni, Felipe Turchetto, Luiza Somavila, Suelen Aimi e demais que por lá passaram, pelo acolhimento, amizade, companheirismo, ensinamentos, paciência e por estarem sempre por perto, levarei vocês no coração para sempre.

Um especial agradecimento vai para à Adriana Griebeler e Felipe Manzoni meus colegas do mestrado pela amizade, apoio, companheirismo, atenção, paciência e ensinamentos partilhados durante estes dois anos, cada um de vós desempenhou um papel importante na concretização deste sonho.

À Suelen Aimi vai um agradecimento especial por tudo, pela força, amizade, atenção, apoio, paciência e ensinamentos, as tuas contribuições foram importantes na concretização deste trabalho.

Ao Felipe Turchetto também vai um especial agradecimento pela amizade e ensinamentos durante toda minha permanência no Brasil em particular durante a concretização deste trabalho.

À professora Dra. Cristiane Pedrazzi e aos colegas do Laboratório de Produtos Florestais, Fernanda A., Bruna M., Rossana C., Marina G., Rodrigo C., André M., Paulo F. e Ronan C. pela ajuda e apoio.

Aos meus amigos que mesmo distantes sempre me apoiaram: Carla C., Hélia S., Joana N., Maria das Dores M., Maura O., Menalda A., Ossmane P., Rosalina T., Sebastião M. e Vitalina S.

À Aline L., Camila B., Isadora R., Gian P. e Paula K. pela amizade, apoio e por todos momentos bons compartilhados durante estes dois anos.

Aos meus amigos e conterrâneos: Calisto, Elias, Telmo, Celso, Castigo em especial ao Caetano, Jaime e Noé pela amizade, apoio e companheirismo.

Aos funcionários do Viveiro Florestal, em particular ao Gervásio Mário por toda ajuda e ensinamentos e ao Sr. Élio.

À Tamara Trisch da Costa pela amizade, apoio e ensinamentos partilhados durante a realização das análises no Laboratório de Análises de Substrato para Plantas (LASPP) da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (FEPAGRO) do Rio Grande do Sul.

À professora Dra. Mônica Brucker Kelling pela disponibilidade em fazer parte da banca avaliadora e pelas contribuições dadas para a melhoria do trabalho.

Enfim, agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para mais esta importante conquista em minha vida.

Muito obrigada!

RESUMO

SUBSTRATOS ALTERNATIVOS FORMULADOS COM RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS EM DIFERENTES VOLUMES DE RECIPIENTES NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Handroanthus heptaphyllus* E *Schinus terebinthifolius*

AUTORA: Luciana Samuel Nhantumbo

ORIENTADORA: Prof. Maristela Machado Araujo

O substrato é considerado um dos condicionantes do padrão de qualidade das mudas em viveiro, sendo fundamental que este apresente características ideais para uso na produção de mudas. Aliado ao substrato, outro fator considerado na produção de mudas é o recipiente, que irá direcionar o crescimento do sistema radicular e evitar o seu envelhecimento. Neste sentido, o estudo teve como objetivo avaliar diferentes tamanhos de recipientes e o potencial de substratos alternativos formulados com resíduos agroindustriais na produção de mudas de *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos e *Schinus terebinthifolius* Raddi. Os experimentos foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, em esquema fatorial (recipientes x substratos), constituído por dois volumes de recipientes (110 e 180 cm³) e dez misturas de substratos (100SC – 100% substrato comercial; 10CAC – 90% SC + 10% casca de arroz carbonizada (CAC); 20CAC – 80% SC + 20% CAC; 30CAC – 70% SC + 30% CAC; 10CAH – 90% SC + 10% casca de arroz hidrolisada (CAH); 20CAH – 80% SC + 20% CAH; 30CAH – 70% SC + 30% CAH; 10CPT – 90% SC + 10% caroço de pêsego triturado (CPT); 20CPT – 80% SC + 20% CPT; e 30CPT – 70% SC + 30% CPT). Aos 90 e 108 dias após a emergência das mudas de *S. terebinthifolius* e *H. heptaphyllus*, respectivamente, foram avaliados os atributos morfológicos (altura, diâmetro do coleto, matéria seca da parte aérea, matéria seca radicular, matéria seca total, índice de qualidade de Dickson e área foliar) e fisiológicos (índice de clorofila Falker *a* e *b* e relação F_v/F_m). Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste t (recipientes) e Scott-Knott (substratos) a 5% de probabilidade de erro. Para as duas espécies em estudo, o recipiente de 180 cm³ proporcionou rápido crescimento, considerando a maioria dos atributos avaliados. As plantas de *S. terebinthifolius* apresentaram maior crescimento nos substratos utilizados em relação as mudas de *H. heptaphyllus*, com tamanho adequado para expedição aos 90 e 108 dias, respectivamente. Porém, apesar de alguns substratos terem demonstrado uma restrição no crescimento das plantas, as formulações de até 20% de CAC ou CAH ou CPT são indicadas para a produção de mudas de *S. terebinthifolius* e até 30% de CAC ou CAH ou 10% de CPT para *H. heptaphyllus*.

Palavra-chave: Casca de arroz. Caroço de pêsego. Atributos morfológicos e fisiológicos. Qualidade das mudas.

ABSTRACT

ALTERNATIVE SUBSTRATES FORMULATED WITH AGRO-INDUSTRIAL WASTE IN DIFFERENT VOLUMES OF CONTAINERS IN THE PRODUCTION OF *Handroanthus heptaphyllus* AND *Schinus terebinthifolius* SEEDLINGS

AUTHOR: Luciana Samuel Nhantumbo
ADVISOR: Maristela Machado Araujo

The substrate is considered one of the conditioners of standard quality of seedlings in nursery, being fundamental that, it presents ideal characteristics for use in seedlings production. Allied to the substrate, another factor that is considered in seedlings production is the container, which will direct the growth of the root system and prevent its folding. Based on this, the study aimed to evaluate different sizes of containers and the potential of alternative substrates formulated with agroindustrial residues in the production of *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos and *Schinus terebinthifolius* Raddi. seedlings. The experiments were conducted in a completely randomized design with four replications, in a factorial scheme (containers and substrates), consisting on two different container volumes (110 and 180 cm³) and ten mixtures of substrates (100CS - 100% commercial substrate; 10CRH - 90 % CS + 10% carbonized rice husk (CRH); 20CRH - 80% CS + 20% CRH; 30CRH - 70% CS + 30% CRH; 10HRH - 90% CS + 10% hydrolyzed rice husk - 80% CS + 20% HRH; 30HRH - 70% HRH + 30% HRH; 10CPK - 90% CS + 10% crushed peach kernel (CPK); 20CPK - 80% CS + 20% CPK; CS + 30% CPK). At 90 and 108 days after the emergence of *S. terebinthifolius* and *H. heptaphyllus* seedlings, respectively, the morphological parameters (height, stem diameter, shoot dry matter, root dry matter, total dry matter, Dickson quality index and leaf area) and physiological (Falker chlorophyll index *a* and *b* and the maximum photochemical efficiency of PSII (F_v/F_m)). Data were submitted to analysis of variance and the means were compared by t-test (containers) and Scott-Knott (substrates) at 5% probability of error. From our results or findings, considering most of the evaluated parameters, the 180 cm³ container provided fast growth for both species, *S. terebinthifolius* and *H. heptaphyllus*, giving seedlings with adequate size for shipment at 90 and 108 days, respectively. Even though some substrates have demonstrated restrictions on seedlings growth, formulations up to 20% of CRH or HRH or CPK are indicated for production of *S. terebinthifolius* seedlings. Formulations up to 30% of CRH or HRH or 10% of CPK are indicated for production of *H. heptaphyllus* seedlings.

Keyword: Rice husk. Peach kernel. Morphological and Physiological parameters. Quality of seedlings.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Temperatura máxima (T max), temperatura mínima (T min) e umidade relativa (UR) registradas no município de Santa Maria, RS, durante a condução do experimento no viveiro.....27
- Figura 2 - Curva de Disponibilidade de água:ar, do substrato comercial e diferentes combinações com CAC, CAH e CPT utilizados na produção de mudas de *S. terebinthifolius* e *H. heptaphyllus*, em viveiro, Santa Maria, RS30

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Escala de valores para propriedades físicas e químicas de substratos usados para produção de mudas de espécies florestais..... 21
- Tabela 2 - Composição e proporção de componentes utilizados na produção de mudas de *S. terebinthifolius* e *H. heptaphyllus* em viveiro, Santa Maria, RS 29
- Tabela 3 - Análise física e química do substrato comercial e diferentes combinações com CAC, CAH e CPT utilizados na produção de mudas de *S. terebinthifolius* e *H. heptaphyllus*, em viveiro, Santa Maria, RS 30
- Tabela 4 - Médias de altura (H) e relação F_v/F_m de plantas de *S. terebinthifolius*, produzidas em diferentes recipientes e substratos, 90 dias após a emergência, em viveiro, Santa Maria, RS 35
- Tabela 5 - Médias de diâmetro do coleto (DC), relação H/DC, matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca radicular (MSR), matéria seca total (MST), índice de qualidade de Dickson (IQD) e área foliar (AF) de plantas de *S. terebinthifolius*, produzidas em diferentes recipientes e substratos, 90 dias após a emergência, em viveiro, Santa Maria, RS 36
- Tabela 6 - Valores médios dos atributos fisiológicos índice de clorofila *a* e *b* em diferentes recipientes e substratos, na produção de mudas de *S. terebinthifolius* 90 dias após a emergência, em viveiro, Santa Maria, RS 37
- Tabela 7 - Matéria seca da parte aérea (MSPA) matéria seca total (MST) e área foliar (AF) de mudas de *H. heptaphyllus* produzidas em diferentes volumes de recipientes e substratos aos 108 dias após a emergência, em viveiro, Santa Maria, RS 38
- Tabela 8 - Valores médios para os atributos morfológicos altura (H), diâmetro do coleto (DC), matéria seca radicular (MSR) e índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de *H. heptaphyllus* em diferentes recipientes e substratos, 108 dias após a emergência, em viveiro, Santa Maria, RS 39
- Tabela 9 - Valores médios de mudas de *H. heptaphyllus* para os atributos fisiológicos clorofila *a*, clorofila *b* e relação F_v/F_m em diferentes recipientes e substratos, aos 108 dias após emergência em viveiro, Santa Maria, RS 40

LISTA DE APÊNDICES

Apêndice A - Valores médios para os atributos morfológicos e fisiológicos de mudas de <i>Schinus terebinthifolius</i> em diferentes recipientes e substratos, 90 dias após a emergência, em viveiro, Santa Maria, RS	54
Apêndice B - Valores médios para os atributos morfológicos e fisiológicos de mudas de <i>Handroanthus heptaphyllus</i> em diferentes recipientes e substratos, 108 dias após a emergência, em viveiro, Santa Maria, RS	55
Apêndice C - Resultado da Análise de Variância (<i>p</i> valor) para altura (H), diâmetro do coleto (DC), matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca radicular (MSR), matéria seca total (MST), índice de qualidade de Dickson (IQD) e área foliar (AF) das mudas de <i>Schinus terebinthifolius</i> em diferentes recipientes e substratos, 90 dias após a emergência, em viveiro, Santa Maria, RS	56
Apêndice D - Resultado da Análise de Variância (<i>p</i> valor) para altura (H), diâmetro do coleto (DC), matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca radicular (MSR), matéria seca total (MST), índice de qualidade de Dickson (IQD) e área foliar (AF) das mudas de <i>Handroanthus heptaphyllus</i> em diferentes recipientes e substratos, 108 dias após a emergência, em viveiro, Santa Maria, RS	56
Apêndice E - Resultado da Análise de Variância (<i>p</i> valor) para índice de clorofila Falker <i>a</i> e <i>b</i> e rendimento quântico máximo do PSII (F_v/F_m) das mudas de <i>Schinus terebinthifolius</i> em diferentes recipientes e substratos, 90 dias após a emergência, em viveiro, Santa Maria, RS.....	57
Apêndice F - Resultado da Análise de Variância (<i>p</i> valor) para índice de clorofila Falker <i>a</i> e <i>b</i> e rendimento quântico máximo do PSII (F_v/F_m) das mudas de <i>Handroanthus heptaphyllus</i> em diferentes recipientes e substratos, 108 dias após a emergência, em viveiro, Santa Maria, RS	57
Apêndice G - Análise das características físicas dos substratos utilizados na produção de mudas de <i>Schinus terebinthifolius</i> e <i>Handroanthus heptaphyllus</i> , preparo da amostra (a) determinação da densidade úmida e seca (b) peso das amostras em balança analítica (c) secagem das amostras em estufa (65 °C) (d), preenchimento dos anéis (e), saturação dos anéis por 24 horas (f) e transferência dos anéis para a mesa de tensão (g) para a determinação da porosidade total (PT), espaço de aeração (EA), água facilmente disponível (AFD), água tamponante (AT), capacidade de retenção de água (CRA) pelo método da mesa de tensão	58
Apêndice H - Amostras no agitador (a) filtragem das amostras (b) e (c) para análise do pH e condutividade elétrica (CE) dos substratos utilizados na produção de mudas de <i>Schinus terebinthifolius</i> e <i>Handroanthus heptaphyllus</i>	59
Apêndice I - Processo de hidrólise da casca de arroz (a) e (b), casca de arroz hidrolisada seca (c), caroço de pêssego inteiro (d) e triturado (e)	59
Apêndice J - Etapas da instalação do experimento: Semeadura (a), emergência de <i>Handroanthus heptaphyllus</i> (b) e experimento em casa de vegetação (c) de <i>Schinus terebinthifolius</i> e <i>Handroanthus heptaphyllus</i>	60
Apêndice K - Avaliação da fluorescência da clorofila <i>a</i> (a), (b) e (c) mudas de <i>Schinus terebinthifolius</i> (d) e <i>Handroanthus heptaphyllus</i> (e) prontas para expedição aos 90 e 108 dias após a emergência, respectivamente	60

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1 RECIPIENTES PARA PRODUÇÃO DE MUDAS	16
2.2 SUBSTRATO PARA PRODUÇÃO DE MUDAS	16
2.1.1 Caracterização física dos substratos	17
2.1.2 Caracterização química dos substratos	19
2.1.3 Materiais utilizados como componentes de substratos	21
2.3 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE PLANTAS	22
2.4 <i>Handroanthus heptaphyllus</i> (Mart.) Mattos	24
2.5 <i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	25
3 MATERIAL E MÉTODOS	27
3.1 COMPONENTES DE SUBSTRATO	28
3.1.1 Caracterização física e química dos substratos	29
3.2 PRODUÇÃO DE MUDAS	31
3.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA	33
4 RESULTADOS	34
4.1 DESEMPENHO DAS MUDAS DE <i>Schinus terebinthifolius</i>	34
4.2 DESEMPENHO DAS MUDAS DE <i>Handroanthus heptaphyllus</i>	37
5 DISCUSSÃO	41
6 CONCLUSÃO.....	47
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48
APÊNDICES	54

1. INTRODUÇÃO

A crescente demanda por mudas de espécies florestais nativas com qualidade para diversos fins, tais como formação de povoamentos, recuperação de áreas degradadas ou mesmo para arborização, ocasionou aumento nas pesquisas relacionadas as técnicas e métodos de produção de mudas com qualidade. Nesse sentido, essa produção é uma das etapas mais importante para o estabelecimento de cultivos florestais, sendo condicionada pelo uso de substratos de boa qualidade (SILVA et al., 2014).

