

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

Suelen Carpenedo Aimi

**QUALIDADE DE DIÁSPOROS E CRESCIMENTO DE MUDAS
DE *Myrocarpus frondosus* ALLEMÃO NO VIVEIRO E NO CAMPO**

Santa Maria, RS
2018

Suelen Carpenedo Aimi

**QUALIDADE DE DIÁSPOROS E CRESCIMENTO DE MUDAS
DE *Myrocarpus frondosus* ALLEMÃO NO VIVEIRO E NO CAMPO**

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

Orientadora: Prof. Dra. Maristela Machado Araujo

Santa Maria, RS
2018

Aimi, Suelen Carpenedo

Qualidade de diásporos e crescimento de mudas de
Myrocarpus frondosus Allemão no viveiro e no campo /
Suelen Carpenedo Aimi.- 2018.

148 p.; 30 cm

Orientadora: Maristela Machado Araujo

Coorientadores: Lia Silveira Reiniger, Luciane
Almeri Tabaldi

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós
Graduação em Engenharia Florestal, RS, 2018

1. Cabreúva 2. Armazenamento de sementes 3. Atributos
morfológicos e fisiológicos 4. Produção de mudas I. Machado
Araujo, Maristela II. Silveira Reiniger, Lia III.
Almeri Tabaldi, Luciane IV. 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.

©2018

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

E-mail: suaimi@gmail.com

Suelen Carpenedo Aimi

**QUALIDADE DE DIÁSPOROS E CRESCIMENTO DE MUDAS
DE *Myrocarpus frondosus* ALLEMÃO NO VIVEIRO E NO CAMPO**

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

Aprovada em 23 de