As práticas agrícolas e industriais produzem grande quantidade de resíduos, que na sua maioria, são ricos em nutrientes ou propriedades imprescindíveis para o cultivo de plantas (VIEIRA, 2014). A reutilização destes resíduos é uma atividade benéfica para o meio ambiente, pois reduz os impactos ambientais e viabiliza os custos dos substratos na produção de mudas, principalmente para pequenos produtores (SILVA et al., 2014). Atualmente, pesquisas são realizadas buscando alternativas sustentáveis e de baixo custo para a produção de mudas, assim a reutilização de resíduos na formação de substratos tem sido reiterada como objeto de estudos que visam o reaproveitamento dos nutrientes contidos nesses materiais, além da mitigação dos impactos ambientais negativos (ARAÚJO et al., 2017).

Na seleção de novos materiais, torna-se importante as considerações ambientais, assim como o desempenho e o custo econômico. Deste modo, há um destaque sustentável em materiais orgânicos derivados de fluxos de resíduos agrícolas e industriais (RAVIV, 2013). A casca de arroz, por exemplo, é um dos resíduos mais produzidos e disponíveis, visto que é oriundo de uma das culturas mais consumidas mundialmente (KRATZ, 2011; BONAGURO; COLETTI; ZANIN, 2017). A casca de arroz quando carbonizada ou hidrolisada pode ser usada na composição de substratos (ISLABÃO et al., 2014; FERMINO et al., 2018), pois melhora as características físicas como espaço de aeração, drenagem e volume constante, em condição seca ou úmida (CHU; DUARTE; TREMACOLDI, 2007).

O cultivo de pêssego (*Prunus persica* L. Batsh) é uma atividade agrícola que produz matéria prima importante para diversos usos, sendo uma cultura comum em pequenas propriedades familiares, destinada à comercialização de frutas frescas e à indústria de conservas (PROTAS; MADAIL, 2003). O caroço é um dos resíduos do processamento industrial do pêssego, constituído por uma amêndoa, a qual é utilizada para extração de óleo de cosméticos e também possui um alto poder calorífico, enquanto o pericarpo é usado como material para geração de energia (DINIZ et al., 2014).

Mieth et al. (2018) e Fermino et al. (2018), estudaram o caroço de pêsego como componente de substrato, pois, este quando triturado pode ser usado para melhorar as características físicas dos substratos, reduzindo os custos. Assim como a casca de arroz, que é comumente utilizada na forma carbonizada como componente secundário em alguns substratos.

O substrato é considerado condicionante do padrão de qualidade das mudas em viveiro, sendo fundamental que apresente características ideais para o seu uso (CALDEIRA et al., 2013). Para isso, é essencial a determinação das propriedades físicas, químicas e biológicas desses materiais, garantindo, dessa forma, a qualidade morfológica e fisiológica das plantas produzidas (KRATZ et al., 2015).

Outro fator que deve ser considerado na produção de mudas é o recipiente, Landis (1990) destaca que a escolha do recipiente é importante no processo de produção de mudas. No entanto, a escolha do mesmo depende do tamanho da semente, morfologia do sistema radicular e o tamanho de expedição das mudas. Entre os vários recipientes disponíveis no mercado os tubetes de polipropileno são ainda amplamente utilizados, devido ao direcionamento e poda do sistema radicular, evitando o enovelamento, podendo ser reutilizados por vários ciclos, apresentando fácil ergonomia e tamanhos disponíveis no mercado (ARAUJO et al., 2018a).

Espécies arbóreas florestais nativas como *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos e *Schinus terebinthifolius* Raddi. são consideradas de rápido crescimento em viveiro (LORENZI, 2002), isso faz com que as mesmas sejam utilizadas no restabelecimento de ambientes alterados e pelo seu papel ecológico.

Assim, este estudo teve como objetivo avaliar diferentes tamanhos de recipientes e o potencial de substratos formulados com resíduos agroindustriais na produção de mudas de *Handroanthus heptaphyllus* e *Schinus terebinthifolius*.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 RECIPIENTES PARA PRODUÇÃO DE MUDAS

Atualmente, a produção de mudas em recipientes tornou-se o sistema mais utilizado, em substituição à raiz nua, sendo que o uso de recipientes melhora a qualidade das mudas devido à proteção das raízes contra danos mecânicos e desidratação no momento do plantio, garante maior controle da nutrição, otimiza a área produtiva do viveiro e facilita a expedição e transporte das mudas (GOMES et al., 2003).

O tipo de recipiente para produção de mudas deve ser escolhido na etapa de planejamento do viveiro, pois este está associado ao controle da quantidade de água e nutrientes para as plantas, os aspectos operacionais e à área ocupada do viveiro. Além disso, depois que um determinado recipiente é escolhido, é necessário maior investimento para que esse seja substituído (LUNA; LANDIS; DUMROESE, 2009).

Para a produção de mudas em viveiro florestal entre os recipientes mais utilizados estão os sacos plásticos de polipropileno e os tubetes de polipropileno (GOMES; PAIVA, 2011). No entanto, o uso do saco plástico como recipiente vem reduzindo devido às desvantagens como enovelamento do sistema radicular, o que é intensificado quando a muda permanece por muito tempo no viveiro (LUNA; LANDIS; DUMROESE, 2009); maior quantidade de substrato para seu preenchimento; maior volume e peso das mudas; dificultando o transporte; material não-reutilizável, gerando resíduo após o plantio (DAVIDE; FARIA, 2008; WENDLING; DUTRA, 2010; GOMES; PAIVA, 2011).

Atualmente, tem-se verificado uma tendência de substituição dos sacos plásticos pelos tubetes de polipropileno rígido, cônicos, que apresentam diversas dimensões (altura, largura e volume), possuem saliências internas longitudinais que conduzem o crescimento radicular evitando o enovelamento do mesmo (DAVIDE; FARIA, 2008). Os tubetes de polipropileno propiciam a melhoria da qualidade do sistema radicular das mudas, maior grau de mecanização, menor consumo de substrato, maior produção de mudas por unidade de área e menor custo de transporte (GONÇALVES et al., 2005).

2.2 SUBSTRATO PARA PRODUÇÃO DE MUDAS

Nas últimas décadas o substrato vem sendo assunto de grande interesse de pesquisadores, principalmente com relação a novos materiais alternativos, ambientalmente

corretos e economicamente viáveis, para sua composição (SOARES et al., 2014). Fatores como o tipo e a sua qualidade física, química e biológica, condicionam de forma limitante os padrões de qualidade das mudas no viveiro (WENDLING; DUTRA, 2017).

Substrato é todo material sólido natural ou residual, de natureza mineral ou orgânica, que pode ser utilizado puro ou em misturas para o cultivo intensivo de plantas em substituição total ou parcial ao solo (OLIVEIRA et al., 2016). O substrato oferece suporte físico às raízes e disponibiliza água e nutrientes para o crescimento das plantas. No entanto, a qualidade final depende das propriedades físicas e químicas de cada componente e da interação entre os mesmos (FERMINO; KÄMPF, 2012). Esses componentes podem ser considerados principais, quando participam em maior proporção ($\geq 50\%$) da mistura, e os condicionadores quando participam de uma mistura em fração igual ou menor que 50% (KÄMPF, 2005).

A mistura obtida deve ser de fácil aquisição, com uma estrutura estável, tempo razoável de decomposição, homogêneo quando puro ou em mistura, com baixo custo e características físicas, químicas e biológicas adequadas (KLEIN, 2015). Assim, deve-se realizar a análise do substrato para determinar as características inerentes à mistura (SOARES et al., 2014).

2.1.1 Caracterização física dos substratos

O estudo das características físicas dos substratos é essencial para a compreensão e estabelecimento de um padrão, permitindo que os produtores decidam de forma consciente pela sua aquisição e uso, as indústrias possam melhorar a qualidade e o poder público possa fiscalizar a veracidade da informação nas embalagens (ZORZETO et al., 2014). Conforme Fermino e Mieth (2018) na análise de substrato, as principais propriedades físicas consideradas são: densidade, porosidade total, espaço de aeração e disponibilidade de água (água facilmente disponível, água tamponante, água remanescente e capacidade de retenção de água).

2.1.1.1 Densidade

A densidade de volume é a relação entre a massa e o volume do substrato, expressa em quilograma por metro cúbico (kg m^{-3}) ou (g cm^{-3}) (KÄMPF, 2005). Esta é importante para calcular e interpretar outras propriedades, como porosidade total, espaço de aeração e disponibilidade de água, além de estabelecer o volume do envasamento pelo fornecedor (FERMINO, 2014; FERMINO; MIETH, 2018).

Quanto maior for a densidade do substrato, mais difícil será o cultivo no recipiente, pois limitará o crescimento das plantas e dificultará o manuseio e transporte dos vasos ou bandejas no viveiro (KÄMPF, 2005). Materiais muito leves não são desejáveis quando se trabalha com recipientes altos. Ao passo que substratos com alta densidade de volume tendem a ter menor volume de poros ocupado por ar, ou seja, reduzido espaço de aeração, sendo inadequados para recipientes baixos (FERMINO; MIETH, 2018).

2.1.1.2 Porosidade e disponibilidade de água e ar

A porosidade total (PT) é definida como a diferença entre o volume total e o volume de sólidos de uma amostra, o qual pode ser ocupado por diferentes volumes de ar e de água (WALLER; WILSON, 1984). Esta é uma característica que tende a alterar ao longo do cultivo, pela acomodação das partículas (FERMINO, 2014), podendo diminuir quando se aumenta a compactação de um determinado material por meio da movimentação dos recipientes, frequência e tempo de irrigação. A medida que as partículas ficam mais próximas umas das outras, aumenta a proporção de microporos, diminuindo assim, o espaço de aeração e aumentando a retenção de água (FERMINO; MIETH, 2018).

O substrato deve ser suficientemente poroso, a fim de permitir trocas gasosas eficientes e, conseqüentemente, evitando a falta de ar para a respiração das raízes e atividade dos microrganismos do meio (KÄMPF, 2005).

De acordo com Fermino e Mieth (2018), o espaço de aeração (EA) é o volume de ar presente no substrato drenado, após saturação em condições equivalentes à sucção de uma coluna de água de 10 cm de altura (10 hPa). Considera-se água facilmente disponível (AFD) o volume liberado entre 10 e 50 cm de coluna (50 hPa). Água tamponante (AT) é a água retida no substrato entre 50 e 100 cm de coluna de água (100 hPa) ao passo que água disponível (AD) é toda a água entre 10 e 100 cm de coluna de água (10 a 100 hPa), ou seja, a água disponível mais a água tamponante. A diferença entre a porosidade total e a água disponível corresponde à água remanescente (FERMINO; MIETH, 2018).

O substrato tem sido considerado o fator primário que determina o espaço de aeração e a capacidade de retenção de água. No entanto, aponta-se quatro fatores principais que afetam essas características no meio de cultivo, como: o substrato (componentes e proporções), o recipiente (altura e forma), os procedimentos de manuseio de substrato e práticas de irrigação (BAILEY; FONTENO; NELSON, 2000).

A curva de disponibilidade de água de um substrato é composta por porosidade total, espaço de aeração, água facilmente disponível, água tamponante e água remanescente. Esta curva é importante, pois fornece dados sobre o volume de água disponível para as plantas, conforme a tensão. Assim, quanto mais água disponível a baixas tensões, menor será o gasto de energia pela planta para aproveitá-la (FERMINO; MIETH, 2018).

A escolha de um substrato com determinado valor de espaço de aeração deve ser feita considerando-se a espécie a ser cultivada, pois, as plantas apresentam diferentes exigências quanto ao volume de ar disponível no meio, assim como a frequência de irrigação e o ambiente de cultivo (BUNT, 1984).

A capacidade de retenção de água (CRA) refere-se ao espaço total de poros preenchidos de água após saturação e drenagem por gravidade (ZORZETO, 2011), ou seja, após a perda da água dos macroporos. A CRA pode ser determinada na tensão 10, 50 e 100 hPa, o que equivale a CRA10, CRA50 e CRA100, respectivamente, em laboratório (FERMINO, 2014; FERMINO; MIETH, 2018). Um substrato adequado terá uma capacidade de retenção de água elevada, mas também conterá macroporos suficientes para permitir a drenagem do excesso de água, evitando o encharcamento. A retenção de água é determinada pelo tipo e tamanho dos componentes do substrato (ZORZETO, 2011). Entretanto, o substrato inicial pode sofrer modificações, pois, conforme Regan (2014), à medida que os componentes orgânicos do substrato vão se decompondo, o tamanho das partículas diminui, o que aumenta a CRA e diminui o espaço de aeração. É importante conhecer a capacidade de retenção de água de um substrato, pois permite um planejamento adequado do manejo da irrigação das mudas em viveiro. Esse conhecimento é imprescindível para estabelecer um equilíbrio entre a água disponível para as plantas e o espaço de aeração para o desenvolvimento das raízes (LUDWIG et al., 2008).

2.1.2 Caracterização química dos substratos

2.1.2.1 Potencial hidrogeniônico (pH)

O pH refere-se à reação de alcalinidade ou acidez do meio de cultivo, numa escala de 1 a 14. Esta é de maior importância, pois está relacionada com a disponibilidade de nutrientes bem como aos processos fisiológicos da planta (KÄMPF, 2005).

De acordo com Fermino (2014), valores inadequados de pH podem afetar o desenvolvimento das plantas, principalmente sob acidez excessiva. Plantas cultivadas em ambientes ácidos têm menor disponibilidade de determinados nutrientes, além de estarem

sujeitas à maior absorção de elementos tóxicos como alumínio e manganês. Contudo, as espécies apresentam diferenças genéticas que inferem graus de sensibilidade distintos para o mesmo valor de pH (FERMINO, 2014).

Os valores do pH variam muito entre os componentes de substratos, desde extremamente baixos, como na turfa, até extremamente altos, como na vermiculita, casca de arroz, casca de acácia-negra, entre outros. Considerando as necessidades nutricionais das plantas, a correção do pH deve ser feita por meio da calagem ou de condicionadores específicos (KÄMPF, 2005).

Os valores tidos como ideais situam-se na faixa de 5,5 a 6,5 (pH em água), para material mineral a até 5,8 para material orgânico, porém a interpretação dos valores deve levar em consideração o tipo de extrator utilizado (FERMINO, 2014). Nesse contexto, Gonçalves e Poggiani (1996) e Jacobs e Landis (2009), indicam que para espécies florestais, o intervalo de pH esteja entre 5,5 e 6,5, embora algumas espécies possam exigir ou tolerar um pH maior ou menor.

2.1.2.2 Condutividade elétrica (CE)

A condutividade elétrica fornece uma estimativa do conteúdo de sais solúveis de um meio de crescimento, em função dos íons dissolvidos na água que conduzem corrente elétrica na proporção de sua concentração (FERMINO, 2014). Normalmente a CE é medida em miliSiemens por centímetro (mS/cm), o que equivale a deciSiemens por metro (dS/m) (WITCHER, 2013). O conhecimento da CE é importante, pois as plantas variam em sua tolerância ao estresse osmótico causado por altos níveis de salinidade (FERMINO; MIETH, 2018). A CE pode estar relacionada ao estado nutricional do substrato e é usada como uma diretriz para determinar se o fertilizante suplementar é necessário. Com isso, a análise periódica da CE é uma ferramenta útil para monitorar o estado nutricional de um substrato (INGRAM; HENLEY; YEAGER, 2003).

O teor total de sais solúveis (TTSS) é outro método utilizado para a determinação da salinidade de substratos. Este é obtido a partir da densidade do material no estado de umidade que é recebido para análise do valor da condutividade elétrica e da temperatura do extrato, com base numa solução de KCl, possibilitando avaliar a concentração salina em peso:volume da amostra. Analisando a relação teórica entre o peso da amostra e o volume de água de 1:10, os resultados obtidos são considerados referenciais (FERMINO, 2014).

Na Tabela 1 é possível observar alguns valores propostos para características físicas e químicas de substratos considerados adequados para o crescimento de mudas de espécies florestais arbóreas.

Tabela 1 - Escala de valores para propriedades físicas e químicas de substratos usados para a produção de mudas de espécies florestais arbóreas

DS g L⁻¹	PT %	EA %	CRA %	pH	CE dS m⁻¹	Referência
400 - 500	-	-	-	-	-	Bunt (1961)
-	85	20 - 30	-	-	-	De Boodt e Verdonck (1972)
450 - 550	75 - 85	35 - 45	20 - 30	5,5 - 6,5	-	Gonçalves e Poggiani (1996)
300 - 500	-	-	-	5,0 - 5,8	-	Kampf (2005)
-	-	10 - 30	45 - 65	5,5 - 6,3	< 0,75	Regan (2014)
378	68	13	21	5,76	0,59	Mieth et al. (2018)

Sendo: DS: densidade seca; PT: porosidade total; EA: espaço de aeração; CRA: capacidade de retenção de água; pH: potencial hidrogeniônico e CE: condutividade elétrica.

2.1.3 Materiais utilizados como componentes de substratos

Difícilmente encontra-se um material que apresente todas as características desejáveis para atender às condições de crescimento e desenvolvimento das plantas (SOUZA et al., 1995) por essa razão, os substratos em geral apresentam mistura de dois ou mais componentes. Os materiais consagrados internacionalmente pelas indústrias de substratos para plantas podem ser de origem mineral ou orgânica, natural ou sintética (GUERRERO; POLO, 1989; KÄMPF, 2005). Os materiais minerais destacados são a argila expandida, a perlita e a vermiculita, enquanto os orgânicos são os resíduos resultantes das práticas agroindustriais tais como, casca de arroz, de amendoim, de acácia-negra, de pinus, fibra de coco, serragem, maravalha, entre outros.

O material orgânico mais utilizado é a turfa, além deste destaca-se também o solo mineral, areia e os sintéticos como o poliestireno expansível (isopor), lã-de-rocha, espuma fenólica entre outros (KÄMPF, 2005). A turfa tornou-se o principal componente para a elaboração de substratos, devido as suas características, como alto teor de matéria orgânica, baixo valor de pH, baixa disponibilidade de nutrientes, alto poder tampão, alta capacidade de retenção de água e boa aeração (FERMINO, 2014). No entanto, devido ao alto custo de aquisição para países importadores da turfa, inúmeros materiais alternativos (orgânicos) que possam substituir o seu uso, têm sido procurados e estudados (LANDIS; MORGAN, 2009). Alguns resíduos como caroço de pêssigo quando triturado, também podem ser utilizados como

componentes de substrato (FERMINO et al., 2018; MIETH et al., 2018). Entretanto, esses materiais precisam apresentar propriedades físicas e químicas semelhantes às da turfa, como é o caso da fibra de coco (ROSA et al., 2002; KRATZ et al., 2013).

Conforme Caldeira et al. (2013) a eficiência desses materiais é testada por meio das análises físicas e químicas, relacionadas ao crescimento e atributos morfológicos de plantas cultivadas em diferentes misturas.

Atualmente, especial atenção vem sendo dada para minimização ou reaproveitamento de resíduos sólidos gerados nos diferentes processos industriais e agrícolas. Os resíduos provenientes da indústria de alimentos envolvem quantidades apreciáveis de casca, caroço e outros. Esses materiais, além de fonte de matéria orgânica, servem como fonte de proteínas, enzimas, óleos essenciais e componentes de substrato, passíveis de recuperação e aproveitamento (COELHO et al., 2001).

2.3 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE PLANTAS

A escolha de atributos que determinam a qualidade das mudas ainda não está bem definida, além disso, a obtenção de muitos daqueles avaliados em pesquisa não é viável operacionalmente em viveiros. Na maioria das vezes os critérios usados para seleção de mudas com qualidade são baseados em atributos eficientes para esse fim, uma vez que o padrão varia de acordo com a espécie e local de ocorrência (GOMES; PAIVA, 2011).

Para determinação da qualidade de mudas de espécies florestais, são utilizados atributos morfológicos e fisiológicos, os quais dependem da carga genética, da procedência das sementes, condições ambientais e técnicas de produção (GOMES; PAIVA, 2011). De acordo com Araujo et al. (2018) esses atributos são verificados por meio de métodos não destrutivo e destrutivo, sendo que esse último inviabiliza o uso da planta, posteriormente.

Os atributos morfológicos podem ser facilmente observados e mensurados (LANDIS; DUMROESE, 2010). Os mais usados são a altura da parte aérea (H) e o diâmetro do coleto (DC), destes se obtém a relação H/DC (GOMES; PAIVA, 2011). Estes atributos fornecem uma estimativa para o crescimento inicial e sobrevivência das mudas a campo, sendo que para algumas espécies exóticas, considera-se a muda apta para o plantio quando a mesma apresentar 15,0 a 25,0 cm de H e DC maior que 2,0 mm (WENDLING; DUTRA, 2017).

Outros atributos que também podem ser utilizados são a matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca radicular (MSR), matéria seca total (MST), número de folhas (NF), área foliar (AF), comprimento radicular (CR) e volume radicular (VR) (ARAUJO et al., 2018). A MSPA está diretamente relacionada com a quantidade e qualidade das folhas, tornando-se uma importante característica, visto que as folhas constituem uma das fontes de fotoassimilados e nutrientes necessários para sobrevivência e estabelecimento no plantio (BELLOTE; SILVA, 2005).

Além desses atributos, é possível determinar índices morfológicos como a MSPA/MSR e Índice de Qualidade de Dickson (IQD) (DICKSON; LEAF; HOSNER, 1960). O IQD é uma expressão balanceada em que são incluídas as relações dos atributos morfológicos, matéria seca total (MST), altura da parte aérea (H), diâmetro do coleto (DC), matéria seca da parte aérea (MSPA) e matéria seca radicular (MSR) (GOMES; PAIVA, 2011), sendo que o valor desse índice de qualidade deve ser maior que 0,2 (BIRCHLER et al., 1998). Contudo, essa resposta só pode ser comparada em diferentes tratamentos com mudas da mesma espécie, considerando suas características próprias (BUSATO et al., 2012).

Os atributos fisiológicos indicam o metabolismo da planta, sendo importantes para prognosticar problemas futuros de desenvolvimento da mesma (ARAUJO et al., 2018). Estes não são facilmente visíveis e precisam ser medidos com equipamentos próprios ou por meio de análises laboratoriais (LANDIS; DUMROESE, 2010). Pelo método não destrutivo, é possível verificar o estado fisiológico da planta, utilizando equipamentos que fornecem dados relacionados ao aparato fotossintético (fluorômetro portátil de luz modulada, medidor eletrônico de clorofila *a*). No método destrutivo, é possível determinar o teor de pigmentos fotossintéticos (clorofila *a*, clorofila *b* e carotenoides) e atributos do sistema de defesa da planta, como enzimas antioxidantes (ARAUJO et al., 2018). Dos diversos atributos fisiológicos, destacam-se os teores de clorofila *a*, *b*, total e carotenoides, índice de clorofila Falker e a fluorescência da clorofila *a* (ARAUJO et al., 2018).

A avaliação da eficiência fotoquímica da fotossíntese é obtida por meio de algumas variáveis da fluorescência da clorofila *a*, que ocorre quando há dissipação do excesso de energia nos centros de reações dos fotossistemas I e II (PSI e PSII) (LANDIS; DUMROESE, 2010). A fluorescência da clorofila *a* indica o nível de excitação da energia no sistema de pigmentos, que conduz a fotossíntese e fornece auxílio para estimar a inibição ou o dano no processo de transferência de elétrons do PSII (KRAUSE; WEIS, 1991).

As principais variáveis observadas nas medições da fluorescência da clorofila *a* são a fluorescência inicial (F_0), fluorescência máxima (F_m), fluorescência variável (F_v) e rendimento

quântico máximo do PSII (F_v/F_m). A F_o mede o nível mínimo de fluorescência, mediante luz de baixa intensidade, a F_m é um pulso de luz capaz de fechar os centros de reação, a F_v representa o fluxo de elétrons do centro de reação do PSII até a plastoquinona e a relação F_v/F_m é uma medida do potencial máximo do rendimento quântico do PSII de dada amostra, sendo $F_v/F_m = (F_m - F_o)/F_m$ (KRAUSE; WEIS, 1991; ARAÚJO, 2007).

2.4 *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos

Handroanthus heptaphyllus pertence à família Bignoniaceae, conhecida popularmente como ipê, ipê-roxo, pau-d'arco-roxo, com ocorrência no Brasil (Pará, Amazonas, Mato Grosso, Bahia, Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo e Rio Grande do Sul), Bolívia, Peru, Paraguai e norte da Argentina. A espécie é heliófita, secundária tardia, ocorre naturalmente na Floresta Estacional Decidual. A dispersão da espécie é ampla, podendo esporadicamente ocorrer também em formações abertas (LORENZI, 2002; CARVALHO, 2003; BACKES; IRGANG, 2009).

A árvore é de grande porte podendo atingir até 35 m de altura, com fuste reto de até 1,5 m de diâmetro, casca parda, grossa e fissurada longitudinalmente (BACKES; IRGANG, 2009). A sua floração ocorre durante os meses de junho a setembro, com a planta totalmente sem folhagem (CARVALHO, 2003). A frutificação ocorre nos meses de setembro até início de outubro. O fruto é classificado como siliqua alongada de até 35 cm de comprimento e 1,5 cm de largura, glabro, com sementes aladas de até 20 mm de comprimento e 7 mm de largura de coloração castanha e duas asas esbranquiçadas, membranáceas, mais ou menos brilhantes. A dispersão das sementes é anemocórica (CARVALHO, 2003; BACKES; IRGANG, 2009).

As sementes do ipê-roxo atingem a maturação em torno de 100 dias após o florescimento e os frutos devem ser coletados na árvore, quando mudam da coloração verde para quase preto e antes da dispersão das sementes (CARVALHO, 2003). Em relação ao armazenamento, as sementes não apresentam comportamento típico de recalcitrantes, nem ortodoxas, possuem uma tendência intermediária entre as duas classificações (TONETTO et al., 2015). No viveiro a produção de mudas pode ser via seminal, após a semeadura a emergência começa a partir do sétimo dia. As mudas estarão prontas para plantio no campo em cinco meses após a semeadura (OLIVEIRA et al., 2016). Abreu et al. (2017), Alves et al. (2017), Lisboa et al. (2018), Mezzomo et al. (2018), também avaliaram com êxito a produção de mudas de *Handroanthus heptaphyllus* em viveiro.

A espécie é bastante usada como ornamental em praças, jardins públicos e na arborização de ruas, avenidas e estradas. A madeira é densa (0,90 a 1,07 g.cm⁻³) com alta durabilidade e resistência a cupins, de cor castanho-escuro, usada em construção civil e naval, carpintaria, marcenaria e na confecção de tacos de assoalho e de brilhar, pontes, parquetes, vigas, postes, dormentes e mourões. Produz lenha de boa qualidade e é usada na fabricação de carvão (CARVALHO, 2003; BACKES; IRGANG, 2009).

2.5 *Schinus terebinthifolius* Raddi

A *Schinus terebinthifolius* pertence a família Anacardiaceae, conhecida como pimenteira, aroeira-vermelha, aroeira-braba, entre outros. Esta espécie ocorre de forma natural no Brasil (Pernambuco até Mato Grosso do Sul e Rio Grande do Sul em diversas formações vegetais), na Argentina e no Paraguai (BACKES; IRGANG, 2009; CORADIN; SIMISKI; REIS, 2011). Em alguns países onde esta espécie foi introduzida para fins ornamentais, tornou-se invasora pela sua capacidade de adaptação e colonização de áreas alteradas (CABI, 2005).

A espécie é pioneira a secundária inicial, comum na vegetação secundária, nos estágios de capoeira e floresta secundária. Possui porte variado (de arbusto a árvore), com até 15 m de altura e 10 a 30 cm de diâmetro a altura do peito (DAP), podendo ser maior na idade adulta. O tronco pode ser reto a tortuoso, com uma copa baixa, densa a irregular (CARVALHO, 2003; CORADIN; SIMINSKI; REIS, 2011). Possui casca com espessura de 15 mm de cor cinza-escuro a preto, escamosa e interna avermelhada com textura fibrosa, odor característico com exsudação de terebintina. As folhas são compostas, imparipinadas, variáveis, alternas, com 9 a 11 folíolos (CARVALHO, 2003; BACKES; IRGANG, 2009). As flores são de cor branca-amarelada a branca-esverdeada, pequenas e numerosas, fruto drupáceo, globoso, pequeno, levemente achatado no comprimento, com uma semente por fruto.

A dispersão de frutos e sementes é zoocórica, principalmente pelas aves. Essa espécie é indicada para recuperação de áreas alteradas e degradadas, devido à função ecológica que exerce, pois, seus frutos são amplamente disseminados por pássaros (BACKES; IRGANG, 2009), não apresenta dormência (MARTINS et al., 2004). Atrai vários insetos, responsáveis pela sua polinização (KÖHLER, 2010) o que contribui para a perpetuação da espécie.

Sua madeira é considerada moderadamente pesada a pesada (840 kg/m³) e de durabilidade natural, podendo ser utilizada para esteios, moirões, lenha e carvão. Quando

cortada rebrota a partir do caule assim como pela raiz, desenvolvendo troncos múltiplos (BACKES; IRGANG, 2009).

A propagação pode ser sexuada (sementes) ou assexuada (estaquia) a partir de segmentos do caule ou da raiz, pois ambos os órgãos vegetativos emitem brotações quando cortados (CARVALHO, 2003).

Na produção de mudas em viveiro, a emergência de plântulas ocorre entre 10 e 70 dias, em substrato bem drenado. A partir dos 120 dias, se as mudas apresentarem 20 a 80 cm de altura, podem ser levadas a campo para plantio (CARVALHO, 2003; BACKES; IRGANG, 2009). Alguns estudos já foram realizados avaliando o crescimento inicial e qualidade de mudas de *S. terebinthifolius* em viveiro (JOSÉ; DAVIDE; OLIVEIRA, 2005; SOUZA et al., 2009; ABREU et al., 2017; CABREIRA et al., 2017; FRANCESCHI et al., 2018).

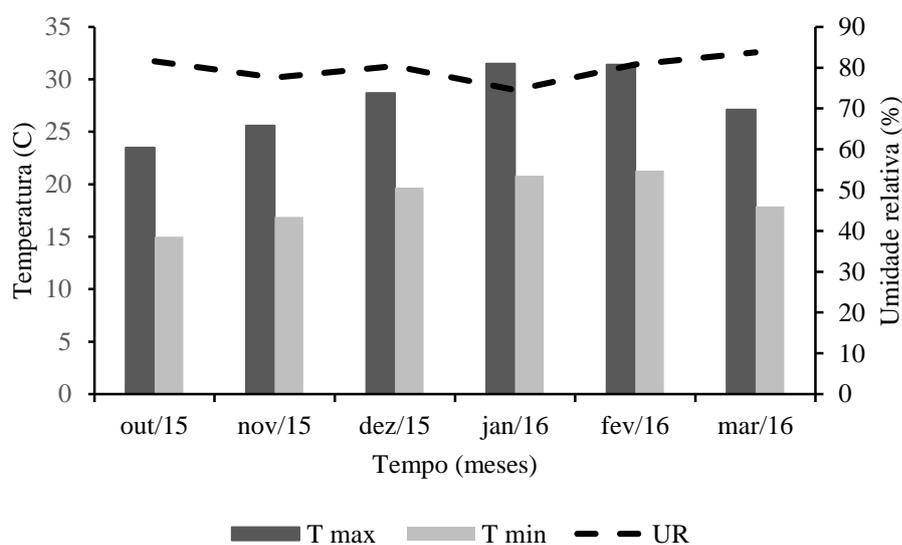
A pimenteira exerce várias funções ecológicas, além disso, os frutos são utilizados na indústria alimentar, possuem um sabor suave, levemente apimentado, sendo utilizada na forma de grãos inteiros ou moídos, dominando o mercado nacional, assim como internacional (CARVALHO, 2003; CORADIN; SIMINSKI; REIS, 2011), sendo considerada fonte de renda em algumas regiões do Brasil (GOMES et al., 2013). A espécie é também conhecida por suas características medicinais e produção de forragem e das sementes são extraídos óleos essenciais que possuem atividade pesticida (CABI, 2005).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no Laboratório de Silvicultura e Viveiro Florestal (29°43' S e 53°43' O) do Departamento de Ciências Florestais (DCFL) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), no município de Santa Maria, RS. O clima local, segundo a classificação de Köppen, é Subtropical do tipo Cfa, com quatro estações bem definidas, precipitação média anual entre 1.500 e 1.600 mm e temperatura média anual de 19,2 °C (ALVARES et al., 2013).

Os dados meteorológicos de temperatura máxima, mínima e umidade relativa registrados no município de Santa Maria durante a condução do experimento foram obtidos na Estação Meteorológica de Santa Maria, localizada no Campus da UFSM (Figura 1).

Figura 1 - Temperatura máxima (T max), temperatura mínima (T min) e umidade relativa (UR) registradas no município de Santa Maria, RS, durante a condução do experimento no viveiro



Fonte: BDMET/INMET (2018).

3.1 COMPONENTES DE SUBSTRATO

O substrato comercial (SC) usado foi o Beifort S-10B[®], orgânico fabricado a partir de material regional oriundo da vitivinicultura (sementes e engace), além da casca de arroz carbonizada, turfa e vermiculita. Como componentes do substrato foram utilizados a casca de arroz carbonizada (CAC), hidrolisada (CAH) e caroço de pêssego triturado (CPT) (como condicionadores). A CAC foi adquirida de produtores locais e a CAH foi processada no Laboratório de Silvicultura e Viveiro Florestal.

Para a carbonização da casca de arroz, existem fornos apropriados e na ausência destes é possível carbonizar de forma artesanal. Esse processo consiste em fazer fogo com lenha ou carvão num piso plano, colocar o cilindro carbonizador sobre o fogo e depois a base de encaixe da chaminé sobre o cilindro carbonizador, em seguida coloca-se as cascas de arroz circundando o cilindro até a altura da base de encaixe da chaminé, de maneira que formem um cone das cascas de arroz. A chaminé é colocada sobre sua base de encaixe, localizada na parte superior do cilindro carbonizador. A partir desse momento deve-se ficar atento à saída de fogo na superfície da camada de cascas de arroz, cuidando para não deixar formar chamas. Com auxílio de uma pá, retira-se as cascas da base da camada (próximo ao solo) e coloca-se sobre os locais em chamas (pontos de fogo) da superfície da camada. Quando toda camada de cascas estiver carbonizada (escura como carvão vegetal) coloca-se mais cascas para continuar a carbonização com auxílio de uma pá, afasta-se para o lado aquelas já carbonizadas e umedece-as com água até certificar-se de que não há mais combustão, restando apenas a casca de arroz carbonizada (MEDEIROS, 1998).

A hidrolisação foi feita com imersão da casca de arroz *in natura* em água potável, até decomposição parcial do material orgânico. Para isso, foi utilizada uma caixa de 1000 L, onde foi preenchida até 10 cm da borda com casca e em seguida foi acrescentada água até encher o recipiente. Num intervalo de dois dias foi realizada a coleta de uma amostra de água para medição do pH e CE, e em seguida retirada toda a água do recipiente e substituída por água potável. Este processo foi repetido até a estabilização do pH, da CE e da sedimentação da casca no fundo do recipiente, quando o processo foi finalizado. Após esse processo a casca foi seca em área coberta e depois armazenada em sacos para uso posterior. O caroço de pêssego foi adquirido na Empresa Oderich S.A. (fábrica de conservas no Rio Grande do Sul). Esse foi seco em temperatura ambiente e após triturado em moinho de martelo. Na formulação dos substratos foram utilizadas três proporções (10, 20 e 30%) (v:v) dos componentes CAC, CAH e CPT,

misturados ao substrato comercial Beifort S-10[®], totalizando 10 tratamentos (Tabela 2), considerando o substrato comercial na forma pura (testemunha).

Tabela 2 - Composição e proporção de componentes utilizados na produção de mudas de *S. terebinthifolius* e *H. heptaphyllus* em viveiro, Santa Maria, RS

Tratamentos	Componentes/proporção (v:v)
T1 – 100SC	100% SC
T2 – 10CAC	90% SC e 10% CAC
T3 – 20CAC	80% SC e 20% CAC
T4 – 30CAC	70% SC e 30% CAC
T5 – 10CAH	90% SC e 10% CAH
T6 – 20CAH	80% SC e 20% CAH
T7 – 30CAH	70% SC e 30% CAH
T8 – 10CPT	90% SC e 10% CPT
T9 – 20CPT	80% SC e 20% CPT
T10 – 30CPT	70% SC e 30% CPT

Onde: SC - substrato comercial Beifort S-10; CAC - casca de arroz carbonizada; CAH - casca de arroz hidrolisada e CPT - caroço de pêssego triturado.

Fonte: Autora (2019).

3.1.1 Caracterização física e química dos substratos

As análises das características físicas e químicas (Tabela 3) foram realizadas no Laboratório de Análises de Substratos para Plantas (LASPP) da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (FEPAGRO), atual Departamento de Diagnóstico e Pesquisa Agropecuária/SEAPIR do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

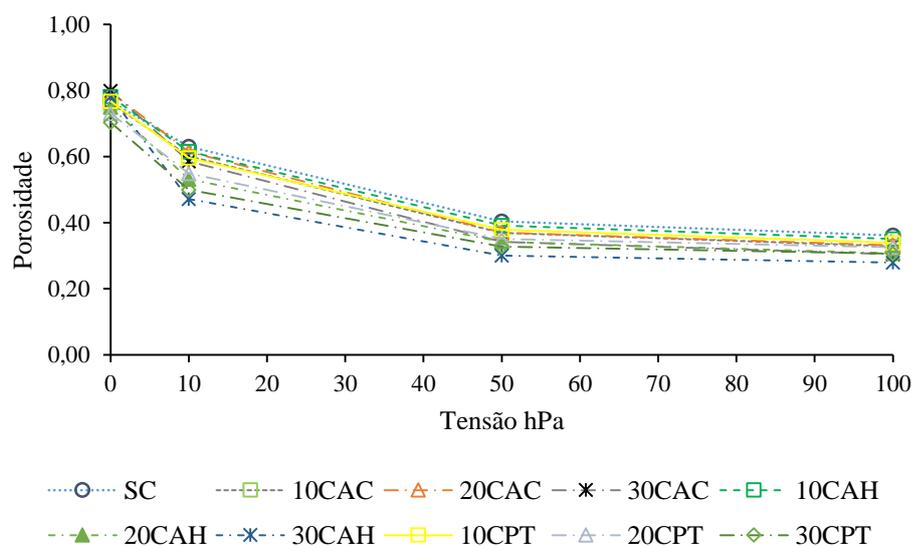
Tabela 3 - Análise física e química do substrato comercial e diferentes combinações com CAC, CAH e CPT utilizados na produção de mudas de *S. terebinthifolius* e *H. heptaphyllus*, em viveiro, Santa Maria, RS

Substratos (%)	Característica							
	DS (kg m ⁻³)	PT (m ³ m ⁻³)	EA (m ³ m ⁻³)	CRA	AFD (m ³ m ⁻³)	AT (m ³ m ⁻³)	pH	CE (dS m ⁻¹)
100SC	270,38	0,77	0,14	62,96	22,58	4,20	5,68	0,52
10CAC	252,06	0,76	0,16	60,14	23,24	4,02	5,91	0,48
20CAC	252,65	0,79	0,18	61,41	24,38	3,91	5,75	0,44
30CAC	237,93	0,80	0,21	58,52	24,28	3,75	5,92	0,38
10CAH	268,18	0,78	0,17	61,50	22,40	4,03	5,39	0,53
20CAH	246,38	0,75	0,22	53,14	18,89	3,47	5,40	0,53
30CAH	232,79	0,78	0,31	47,12	17,05	2,16	5,51	0,45
10CPT	322,63	0,77	0,17	59,63	21,73	3,94	5,53	0,50
20CPT	354,30	0,73	0,18	54,89	19,85	2,43	5,41	0,50
30CPT	402,76	0,70	0,20	49,94	17,14	2,15	5,64	0,40

Sendo: DS - Densidade seca; PT - Porosidade total; EA - Espaço de aeração; CRA - Capacidade de retenção de água; AFD - água facilmente disponível; AT - água tamponante; pH - potencial hidrogeniônico; CE - condutividade elétrica; SC - Substrato comercial; 100SC - 100% substrato comercial; 10CAC - 90% SC + 10% casca de arroz carbonizada (CAC); 20CAC - 80% SC + 20% CAC; 30CAC - 70% SC + 30% CAC; 10CAH - 90% SC + 10% casca de arroz hidrolisada (CAH); 20CAH - 80% SC + 20% CAH; 30CAH - 70% SC + 30% CAH; 10CPT - 90% SC + 10% caroço de pêsego triturado (CPT); 20CPT - 80% SC + 20% CPT; 30CPT - 70% SC + 30% CPT.

Fonte: Fermino et al. (2018).

Figura 2 - Curva de Disponibilidade de água:ar, do substrato comercial e diferentes combinações com CAC, CAH e CPT utilizados na produção de mudas de *S. terebinthifolius* e *H. heptaphyllus*, em viveiro, Santa Maria, RS



Fonte: Fermino et al. (2018).

3.2 PRODUÇÃO DE MUDAS

Foram realizados dois experimentos, considerando a produção de mudas no viveiro de *S. terebinthifolius* e *H. heptaphyllus*. Os experimentos consistiram em esquema fatorial (2×10), dois tamanhos de recipientes (110 e 180 cm³) e dez misturas de substratos, em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições de 48 mudas cada (6×8), sendo 4×6 utilizadas como parcela útil e as restantes como bordadura.

Em cada tratamento foi adicionado 8 g L⁻¹ de fertilizante de liberação controlada (FLC), na formulação NPK 15-09-12, cálcio (Ca), magnésio (Mg) e micronutrientes tais como enxofre (S), boro (B), cobre (Cu), manganês (Mn), ferro (Fe) e zinco (Zn). Os tubetes cônicos de polipropileno de 110 e 180 cm³ foram preenchidos com substrato comercial (SC100) e as misturas com outros componentes a base de CAC, CAH e CPT, nas proporções de 10, 20 e 30% (CAC10 a CPT30) (Tabela 3). Posteriormente, foram alocados em bandejas com 96 células (110 cm³) e 54 células (180 cm³) e levados a mesa de compactação por 25 segundos para acomodação do substrato, completando-se o volume dos recipientes para o preenchimento total, quando necessário.

As sementes das espécies estudadas foram coletadas em dez árvores matrizes no município de Santa Maria, RS. A semeadura de *S. terebinthifolius* e *H. heptaphyllus* foi realizada manualmente, sendo colocadas três sementes em cada recipiente e após cobertas com uma fina camada do mesmo substrato.

Após a semeadura, as bandejas foram colocadas em casa de vegetação (com quatro irrigações diárias, vazão de 4 mm dia⁻¹). Aos 28 dias após o semeio, quando as mudas apresentaram dois a três pares de folhas, fez-se o raleio, deixando apenas uma planta por recipiente, a mais vigorosa e central. Aos 60 dias após o semeio foi realizada a alternagem, reduzindo a densidade das mudas para 50% da capacidade da bandeja.

As avaliações morfológicas e fisiológicas foram realizadas aos 90 e 108 dias após a emergência das plantas de *S. terebinthifolius* e *H. heptaphyllus*, respectivamente. Essas foram feitas quando um dos tratamentos apresentou mudas com altura mínima de 20,0 cm e diâmetro do coleto de cerca de 3,0 mm, conforme padrão estabelecido para expedição de mudas florestais nativas, (GOMES; PAIVA, 2013) foi realizada a avaliação dos atributos morfológicos. Mediu-se a altura da parte aérea (H) e diâmetro do coleto (DC), com auxílio de uma régua (cm) e paquímetro digital (mm), respectivamente. Posteriormente, três plantas por repetição foram escolhidas de forma aleatória, seccionadas em parte aérea (caule e folhas) e radicular, para a

obtenção da matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca radicular (MSR), matéria seca total (MST), área foliar (AF) e Índice de Qualidade de Dickson (IQD).

As raízes foram lavadas em água corrente sobre peneiras para a retirada do substrato. Na determinação da área foliar, as folhas foram distribuídas sobre folha de papel A4, prensadas por um vidro transparente e fotografadas com câmera digital SONY (modelo DSC-T100), fixada em uma estrutura com altura de 18 cm e zoom 4.5, em seguida as imagens foram processadas com auxílio do software de análise de imagens *Image J*.

Após a obtenção das imagens das folhas e das raízes, os materiais foram colocados em sacos de papel e submetidos a secagem em estufa com circulação de ar, a 65 °C até peso constante para a determinação da matéria seca. Em seguida as amostras foram pesadas em balança digital de precisão (0,001 g) para a obtenção da MSPA, MSR, MST e IQD usando a fórmula abaixo (DICKSON; LEAF; HOSNER, 1960):

$$IQD = \frac{MST}{\left(\frac{H}{DC}\right) + \left(\frac{MSPA}{MSR}\right)}$$

Onde: IQD - Índice de Qualidade de Dickson; MST - matéria seca total; H - altura; DC - diâmetro do coleto; MSPA - matéria seca da parte aérea e MSR - matéria seca radicular.

Para a obtenção dos atributos fisiológicos foram escolhidas aleatoriamente três mudas por tratamento. Foi feita a medição da fluorescência da clorofila *a*, antes da leitura a terceira folha expandida de cada tratamento foi adaptada ao escuro com papel alumínio, por 30 minutos, e posteriormente, a medição foi realizada usando um fluorômetro de pulso modulado JUNIOR-PAM (Walz, Alemanha), no período das 8 h às 10 h. Foram obtidos os valores da fluorescência inicial (F_o) e máxima (F_m) e com estas variáveis foi obtida a eficiência fotoquímica máxima do fotossistema II (F_v/F_m), onde F_v é a fluorescência variável ($F_v = F_m - F_o$).

Os teores relativos de clorofila *a* e *b* foram avaliados em três plantas por tratamento com um clorofilômetro (ClorofiLOG, CF 1030, Falker Agricultural Automation, Brasil) em dois pontos do terço médio da quinta folha a partir do ápice da planta, e expresso em índice de clorofila Falker (ICF).

3.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram verificados quanto aos pressupostos de normalidade dos erros e homogeneidade da variância pelos testes de Shapiro-Wilk e Bartlett ($p > 0,05$), respectivamente, por meio do suplemento Action. Os dados que não apresentaram normalidade de variância foram transformados por Box-Cox (EQUIPE ESTATCAMP, 2014). Após, foi realizada análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas entre si pelo teste t (recipientes) e Scott-Knott (substratos) a 5% de probabilidade de erro. As análises foram realizadas no software Sisvar (FERREIRA, 2014).

4. RESULTADOS

4.1 DESEMPENHO DAS MUDAS DE *Schinus terebinthifolius*

Para *S. terebinthifolius* a análise de variância demonstrou interação significativa entre os fatores (recipiente x substrato) para as variáveis altura (H) e rendimento quântico máximo do PSII (F_v/F_m), respectivamente, com $p = 0,012$ e $p = 0,017$ (Tabela 4).

Para o diâmetro do coleto (DC) houve efeito significativo dos fatores isolados, recipiente ($p < 0,001$) e substrato ($p < 0,001$), enquanto para matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca radicular (MSR), matéria seca total (MST), área foliar (AF) e índice de qualidade de Dickson (IQD) houve efeito significativo somente para o fator recipiente ($p < 0,001$, $p < 0,001$, $p < 0,001$, $p < 0,001$ e $p < 0,001$, respectivamente) (Tabela 5).

A maioria das combinações, independente do volume do recipiente (110 ou 180 cm³) apresentaram resultado semelhantes ao SC, quando foi utilizado 20% de CAC, CAH e CPT, não comprometendo o crescimento em altura das mudas de *S. terebinthifolius*. Porém, quando foi utilizado o recipiente de menor volume combinado às misturas de 30% de qualquer um dos componentes secundários, constatou-se menor crescimento (Tabela 4). Esse resultado é parcialmente confirmado pelo menor rendimento quântico (F_v/F_m), quando foi utilizada a mistura de 30% de CAH no recipiente de 110 cm³ (Tabela 4).

Tabela 4 - Médias de altura (H) e relação F_v/F_m de plantas de *S. terebinthifolius*, produzidas em diferentes recipientes e substratos, 90 dias após a emergência, em viveiro, Santa Maria, RS

Substratos	Altura (cm)		Fv/Fm	
	Recipientes (cm ³)			
	110	180	110	180
100SC	32,71 Aa*	33,16 Aa	0,79 Aa	0,64 Bb
10CAC	32,23 Aa	37,72 Aa	0,74 Aa	0,72 Aa
20CAC	34,60 Aa	39,94 Aa	0,76 Aa	0,74 Aa
30CAC	28,48 Bb	35,91 Aa	0,78 Aa	0,77 Aa
10CAH	32,79 Aa	33,64 Aa	0,79 Aa	0,78 Aa
20CAH	34,95 Aa	31,66 Aa	0,74 Aa	0,77 Aa
30CAH	22,44 Bb	34,38 Aa	0,64 Bb	0,75 Aa
10CPT	30,36 Aa	29,64 Aa	0,77 Aa	0,75 Aa
20CPT	31,12 Aa	32,14 Aa	0,71 Ba	0,74 Aa
30CPT	27,58 Bb	35,53 Aa	0,71 Ba	0,70 Ba
CV (%)	12,57		7,83	
Média geral	32,55		0,74	

*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha (recipiente) e minúscula na coluna (substrato) não diferem entre si pelo teste t e Scott-Knott, respectivamente, a 5% de probabilidade de erro. Sendo: SC - Substrato comercial; 100SC - 100% substrato comercial; 10CAC - 90% SC + 10% casca de arroz carbonizada (CAC); 20CAC - 80% SC + 20% CAC; 30CAC - 70% SC + 30% CAC; 10CAH - 90% SC + 10% casca de arroz hidrolisada (CAH); 20CAH - 80% SC + 20% CAH; 30CAH - 70% SC + 30% CAH; 10CPT - 90% SC + 10% caroço de pêssego triturado (CPT); 20CPT - 80% SC + 20% CPT; 30CPT - 70% SC + 30% CPT e CV - coeficiente de variação.

Fonte: Autora (2019).

Para o recipiente de 180 cm³ o DC foi 16% superior em relação ao de 110 cm³. Considerando todos os substratos a média geral foi de 3,56 mm (Apêndice A), com exceção do substrato com a maior proporção de CAH (30%) que apresentou qualidade inferior das mudas produzidas (2,79 mm) (Tabela 5).

A matéria seca da parte aérea (MSPA) e matéria seca radicular (MSR) representaram 28% e 21%, respectivamente, dos valores observados para o recipiente de 180 cm³, não diferindo entre os substratos (Tabela 5). Para os atributos MST, IQD e AF as maiores médias foram observadas no recipiente de 180 cm³ sendo 21%, 27% e 30%, respectivamente, superiores comparados ao recipiente de 110 cm³, porém não houve diferença significativa para os substratos (Tabela 5).

Tabela 5 - Médias de diâmetro do coleto (DC), matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca radicular (MSR), matéria seca total (MST), índice de qualidade de Dickson (IQD) e área foliar (AF) de plantas de *S. terebinthifolius*, produzidas em diferentes recipientes e substratos, 90 dias após a emergência, em viveiro, Santa Maria, RS

Variáveis						
Recipientes (cm ³)	DC (mm)	MSPA (g)	MSR (g)	MST (g)	IQD	AF (cm ²)
110	3,19 b	2,0 b	0,54 b	2,54 b	0,19 b	27,86 b
180	3,78 a	2,77 a	0,68 a	3,46 a	0,26 a	40,04 a
Substratos						
100SC	3,57 a	2,38 ^{ns}	0,44 ^{ns}	2,82 ^{ns}	0,19 ^{ns}	34,53 ^{ns}
10CAC	3,52 a	2,74	0,59	3,33	0,23	40,27
20CAC	3,73 a	2,86	0,65	3,51	0,24	40,82
30CAC	3,54 a	2,52	0,60	3,12	0,24	34,34
10CAH	3,44 a	2,36	0,66	3,03	0,23	34,08
20CAH	4,06 a	2,25	0,60	2,85	0,23	33,33
30CAH	2,79 b	2,03	0,57	2,60	0,19	30,11
10CPT	3,55 a	2,66	0,85	3,48	0,30	31,78
20CPT	3,41 a	1,83	0,54	2,37	0,19	28,49
30CPT	3,21 a	2,25	0,63	2,87	0,21	31,71
CV (%)	11,13	42,88	30,37	35,32	3,77	25,01
Média geral	3,48	2,39	0,61	3,00	0,23	33,95

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade de erro pelo teste t (recipientes) e Scott-Knott (substratos). Sendo: SC - Substrato comercial; 100SC - 100% substrato comercial; 10CAC - 90% SC + 10% casca de arroz carbonizada (CAC); 20CAC - 80% SC + 20% CAC; 30CAC - 70% SC + 30% CAC; 10CAH - 90% SC + 10% casca de arroz hidrolisada (CAH); 20CAH - 80% SC + 20% CAH; 30CAH - 70% SC + 30% CAH; 10CPT - 90% SC + 10% carroço de pêsego triturado (CPT); 20CPT - 80% SC + 20% CPT; 30CPT - 70% SC + 30% CPT; CV - coeficiente de variação e ns - não significativo.

Fonte: Autora (2019).

Para as variáveis fisiológicas índice de clorofila Falker (ICF) *a* e *b* houve efeito significativo ($p = 0,006$ e $p = 0,02$, respectivamente) para os fatores isolados (recipiente e substrato).

O recipiente 180 cm³ proporcionou maior incremento na clorofila *a* e *b*, com ICF de 33,89 e 8,48, respectivamente. Com relação aos substratos as médias de clorofila *a* e *b* foram inferiores nos substratos 100SC, 20 e 30% de CAH e CPT (Tabela 6).

Tabela 6 - Valores médios dos atributos fisiológicos índice de clorofila Falker (ICF) *a* e *b* em diferentes recipientes e substratos, na produção de mudas de *S. terebinthifolius* 90 dias após a emergência, em viveiro, Santa Maria, RS

Recipientes (cm ³)	Variáveis	
	Clorofila <i>a</i> (ICF)	Clorofila <i>b</i> (ICF)
110	32,13 b*	7,72 b
180	33,89 a	8,48 a
Substratos		
100SC	32,16 b*	8,01 b
10CAC	34,44 a	8,91 a
20CAC	34,83 a	8,99 a
30CAC	35,07 a	9,11 a
10CAH	34,19 a	8,39 a
20CAH	32,00 b	7,30 b
30CAH	32,51 b	7,86 b
10CPT	33,46 a	8,57 a
20CPT	30,14 b	6,66 b
30CPT	35,06 b	7,18 b
CV (%)	8,41	4,33
Média geral	33,01	8,10

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade de erro pelo teste t (recipientes) e Scott-Knott (substratos). Sendo: SC - Substrato comercial; 100SC - 100% substrato comercial; 10CAC - 90% SC + 10% casca de arroz carbonizada (CAC); 20CAC - 80% SC + 20% CAC; 30CAC - 70% SC + 30% CAC; 10CAH - 90% SC + 10% casca de arroz hidrolisada (CAH); 20CAH - 80% SC + 20% CAH; 30CAH - 70% SC + 30% CAH; 10CPT - 90% SC + 10% carroço de pêssigo triturado (CPT); 20CPT - 80% SC + 20% CPT; 30CPT - 70% SC + 30% CPT e CV - coeficiente de variação.

Fonte: Autora (2019).

4.2 DESEMPENHO DAS MUDAS DE *Handroanthus heptaphyllus*

Os atributos morfológicos, como matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca total (MST) e área foliar (AF) em mudas de *H. heptaphyllus* foram influenciados pela interação entre os fatores (recipiente x substrato) (Tabela 7). Entretanto, para a altura (H), diâmetro do coleto (DC), relação H/DC, matéria seca radicular (MSR) e índice de qualidade de Dickson (IQD), foi observado efeito significativo dos fatores isolados (Tabela 8).

A superioridade da MSPA ($p = 0,02$) e MST ($p = 0,02$) ocorreu quando foi utilizado o recipiente de 180 cm³ com CAC em qualquer proporção, com 10% e 20% de CAH e 10% de CPT. Enquanto para AF ($p = 0,01$), isso ocorreu somente com 100SC e 10% de CAC (Tabela 7).

Tabela 7 - Matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca total (MST) e área foliar (AF) de mudas de *H. heptaphyllus* produzidas em diferentes volumes de recipientes e substratos aos 108 dias após a emergência, em viveiro, Santa Maria, RS

Substratos	MSPA (g)		MST (g)		AF (cm ²)	
	Recipientes (cm ³)					
	110	180	110	180	110	180
100SC	1,98 Ab*	3,33 Aa	2,98 Ba	4,63 Aa	371,26 Ab	597,50 Aa
10CAC	2,03 Ab	3,41 Aa	3,03 Ba	4,70 Aa	360,56 Ab	612,90 Aa
20CAC	2,15 Ab	3,09 Aa	3,19 Ba	4,52 Aa	404,20 Ab	518,57 Ba
30CAC	2,20 Ab	3,18 Aa	3,39 Ba	4,35 Aa	397,94 Ab	555,79 Ba
10CAH	2,09 Ab	2,85 Aa	3,15 Ba	4,07 Aa	372,35 Ab	523,28 Ba
20CAH	1,81 Ab	3,17 Aa	3,01 Ba	4,63 Aa	314,27 Bb	508,18 Ba
30CAH	2,11 Aa	2,39 Ba	3,09 Aa	3,31 Ab	406,48 Aa	425,04 Ca
10CPT	1,90 Ab	2,92 Aa	3,03 Ba	4,38 Aa	308,75 Bb	495,78 Ba
20CPT	1,27 Bb	2,50 Ba	2,02 Bb	3,68 Ab	238,18 Cb	435,39 Ca
30CPT	1,13 Bb	1,95 Ca	1,93 Bb	2,89 Ab	215,06 Cb	356,42 Ca
CV (%)	13,24		12,43		13,72	
Média geral	2,37		3,50		420,89	

*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha (recipiente) e minúscula na coluna (substrato) não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade de erro pelo teste t (recipientes) e Scott-Knott (substratos). Sendo: SC - Substrato comercial; 100SC - 100% substrato comercial; 10CAC - 90% SC + 10% casca de arroz carbonizada (CAC); 20CAC - 80% SC + 20% CAC; 30CAC - 70% SC + 30% CAC; 10CAH - 90% SC + 10% casca de arroz hidrolisada (CAH); 20CAH - 80% SC + 20% CAH; 30CAH - 70% SC + 30% CAH; 10CPT - 90% SC + 10% carço de pêssgo triturado (CPT); 20CPT - 80% SC + 20% CPT; 30CPT - 70% SC + 30% CPT e CV - coeficiente de variação.

Fonte: Autora (2019).

Todos os atributos que apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) para o recipiente, quando analisado como fator isolado, demonstram superioridade das mudas produzidas no maior volume (Tabela 8). Comparando os recipientes, constatou-se que as médias das mudas produzidas no tubete de 180 cm³ foram 26% maiores em H e 18% em MSR, em relação ao recipiente de 110 cm³ (Tabela 8).

As mudas de *H. heptaphyllus* quando produzidas na formulação com CPT (20 e 30%) tiveram limitação no crescimento e diferença significativa para os atributos H ($p < 0,001$), DC ($p < 0,001$), MSR ($p < 0,001$) e IQD ($p < 0,001$), sendo que para os substratos 100SC e CAC (10, 20 e 30%) a H e DC apresentaram as maiores médias com 23,85 cm e 3,63 mm, respectivamente (Apêndice B). Além disso, a MSR e o IQD foram responsivos quando utilizado 100SC, até 20% de CAH e 10% de CPT (Tabela 8).

Tabela 8 - Valores médios para os atributos morfológicos altura (H), diâmetro do coleto (DC), matéria seca radicular (MSR) e índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de *H. heptaphyllus* em diferentes recipientes e substratos, 108 dias após a emergência, em viveiro, Santa Maria, RS

Variáveis				
Recipientes (cm ³)	H (cm)	DC (mm)	MSR (g)	IQD
110	18,67 b	3,20 b	1,02 b	0,36 b
180	25,15 a	3,73 a	1,24 a	0,45 ^a
Substratos				
SC	24,52 a	3,60 a	1,15 a	0,42 a
10CAC	24,15 a	3,81 a	1,15 a	0,44 a
20CAC	23,14 a	3,68 a	1,23 a	0,46 a
30CAC	23,59 a	3,53 a	1,18 a	0,44 a
10CAH	21,56 b	3,42 b	1,14 a	0,43 a
20CAH	21,35 b	3,44 b	1,33 a	0,47 a
30CAH	21,93 b	3,4 b	0,95 b	0,36 b
10CPT	22,5 b	3,46 b	1,30 a	0,44 ^a
20CPT	19,79 c	3,21 c	0,96 b	0,35 b
30CPT	16,61 d	3,09 c	0,87 b	0,34 b
CV (%)	9,67	7,22	19,94	16,32
Média geral	21,91	3,47	1,13	0,41

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade de erro pelo teste t (recipientes) e Scott-Knott (substratos). Sendo: SC - Substrato comercial; 100SC - 100% substrato comercial; 10CAC - 90% SC + 10% casca de arroz carbonizada (CAC); 20CAC - 80% SC + 20% CAC; 30CAC - 70% SC + 30% CAC; 10CAH - 90% SC + 10% casca de arroz hidrolisada (CAH); 20CAH - 80% SC + 20% CAH; 30CAH - 70% SC + 30% CAH; 10CPT - 90% SC + 10% carço de pêsego triturado (CPT); 20CPT - 80% SC + 20% CPT; 30CPT - 70% SC + 30% CPT; CV - coeficiente de variação.

Fonte: Autora (2019).

Para os atributos fisiológicos não houve interação entre fatores analisados (recipiente x substrato). No entanto, houve efeito significativo dos fatores isolados para o índice de clorofila Falker *b* e rendimento quântico do PSII (F_v/F_m). O índice de clorofila *a* não apresentou efeito significativo ($p = 0,09$) para nenhum dos fatores testados.

Para o índice de clorofila *b*, o recipiente de 180 cm³ ($p = 0,008$) possibilitou a maior média, o que não diferiu entre substratos (Tabela 9). O F_v/F_m também não apresentou diferença entre os recipientes. No entanto, para os substratos o maior rendimento quântico ocorreu quando as plantas foram produzidas nos substratos com 100SC, CAC (10, 20 e 30%) e CAH (10 e 30%) (Tabela 9).

Tabela 9 - Valores médios de mudas de *H. heptaphyllus* para os atributos fisiológicos índice de clorofila Falker *a* e *b* e relação F_v/F_m em diferentes recipientes e substratos, aos 108 dias após emergência em viveiro, Santa Maria, RS

Recipientes (cm ³)	Variáveis		
	Clorofila <i>a</i> (ICF)	Clorofila <i>b</i> (ICF)	F_v/F_m
110	22,24 ^{ns}	4,38 b	0,64 ^{ns}
180	23,15	5,03 a	0,62
Substratos (%)			
100SC	22,21 ^{ns}	4,39 ^{ns}	0,69 a
10CAC	22,46	4,66	0,64 a
20CAC	22,44	4,41	0,69 a
30CAC	22,72	4,84	0,66 a
10CAH	23,85	5,11	0,68 a
20CAH	22,82	4,73	0,61 b
30CAH	24,03	5,31	0,64 a
10CPT	21,71	4,36	0,61 b
20CPT	21,68	4,39	0,57 b
30CPT	23,01	4,83	0,53 b
CV (%)	10,53	6,63	12,92
Média geral	22,69	4,70	0,63

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade de erro pelo teste t (recipientes) e Scott-Knott (substratos). Sendo: SC - Substrato comercial; 100SC – 100% substrato comercial; 10CAC – 90% SC + 10% casca de arroz carbonizada (CAC); 20CAC – 80% SC + 20% CAC; 30CAC – 70% SC + 30% CAC; 10CAH – 90% SC + 10% casca de arroz hidrolisada (CAH); 20CAH – 80% SC + 20% CAH; 30CAH – 70% SC + 30% CAH; 10CPT – 90% SC + 10% caroço de pêssego triturado (CPT); 20CPT – 80% SC + 20% CPT; 30CPT – 70% SC + 30% CPT; CV – coeficiente de variação, ICF – índice de clorofila Falker e ns – não significativo.

Fonte: Autora (2019).

5. DISCUSSÃO

De modo geral, para ambas espécies florestais arbóreas, o recipiente de 180 cm³ proporcionou maior crescimento que o de 110 cm³, considerando a maioria dos atributos avaliados. As mudas de *S. terebinthifolius* apresentaram maior crescimento nos substratos utilizados comparadas as de *H. heptaphyllus*, tendo plantas com tamanho adequado para expedição aos 90 e 108 dias, respectivamente, quando foi utilizado até 30% CAC e 10% de CAH. Esses resultados foram compatíveis ao substrato comercial (SC), dentro do padrão de tamanho (H e DC) estabelecido como mínimo para expedição de mudas de espécies florestais nativas (GOMES; PAIVA, 2011; DAVIDE et al., 2015; ARAUJO et al., 2018). Entretanto, em análise mais específica considerando MSR e IQD, a CAH apresentou maior restrição no crescimento das mudas *H. heptaphyllus* quando utilizada na proporção de 30%. Porém, este componente alternativo (CAH) foi estudado apenas para o gênero *Eucalyptus*, sendo observado para essa espécie que o melhor crescimento foi nas proporções de 10 e 20% (FERMINO et al., 2018). Mieth et al. (2018), estudando o CPT como componente alternativo de substrato para produção de mudas de *Eucalyptus dunnii* Maiden, constataram resultados semelhantes nessas proporções de CPT. Tais constatações expressam a necessidade de ampliar o potencial de uso do CPT, a partir de estudos testando outras granulometrias ou mistura com outro componente principal, capaz de proporcionar arranjos adequados das partículas e, conseqüentemente, favorecer o desempenho das mudas.

Para as mudas de *H. heptaphyllus* as médias de H ficaram entre 16,61 a 24,52 cm e DC entre 3,09 e 3,81 mm enquanto, para *S. terebinthifolius* foram de 22,44 a 39,94 cm e 2,79 a 4,06 mm, respectivamente (Tabelas 4, 5 e 8). Tomando como base o referencial de H (>20 cm) e DC (>3,0 mm), utilizados para expedição das mudas a campo (GOMES; PAIVA, 2011; DAVIDE et al., 2015; ARAUJO et al., 2018), observa-se que os valores encontrados neste estudo estão dentro do recomendado pela literatura, com exceção do substrato com 20 e 30% de CPT para as mudas de *H. heptaphyllus*. Alves e Freire (2017), estudando o crescimento inicial e qualidade de mudas de *H. heptaphyllus* produzidas em diferentes proporções de substratos (solo, esterco bovino, pó de coco, casca de arroz carbonizada e substrato comercial Plantmax[®]), aos 210 dias em viveiro, obtiveram crescimento de 8,32 cm e 3,56 mm para H e DC, respectivamente. Destaca-se que a H foi expressivamente inferior ao indicado como adequada para a expedição das mudas a campo, dificultando a comparação, pois essas médias não representam mudas de interesse pelo silvicultor. Nesse contexto, Aimi et al. (2016), citam que as condições ambientais,

o manejo, os fatores avaliados e o tempo de permanência das mudas em viveiro, influenciam na qualidade final das mudas, assim, na presente pesquisa, as condições adequadas de irrigação e adubação no viveiro, associada às médias de temperatura e umidade relativa no período de crescimento das mudas (Figura 1) foram favoráveis e potencializaram a expressão de qualidade dos substratos.

Araujo et al. (2018), avaliando o incremento médio mensal (Inc.) em H e DC, de mudas de espécies nativas, classificaram mudas de *H. heptaphyllus*, produzidas com semelhantes condições ambientais (primavera/verão), após 120 dias em viveiro, como uma espécie de crescimento lento a intermediário (Inc. H = 1,86 a 4,76 cm e Inc. DC = 0,42 a 1,85 mm). No entanto, neste estudo, também realizado na primavera/verão, observou-se que o crescimento foi intermediário à rápido (Inc. H = 6,26 cm e Inc. DC = 0,99 cm). Porém, ressalta-se que nestas pesquisas, os insumos utilizados para a produção de mudas foram diferentes, o que sugere a potencialidade dos substratos estudados.

Os atributos morfológicos (altura e diâmetro do coleto) são os mais utilizados para a avaliação da qualidade de mudas florestais em viveiro, tendo em vista a maior facilidade e menores custos envolvidos (ARAUJO et al., 2018; MELO et al., 2018), associado a isso encontra-se a dificuldade de estabelecer valores referenciais (padrões) para a maioria dos outros atributos (ARAUJO et al., 2018). Por outro lado, Ritchie e Landis (2010) são mais específicos e consideram o DC o principal indicador, relacionando isso à sobrevivência de mudas após o plantio.

Com base nesses dois atributos (H e DC), em relação ao recipiente, apesar do tubete de 180 cm³ ter proporcionado maior crescimento dos atributos morfológicos avaliados, destaca-se que o recipiente de 110 cm³ também pode ser usado, com economia de cerca de 40% do volume de substrato. Por outro lado, deve-se considerar como fator de decisão a economia de substrato x tempo que a muda poderá permanecer no viveiro, sem o comprometimento do sistema radicular, principalmente porque viveiros que produzem espécies nativas, muitas vezes necessitam maior tempo de flexibilidade para expedição. Além disso, o uso desse recipiente (110 cm³), por ser mais restritivo à expansão radicular exigindo substrato como 100SC e formulação de até 30% de CAC, 10% de CAH e 10% de CPT, considerando qualquer um dos atributos estudados para *S. terebinthifolius*. Conforme Luna, Landis e Dumroese (2009) a disponibilidade de água e nutrientes para as plantas pode ser influenciada pelo volume do recipiente e atividades operacionais do processo produtivo de plantas no viveiro. Assim, com base nas respostas do presente estudo, em consonância com outros, a decisão deve alinhar a

espécie, o volume do recipiente, tipo de substrato, intensidade de irrigação e tempo de permanência da muda no viveiro.

No caso de *H. heptaphyllus*, entretanto, as diferentes demandas hídricas e nutricionais das mudas, podem ter potencial de crescimento reduzido quando utilizado 20% de CAH, o que pode estar associado ao menor valor de água facilmente disponível (AFD) ($18,89 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$) em relação aos demais substratos, conseqüentemente, proporcionando menor rendimento quântico quando cultivada. Kämpf (2005), destaca três funções importantes da água: hidratação, solvente e meio de transporte. A água é um fator fundamental para a vida das plantas, pois faz parte de processos fotossintéticos (MARENCO; LOPES, 2007; TAIZ et al., 2017). Durante esse processo, o dióxido de carbono (CO_2) difunde carbono atmosférico nas folhas através dos estômatos onde este é convertido em açúcares. No entanto, enquanto o CO_2 é difundido nas folhas, a água é distribuída para fora, por meio da transpiração, sendo que, as plantas podem reduzir a transpiração pelo fechamento estomático (RITCHIE et al., 2010).

Torna-se importante, entretanto, destacar que os recipientes com maior volume, permitem produção de mudas com mais qualidade, inclusive para espécies rústicas como a *S. terebinthifolius*. Abreu et al. (2017), produzindo mudas em recipientes de 280 cm^3 com substrato a base de biossólido e substrato comercial (50:50 v:v), durante o inverno, no município de Seropédica, RJ, verificaram que aos 134 dias após a emergência as mudas de *S. terebinthifolius* tiveram crescimento em altura de 38,2 cm e *H. heptaphyllus* de 21,7 cm. Este resultado corrobora com os observados neste estudo, identificando-se a possibilidade de expedição mais rápida das mudas de *S. terebinthifolius*, o que envolve planejamento no momento de semeadura.

Ao analisar a biomassa das mudas de *H. heptaphyllus* e *S. terebinthifolius* produzidas nos diferentes substratos, observou-se que as médias de MSPA, MSR e MST foram maiores no recipiente de 180 cm^3 . Isso porque a acessibilidade a água facilmente disponível (AFD) e capacidade de retenção de água (CRA) otimizou o crescimento das plantas. Lisboa et al. (2012), avaliando a influência do volume do recipiente no crescimento de mudas de *Calophyllum brasiliense* Cambess. e *Toona ciliata* M. Roem. var. *australis* (F. Muell.) Bahadur, relataram as maiores médias, também, nos recipientes com maior volume (180 e 280 cm^3), atribuindo tal fato à maior disponibilidade de água e nutrientes nesses recipientes.

Diversas pesquisas visando avaliar a influência do volume do recipiente no crescimento de mudas de espécies florestais arbóreas, têm evidenciado que os maiores volumes formam mudas consideradas de melhor qualidade morfológica (GASPARIN et al., 2014; AIMI et al., 2016; FERREIRA et al., 2017; MELO et al., 2018), o que justifica os resultados desse estudo.

Nesse sentido, a qualidade morfológica das mudas produzidas no recipiente com maior volume de substrato, favoreceu o potencial de ambas espécies responderem ao crescimento no viveiro, antecipando a expedição das mudas para o campo.

Em relação aos substratos estudados para *S. terebinthifolius* não foi observada diferença na produção de matéria seca. Para este substrato o espaço de aeração (EA) foi de 18% e a capacidade de retenção de água (CRA) de 61% o que pode ter favorecido a produção de raízes e, conseqüentemente, MSPA. Para a CAH e o CPT a melhor proporção na produção de biomassa foi com adição de 10% de cada componente, estes tratamentos apresentaram EA de 17% e CRA de 62 e 60%, respectivamente (Tabela 3). Com isso, pôde se constatar que quanto maior a proporção dos condicionantes usados maior foi o EA, porém para maior produção de matéria seca recomenda-se a faixa entre 17 e 18%.

Regan (2014) indica que a faixa ideal do EA deve variar de 10 a 30%, este intervalo foi atendido por todos os substratos usados neste estudo. Enquanto que Gonçalves e Poggiani (1996) recomendam 35 a 45% de EA. Mieth et al. (2018), obtiveram maior produção de matéria seca em mudas produzidas com substrato com 13% de EA. O aumento no EA reduz a capacidade de retenção de água do substrato, ainda mais quando o material não apresenta poros internos (AKLIBASINDA et al., 2011), como é o caso dos componentes utilizados neste estudo. Quando utilizadas maiores proporções de CPT (20 e 30%) o EA foi maior, o que reduziu a capacidade de retenção de água pelo substrato e a AFD, limitando a disponibilidade de água para as mudas, conforme também observado por Navroski et al. (2014) e Mieth et al. (2018).

Por outro lado, *H. heptaphyllus* respondeu de forma diferente quanto aos substratos na produção de matéria seca, os atributos MSPA, MSR e MST tiveram menores médias nos substratos com 30% de CAH, 20% e 30% de CPT no recipiente de 180 cm³.

Para este estudo, observou-se que o IQD variou de 0,34 a 0,47 sendo que os substratos 30% de CAH, 20% e 30% de CPT foram inferiores aos demais tratamentos para *H. heptaphyllus*. Possivelmente, a menor produção de matéria seca nestes tratamentos, ocasionou a redução das médias de IQD, uma vez que a MST é utilizada para o cálculo desse atributo. Para *S. terebinthifolius* o IQD não diferiu entre os substratos, mas entre os recipientes sim (Tabela 5). O IQD é utilizado para complementar os atributos morfológicos para a obtenção do padrão de qualidade das mudas, pois este índice considera atributos importantes e usa em seu cálculo, a robustez e o equilíbrio da distribuição da biomassa da planta (TSUKAMOTO FILHO et al., 2013), assim facilita a comparação de tratamentos quando analisa-se determinada espécie, entretanto, não sendo interessante para comparação de espécies diferentes.

A área foliar (AF) apresentou um comportamento semelhante em todos os substratos (28,0 a 41,0 cm²) e variou no recipiente para *S. terebinthifolius*. Entretanto, valores superiores a estes foram encontrados por José, Davide e Oliveira (2005) para mudas de *S. terebinthifolius* em recipiente de 150 cm³, apresentando uma AF de 479 cm². Mudas de *H. heptaphyllus* tiveram maior média no substrato com 30% de CAH para o recipiente de 110 cm³ e no recipiente de 180 cm³ a maior média foi no SC e 10% de CAC.

No presente estudo, constatou-se que metabolicamente *S. terebinthifolius* foi mais efetivo no aproveitamento de luz, com menor perda por fluorescência $F_v/F_m = 0,77$, do que *H. heptaphyllus* (0,67) (Apêndice A e B), esse atributo conforme a literatura situa-se entre 0,75 e 0,85 (ARAÚJO; DEMINICIS, 2009). Além disso, os valores de F_v/F_m foram menores para *H. heptaphyllus* na maior proporção de CPT, enquanto *S. terebinthifolius* apresentou menores médias no substrato com 30% de CAH e 20 e 30% de CPT. Os tratamentos que apresentaram rendimento quântico dentro da faixa ideal foram 30% de CAC, 10%, 20% e 30% de CAH e 10% de CPT (Tabela 4). Esses resultados indicam, que mesmo após 108 dias, as mudas de *S. terebinthifolius* podem ser produzidas com uso de CAC e CAH. Porém, Ritchie et al. (2010), consideram 0,70 a 0,83 como valores dentro do intervalo normal de F_v/F_m , sendo que valores menores que 0,60 indicam uma possível situação de estresse e redução de potencial fotossintético nas plantas.

Em relação ao índice de clorofila Falker *a* e *b* para *S. terebinthifolius* o substrato com 10%, 20% e 30% de CAC, 10% de CAH e CPT foram os que apresentaram as melhores médias. No entanto, para *H. heptaphyllus* os tratamentos foram semelhantes tanto para clorofila *a*, assim como para clorofila *b*, o que indica que os substratos avaliados não tiveram efeito sobre esse índice, e as mudas que apresentaram menor crescimento. Os atributos fisiológicos indicam o estado metabólico da planta e estes representam uma condição momentâneo da planta (RITCHIE et al., 2010; ARAUJO et al., 2018).

A casca de arroz e o caroço de pêssgo são materiais disponíveis pela agroindústria e podem ser utilizados como componentes de substrato, reduzindo os custos de produção de mudas em viveiros. Além disso, em baixa proporção, podem melhorar as características físicas dos substratos, contribuindo positivamente com o meio ambiente, pois, quando descartados sem o devido acompanhamento, não agregam valor e tornam-se poluentes ambientais.

Para produção de mudas de *S. terebinthifolius* e *H. heptaphyllus* o recipiente de 180 cm³ proporcionou maior crescimento das mudas, considerando a maioria dos atributos avaliados. Entretanto, neste estudo, os atributos morfológicos e fisiológicos quando analisados de forma conjunta restringem o uso de algumas formulações de substratos no crescimento das mudas em

viveiro, sendo para *S. terebinthifolius* 30% de CAC, CAH e CPT e para *H. heptaphyllus* 20% e 30% de CPT.

6. CONCLUSÃO

Na produção de mudas de *Schinus terebinthifolius* e *Handroanthus heptaphyllus* indica-se o uso do recipiente de 180 cm³ por ter proporcionado maior crescimento e desenvolvimento das mudas em viveiro.

Os substratos a base de resíduos agroindustriais nas formulações de até 20% de casca de arroz carbonizada (CAC), casca de arroz hidrolisada (CAH) ou caroço de pêsego triturado (CPT) são indicados para a produção de mudas de *Schinus terebinthifolius*. As formulações de até 30% de CAC ou CAH ou 10% de CPT são as indicadas para a produção de mudas de *Handroanthus heptaphyllus*.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, A. H. M. et al. Caracterização e potencial de substratos formulados com bio-sólido na produção de mudas de *Schinus terebinthifolius* Raddi. e *Handroanthus heptaphyllus* (Vell.) Matto. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 4, p. 1179-1190, 2017.
- AIMI, S. C. et al. Volumen de contenedores y dosis de fertilizante de liberación controlada en el crecimiento de plantas de *Cabralea canjerana* producidas en vivero. **Bosque** 37(2): 401-407, 2016.
- AKLIBASINDA, M. et al. Effects of different growing media on scotch pine (*Pinus sylvestris*) Production. **The Journal of Animal & Plant Sciences**, 21(3): 2011, Page: 535-541 ISSN: 1018-7081.
- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ALVES, F. J. B., FREIRE, A. L. O. Crescimento inicial e qualidade de mudas de ipê-roxo (*Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC) Mattos) produzidas em diferentes substratos. **Agropecuária Científica no Semiárido Centro de Saúde e Tecnologia Rural**. v.13, n.3, p. 195 – 210, 2017.
- ARAÚJO, E. C. E. **Fotoinibição em espécies vegetais lenhosas, induzida por atrazina e avaliada por meio da fluorescência da clorofila**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2007. (Documentos/Embrapa Meio-Norte, 159).
- ARAÚJO, E. F. et al. Crescimento e qualidade de mudas de paricá produzidas em substratos à base de resíduos orgânicos. **Nativa**, Sinop, v.5, n.1, p.16-23, jan/fev. 2017.
- ARAUJO, M. M. et al. **Caracterização e análise de atributos morfológicos e fisiológicos indicadores da qualidade de mudas em viveiro florestal**. In: ARAUJO, M.M.; NAVROSKI, M. C.; SCHORN, L. A. **Produção de sementes e mudas: um enfoque à silvicultura**. Santa Maria, RS: Ed. da UFSM, 2018a. Cap. 16, 345-365 p.
- ARAUJO, M. M. et al. **Produção de mudas por sementes**. In: ARAUJO, M.M.; NAVROSKI, M. C.; SCHORN, L. A. **Produção de sementes e mudas: um enfoque à silvicultura**. Santa Maria, RS: Ed. da UFSM, 2018b. Cap. 9, 187-211 p.
- ARAÚJO, S. A. C.; DEMINICIS, B. B. Fotoinibição da fotossíntese. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 7, n. 4, p. 463-472, 2009.
- BACKES, P.; IRGANG, P. **Árvores do sul: guia de identificação e interesse ecológico**. Porto Alegre: ed. Paisagem do Sul. 2009, 332 p.
- BAILEY, D. A.; FONTENO, W. C. and NELSON, P.V. Greenhouse Substrates and Fertilization Department of Horticultural Science, NCSU. 2000.
- BIRCHLER, T. et al. La planta ideal: revision del concepto, parametros definitorios e implementacion practica. **Investigacion Agraria, Sistemas y Recursos Forestales**, Madrid, v.7, n. 1/2, p. 109-121, 1998.

- BONAGURO, J. E.; COLETTI, L.; ZANIN, G. Environmental and agronomic performance of fresh rice hulls used as growing medium component for *Cyclamen persicum* L. pot plants. **Journal of Cleaner Production**, v. 142, n. 4, p. 2125-2132, 2017.
- BUNT, A. C. Some physical properties of pot-plant composts and their effect on plant growth. I. Bulky physical conditioners. **Plant and Soil**, The Hague, n.12, p. 322-332, 1961.
- BUNT, A. C. Some physical properties of peats and minerals of different particle size and bulk density for potting substrates. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n. 150, p. 143-153, 1984.
- BUSATO, L. C. et al.; Aspectos ecológicos na produção de sementes e mudas para a restauração. In: MARTINS, S. V. **Restauração ecológica de ecossistemas degradados**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2012. Cap. 4, p. 101-168.
- CABI, 2005. Compêndio Florestal. Wallingford, Reino Unido: CABI. Disponível em: <<https://www.cabi.org/isc/datasheet/49031#577A43F8-7C21-4F05-BD78-0C571608813B>>. Acesso em: 10 de setembro de 2018. 2005.
- CABREIRA, G. V. et al. Produção de mudas de *Schinus terebinthifolius* utilizando bio-sólido como substrato em diferentes recipientes e fertilizantes. **Scientia Agraria** vol. 18 n°. 2 Curitiba Abr/Jun. p. 30-42, 2017.
- CALDEIRA, M. V. W. et al. Substratos alternativos na produção de mudas de *Chamaecrista desvauxii*. **Revista Floresta**, v. 37, n. 1, p. 31-39, 2013.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica. Colombo, PR: EMBRAPA Florestas, 2003, v. 1, 1039 p
- CHU, E. Y.; DUARTE, M. de L. R.; TREMACOLDI, C. R. **Uso da casca de arroz carbonizada como substrato para micorrização de mudas de três cultivares de pimenteira-do-reino**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Embrapa Amazônia Oriental Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 66. Embrapa Amazônia Oriental Belém, Pará, 2007.
- COELHO, M. A. Z. et al. Aproveitamento de resíduos agroindustriais: produção de enzimas a partir da casca de coco verde. **B.Ceppa**, Curitiba, v. 19, n. 1, p. 33-42, 2001.
- CORADIN, L; SIMINSKI, A.; REIS, A., **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro** – Região Sul. Brasília: MMA, 2011. 226 p.
- DAVIDE, A. C. et al. Fatores que afetam a qualidade de mudas destinadas aos projetos de restauração de ecossistemas florestais. In: DAVIDE, A. C.; BOTELHO, S. A. **Fundamentos e métodos de restauração de ecossistemas florestais: 25 anos de experiência em matas ciliares**. Lavras, MG: UFLA, 2015. cap. 5, p. 181-274.
- DE BOODT, M.; VERDONCK, O. The physical properties of the substrates in horticulture. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v. 26, p. 37-44, 1972.
- DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forestry Chronicle**, v. 36, n. 8, p. 10-13, 1960.

DINIZ, J. et al. Poder calorífico de casca de arroz, carçoço de pêssego, serragem de eucalipto e de seus produtos de hidrólise. **Ciência e Natura**, UFSM, v. 26, n. 2, p. 25-32, 2004.

EQUIPE ESTATCAMP. **Software Action**. Estatcamp- Consultoria em estatística e qualidade, São Carlos - SP, Brasil, 2014.

FERMINO, M. H. **Substratos: composição, caracterização e métodos de análise**. Guaíba: Agrolivros, 2014. 111 p.

FERMINO, M. H. et al. Reutilization of residues as components of substrate for the production of *Eucalyptus grandis* seedlings. **CERNE**, v. 24, n. 2, p. 80-89, 2018.

FERMINO, M. H.; KÄMPF, A. N. Densidade de substratos dependendo dos métodos de análise e níveis de umidade. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 1, 2012.

FERMINO, M. H.; MIETH, P. **Análise de substratos para produção de mudas de espécies florestais**. In: ARAUJO, M. M.; NAVROSKI, M. C.; SCHORN, L. A. **Produção de sementes e mudas: um enfoque à silvicultura**. Santa Maria, RS: Ed. da UFSM, 2018. Cap. 8, 167-186 p.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**. vol. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.

FERREIRA, M. S. et al. Crescimento inicial de itaúba e macacaúba em recipientes de diferentes tamanhos. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 2, p. 499-508, abr.-jun., 2017.

FRANCESCHI, E. et al. Vermicomposto na composição do substrato para produção de mudas de *Schinus terebinthifolius*. **Pesquisa Florestal Brasileira**. Colombo, v. 38, e201801653, p. 1-10, 2018.

GASPARIN, E. et al. Influência do substrato e do volume de recipiente na qualidade das mudas de *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart. em viveiro e no campo. **Ciência Florestal** 24(3): 553-563. 2014.

GOMES, J. M. et al. Crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes tamanhos de tubetes e fertilização N-P-K. R. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.27, n.2, p.113-127, 2003.

GOMES, L. J. et al. **Pensando a biodiversidade: aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi.)**. São Cristóvão, SE: Editora UFS. 2013, 372 p.

GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. **Viveiros florestais (Propagação sexuada)**. Cadernos didáticos, 72. Viçosa: UFV, 1ª ed., 2011. 116 p.

GONÇALVES, J. L. M.; POGGIANI, F. Substratos para produção de mudas florestais. In: Congresso Latino Americano de Ciência Do Solo, 13. Águas de Lindóia, 1996. **Resumos...** Piracicaba, Sociedade Latino Americana de Ciência do Solo, CD-ROM, 1996.

GUERRERO, F.; POLO, A. Control de las propiedades hidrofísicas de las turbas para su utilización agrícola. **Agricultura Mediterrânea**, v.119, p.453-459, 1989.

INGRAM, D.L.; HENLEY, R.W.; YEAGER, T.H. **Diagnostic and monitoring procedures for nursery crops**. Univ. Fla. Coop. Ext. Serv. Bul. CIR556. 2003.

ISLABÃO, G.O. et al. Rice husk ash as corrective of soil acidity. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 38, n. 3, p. 934-941, 2014.

JACOBS, D. F.; LANDIS, T. D. Fertilization. In: DUMROESE, R. K.; LUNA, T.; LANDIS, T. D. (Eds.). **Nursery manual for native plants: a guide for tribal nurseries**. Agriculture Handbook 730. Washington, D.C.: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, v.1, 2009. p. 201-215.

JOSÉ, A. C.; DAVIDE, A. C.; OLIVEIRA, S. L. Produção de mudas de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi) para recuperação de áreas degradadas pela mineração de bauxita. **Cerne**, Lavras, v. 11, n. 2, p. 187-196, 2005.

KÄMPF, A. N. Substrato. In: KÄMPF, A. N. **Produção comercial de plantas ornamentais**. 2ª edição, Guaíba: Agrolivros, 2005. p. 45 - 72.

KLEIN, C. Utilização de substratos alternativos para produção de mudas. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v.4, p. 43-63, 2015.

KRATZ, D. **Substratos renováveis na produção de mudas de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage e *Mimosa scabrella* Benth.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

KRATZ, D. et al. Propriedades físicas e químicas de substratos renováveis. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.37, n.6, p.1103-1113, 2013.

KRATZ, D. et al. Produção de mudas de erva-mate por ministaquia em substratos renováveis. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 45, n. 3, p. 609 - 616, jul. / set. 2015.

KRAUSE, G. H.; WEIS, E. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: the basics. **Annual Review Plant Physiology. Plant Molecular Biology**, v.42, p.313-349, 1991.

LANDIS, T. D. **Containers: types and functions**. 1990. In Landis TD, RK Dumroese, DL Haase eds. The container tree nursery manual. Agriculture Handbook 674. Washington DC, U.S.A. Department of Agriculture, Forest Service. p. 1-40.

LANDIS, T. D.; MORGAN, N. Growing media alternatives for forest and native plant nurseries. In: DUMROESE, R. K.; RILEY, L. E. **National Proceedings: forest and conservation nursery associations**, 2009.

LISBOA, A. C. et al. Efeito do volume de tubetes na produção de mudas de *Calophyllum brasiliense* e *Toona Ciliata*. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 36, n. 4, p. 603-609, 2012.

LISBOA, A. C. et al. Crescimento e qualidade de mudas de *Handroanthus heptaphyllus* em substrato com esterco bovino. **Pesquisa Florestal Brasileira**. Colombo, v. 38, e201701485, p. 1-6, 2018.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras**. Manual de Identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas Nativas do Brasil. Nova Odessa, São Paulo: Plantarum, 2002. v. 1. 378 p.

LUDWIG, L. et al. Caracterização física de substratos formulados a partir de casca de pínus e terra vermelha. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE SUBSTRATOS PARA PLANTAS -

Materiais Regionais como substrato, 6, 2008, Fortaleza. **Anais eletrônicos...** Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, SEBRAE /CE e UFC, 2008.

LUNA, T.; LANDIS, T. D.; DUMROESE, R. K. Containers. In: DUMROESE, R. K.; LUNA, T.; LANDIS, T. D. (Ed.). Nursery manual for native plants: a guide for tribal nurseries. Nursery management. Agriculture Handbook 730. Washington. D.C.: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, v. 1, p. 95-111, 2009.

MARTINS, S. S. et al. Produção de mudas de espécies florestais nos viveiros do Instituto Ambiental do Paraná. **Maringá**. p.70. 2004.

MEDEIROS, C. A. B. Carbonização da casca de arroz para utilização em substratos destinados à produção de mudas. Embrapa Clima Temperado, n 08, p. 1-4, 1998.

MELO, L. A. et al. Qualidade e crescimento inicial de mudas de *Mimosa caesalpinifolia* benth. produzidas em diferentes volumes de recipientes. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 28, n. 1, p. 47-55, 2018.

MIETH, P. et al. Ground peach pits: alternative substrate component for seedling production. **Journal of Forestry Research**. p. 1-13, 2018.

NAVROSKI, M. C. et al. 2014 Influence of hidroretentor polymer in the survival of *Eucalyptus dunnii* seedlings under different water management. **Nativa** 2:108–113.

OLIVEIRA, M. C. de et al. **Manual de viveiro e produção de mudas: espécies arbóreas nativas do Cerrado**. Editora Rede de Sementes do Cerrado, Brasília-DF, 2016.

PROTAS, J. F. da S.; MADAIL, J. C. M. Características econômicas e sociais da produção de pêssego no Rio Grande do Sul. In.: **Sistema de Produção de Pêssego de Mesa na Região da Serra Gaúcha**. Embrapa Uva e Vinho, Caxias do Sul. 2003. <<https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Pessego/PessegodeMesaRegiaoSerraGaucha/>>

RAVIV, M. Composts in growing media: what's new and what's next? **Acta Hort.** 982, 39–47. 2013.

REGAN, R. P. Evaluating Alternative Growing Media Components. In: WILKINSON, K. M.; HAASE, D. L.; PINTO, J. R. Technical coordinators. **National Proceedings: Forest and Conservation Nursery Associations**, 2013. Fort Collins (CO): USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station. Proceedings RMRS-P-72. 50-53. 2014. Available at: http://www.fs.fed.us/rm/pubs/rmrs_p072.html.

RITCHIE, G. A. et al. Assessing plant quality. In: LANDIS, T. D.; DUMROESE, R. K.; HAASE, D. L. **Seedling Processing, Storage, and Outplanting**. v. 7, Washington, DC: U.S. Department of Agriculture Forest Service, 2010, cap.2, p 19-81.

ROSA, M.F. et al. Caracterização do pó de casca de coco verde usado como substrato agrícola. **Comunicado técnico**. Embrapa Agroindústria Tropical. Nº 54, maio/2002, p 1-6.

SILVA, R. F. et al. Produção de mudas de *Eucalyptus grandis* em substratos orgânicos alternativos. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 3, p. 609-619, jul.-set., 2014a.

SILVA, V. F. et al. Influência de substrato com casca de arroz na germinação de girassol. Campina do Sul, **9º Congresso de Educação Agrícola Superior**, p. 3, 2014b.

SOARES, I. D. et al. Propriedades físico-químicas de resíduos agroflorestais amazônicos para uso como substrato. **Nativa**, Sinop, v. 02, n. 03, p. 155-161, jul./set. 2014.

SOUZA, M.M.; LOPEZ, L.C.; FONTES, L.E. Avaliação de substratos para o cultivo do crisântemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat., Compositae) White Polaris em vasos. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, v.1, n.2, p.71-74, 1995.

SOUZA, R. C. et al. Produção de mudas micorrizadas de *Schinus terebinthifolius* Raddi. em diferentes substratos. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 39, n. 1, p. 197-206, jan./mar. 2009.

TAIZ, L. et al. **Fisiologia vegetal**. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 848 p.

TSUKAMOTO FILHO, A. A. et al. Regime de regas e cobertura de substrato afetam o crescimento inicial de mudas de *Myracrodruon urundeuva*. **Floresta e Ambiente**, v. 20, n. 4, p. 521 – 529. 2013.

VIEIRA, C. R. Resíduos orgânicos como substrato para produção de mudas de Guanandi. Mato Grosso, **Uniciências**, v. 18, n. 2, p. 91-97, 2014.

WALLER, P. L.; WILSON, F. N. Evaluation of growing media for consumer use. **Acta Horticulturae**, n. 150, p. 51-58, 1984.

WENDLING, I.; DUTRA, L. F. **Produção de mudas de eucalipto**. 2. ed. - Brasília: Embrapa, 2017. 192 p.

WITCHER, A. L. **Characterization of whole pine tree substrates for adventitious rooting of cuttings and initial growth of seedlings**. 2013. 129p. Dissertations - University of Southern Mississippi – Mississippi, 2013.

ZORZETO, T. Q. **Caracterização física e química de substratos para plantas e sua avaliação no rendimento do marangueiro** (*Fragaria x ananassa* Duch.). 2011. 110 p. Dissertação (Mestrado em agricultura Tropical e Subtropical). Instituto Agrônômico. Campinas, SP. 2011.

ZORZETO, T. Q. et al. Caracterização física de substratos para plantas. **Bragantia**, Campinas, SP. 2014.

APÊNDICES

Apêndice A - Valores médios para os atributos morfológicos e fisiológicos de mudas de *Schinus terebinthifolius* em diferentes recipientes e substratos, 90 dias após a emergência, em viveiro, Santa Maria, RS

Substratos	Atributos morfológicos																Atributos fisiológicos														
	H (cm)		DC (mm)		H/DC (cm/mm ⁻¹)		MSPA (g/planta)		MSR (g/planta)		MST (g/planta)		IQD		AF (cm ²)		Clorofila a (ICF)		Clorofila b (ICF)		F _v /F _m										
	Recipientes (cm ³)																														
	110	180	110	180	110	180	110	180	110	180	110	180	110	180	110	180	110	180	110	180	110	180									
100SC	32,68 Aa	34,37 Aa	3,56 a	9,47 ns	2,39 ns	0,61 ns	3,0 ns	0,23 ns	33,95 ns	32,37 b		7,40 b		0,77 Aa	0,64 Bb	0,75 Aa	0,70 Ba														
10CAC										34,40 a		8,79 a																			
20CAC	32,37 b									7,40 b																					
30CAC	26,17 Bb		2,79 b							3,56 a	9,47 ns	2,39 ns	0,61 ns	3,0 ns				0,23 ns	33,95 ns	34,40 a		8,79 a		0,77 Aa							
10CAH	32,68 Aa																			34,40 a		8,79 a									
20CAH	26,17 Bb																			32,37 b		7,40 b									
30CAH	26,17 Bb		2,79 b																	3,56 a	9,47 ns	2,39 ns	0,61 ns	3,0 ns	0,23 ns	33,95 ns	34,40 a		8,79 a		0,77 Aa
10CPT	32,68 Aa																										34,40 a		8,79 a		
20CPT	26,17 Bb																										32,37 b		7,40 b		
30CPT	26,17 Bb	2,79 b	3,56 a	9,47 ns	2,39 ns	0,61 ns	3,0 ns	0,23 ns	33,95 ns						34,40 a		8,79 a										0,77 Aa				
10CPT	32,68 Aa														34,40 a		8,79 a														
20CPT	26,17 Bb														32,37 b		7,40 b														
30CPT	26,17 Bb	2,79 b								3,56 a	9,47 ns	2,39 ns	0,61 ns	3,0 ns	0,23 ns	33,95 ns	34,40 a		8,79 a								0,77 Aa				
10CPT	32,68 Aa																34,40 a		8,79 a												
20CPT	26,17 Bb																32,37 b		7,40 b												

Onde: * médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha (recipiente) e minúscula na coluna (substrato) não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade de erro pelo teste t (recipientes) e Scott-Knott (substratos); ns – não significativo; SC - Substrato comercial; 100SC – 100% substrato comercial; 10CAC – 90% SC + 10% casca de arroz carbonizada (CAC); 20CAC – 80% SC + 20% CAC; 30CAC – 70% SC + 30% CAC; 10CAH – 90% SC + 10% casca de arroz hidrolisada (CAH); 20CAH – 80% SC + 20% CAH; 30CAH – 70% SC + 30% CAH; 10CPT – 90% SC + 10% carroço de pêssigo triturado (CPT); 20CPT – 80% SC + 20% CPT; 30CPT – 70% SC + 30% CPT; H – altura; DC diâmetro do coleto; relação H/DC; MSPA – matéria seca da parte aérea; MSR - matéria seca radicular; MST – matéria seca total; IQD - índice de qualidade de Dickson; AF – área foliar; ICF - índice de clorofila Falker *a* e *b*; F_v/F_m – rendimento quântico máximo do PSII.

Apêndice B - Valores médios para os atributos morfológicos e fisiológicos de mudas de *Handroanthus heptaphyllus* em diferentes recipientes e substratos, 108 dias após a emergência, em viveiro, Santa Maria, RS

Substratos	Atributos morfológicos																Atributos fisiológicos							
	H (cm)		DC (mm)		H/DC (cm/mm ⁻¹)		MSPA (g/planta)		MSR (g/planta)		MST (g/planta)		IQD		AF (cm ²)		Clorofila a (ICF)		Clorofila b (ICF)		F _v /F _m			
	Recipientes (cm ³)																							
	110	180	110	180	110	180	110	180	110	180	110	180	110	180	110	180	110	180	110	180	110	180		
100SC	23,85 a*		3,66 a		6,40 a		2,02 Ab 3,14 Aa		1,21 a		3,11 Ba 4,47 Aa		0,44 a		381 Ab		605,20 Aa		22,69 ns		4,70 ns		0,67 a	
10CAC																	523,35 Ba							
20CAC																	431,26 Ca							
30CAC																	312 Bb							
10CAH	21,84 b		3,43 b		2,11 Aa 2,45 Ba		0,93 b		3,09 Aa 3,29 Ab		0,35 b		406 Aa		431,26 Ca		0,58 b		0,67 a					
20CAH															523,35 Ba									
30CAH															312 Bb									
10CPT	19,79 c		3,15 c		1,20 Bb		2,45 Ba 1,95 Ca		0,93 b		1,98 Bb 3,29 Ab		0,35 b		227 Cb		431,26 Ca		0,58 b					
20CPT															312 Bb									
30CPT															16,61 d		5,30 b				1,20 Bb		2,45 Ba	

Onde: * médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha (recipiente) e minúscula na coluna (substrato) não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade de erro pelo teste t (recipientes) e Scott-Knott (substratos); ns – não significativo; SC - Substrato comercial; 100SC – 100% substrato comercial; 10CAC – 90% SC + 10% casca de arroz carbonizada (CAC); 20CAC – 80% SC + 20% CAC; 30CAC – 70% SC + 30% CAC; 10CAH – 90% SC + 10% casca de arroz hidrolisada (CAH); 20CAH – 80% SC + 20% CAH; 30CAH – 70% SC + 30% CAH; 10CPT – 90% SC + 10% caroço de pêssego triturado (CPT); 20CPT – 80% SC + 20% CPT; 30CPT – 70% SC + 30% CPT; H – altura; DC diâmetro do coleto; relação H/DC; MSPA – matéria seca da parte aérea; MSR - matéria seca radicular; MST – matéria seca total; IQD - índice de qualidade de Dickson; AF – área foliar; ICF - índice de clorofila Falker a e b; F_v/F_m – rendimento quântico máximo do PSII.

Apêndice C - Resultado da Análise de Variância (p valor) para altura (H), diâmetro do coleto (DC), matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca radicular (MSR), matéria seca total (MST), índice de qualidade de Dickson (IQD) e área foliar (AF) das mudas de *Schinus terebinthifolius* em diferentes recipientes e substratos, 90 dias após a emergência, em viveiro, Santa Maria, RS

Fonte de variação	GL	p valor (significância)						
		H (cm)	DC (mm)	MSPA	MSR	MST	IQD	AF
Recipiente	1	0,0002	0,0000	0,0000	0,0085	0,0000	0,0002	0,0000
Substrato	9	0,0063	0,0004	0,1766	0,2217	0,2711	0,2440	0,0962
Recipiente * substrato	9	0,0117	0,1914	0,5793	0,9672	0,7934	0,8955	0,3667
CV (%)		12,57	11,13	42,88	30,37	35,32	3,77	25,01
Média geral		32,55	3,48	2,39	0,61	3,0	0,23	33,95

*F significativo a 5% de probabilidade; ns – F não significativo a 5% de probabilidade e CV – coeficiente de variação.

Apêndice D - Resultado da Análise de Variância (p valor) para altura (H), diâmetro do coleto (DC), matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca radicular (MSR), matéria seca total (MST), índice de qualidade de Dickson (IQD) e área foliar (AF) das mudas de *Handroanthus heptaphyllus* em diferentes recipientes e substratos, 108 dias após a emergência, em viveiro, Santa Maria, RS

Fonte de variação	GL	p valor (significância)						
		H (cm)	DC (mm)	MSPA (g)	MSR (g)	MST (g)	IQD	AF (cm ²)
Recipiente	1	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
Substrato	9	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0011*	0,0000*	0,0001*	0,0000*
Recipiente * substrato	9	0,1130 ^{ns}	0,2449 ^{ns}	0,0210*	0,3945 ^{ns}	0,0232*	0,2498 ^{ns}	0,0143*
CV (%)		9,67	7,22	13,24	19,94	12,43	16,32	13,72
Média geral		21,91	3,47	2,37	1,13	3,49	0,41	420,89

*F significativo a 5% de probabilidade; ns – F não significativo a 5% de probabilidade e CV – coeficiente de variação.

Apêndice E - Resultado da Análise de Variância (p valor) para o índice de clorofila Falker (ICF) a e b e rendimento quântico máximo do PSII (F_v/F_m) das mudas de *Schinus terebinthifolius* em diferentes recipientes e substratos, 90 dias após a emergência, em viveiro, Santa Maria, RS

Fonte de variação	GL	p valor (significância)		
		Clorofila a (ICF)	Clorofila b (ICF)	F_v/F_m
Recipiente	1	0,0061*	0,0336*	0,6377 ^{ns}
Substrato	9	0,0080*	0,0257*	0,0259*
Recipiente * substrato	9	0,8165 ^{ns}	0,7537 ^{ns}	0,0186*
CV (%)		8,41	4,33	7,83
Média geral		33,01	8,10	0,74

*F significativo a 5% de probabilidade; ns – F não significativo a 5% de probabilidade; CV – coeficiente de variação e ICF – índice de clorofila Falker.

Apêndice F - Resultado da Análise de Variância (p valor) para o índice de clorofila Falker (ICF) a e b e rendimento quântico máximo do PSII (F_v/F_m) das mudas de *Handroanthus heptaphyllus* em diferentes recipientes e substratos, 108 dias após a emergência, em viveiro, Santa Maria, RS

Fonte de variação	GL	p valor (significância)		
		Clorofila a (ICF)	Clorofila b (ICF)	F_v/F_m
Recipiente	1	0,0928 ^{ns}	0,0081*	0,2245 ^{ns}
Substrato	9	0,5555 ^{ns}	0,8472 ^{ns}	0,0018*
Recipiente * substrato	9	0,3008 ^{ns}	0,6938 ^{ns}	0,4848 ^{ns}
CV (%)		10,53	6,63	12,92
Média geral		22,69	4,7	0,63

*F significativo a 5% de probabilidade; ns – F não significativo a 5% de probabilidade; CV – coeficiente de variação e ICF – índice de clorofila Falker.

Apêndice G - Análise das características físicas dos substratos utilizados na produção de mudas de *Schinus terebinthifolius* e *Handroanthus heptaphyllus*, preparo da amostra (a) determinação da densidade úmida e seca (b) peso das amostras em balança analítica (c) secagem das amostras em estufa (65 °C) (d), preenchimento dos anéis (e), saturação dos anéis por 24 horas (f) e transferência dos anéis para a mesa de tensão (g) para a determinação da porosidade total (PT), espaço de aeração (EA), água facilmente disponível (AFD), água tamponante (AT), capacidade de retenção de água (CRA) pelo método da mesa de tensão



Apêndice H - Amostras no agitador (a) filtragem das amostras (b) e (c) para análise do pH e condutividade elétrica (CE) dos substratos utilizados para a produção de mudas de *Schinus terebinthifolius* e *Handroanthus heptaphyllus*



Apêndice I - Processo de hidrólise da casca de arroz (a) e (b), casca de arroz hidrolisada seca (c), caroço de pêssego inteiro (d) e triturado (e)



Apêndice J - Etapas da instalação do experimento: Semeadura (a), emergência de *Handroanthus heptaphyllus* (b) e experimento em casa de vegetação (c) de *Schinus terebinthifolius* e *Handroanthus heptaphyllus*



Apêndice K - Avaliação da fluorescência da clorofila *a* (a), (b) e (c) mudas de *Schinus terebinthifolius* (4) e *Handroanthus heptaphyllus* (5) prontas para expedição aos 90 e 108 dias após a emergência, respectivamente

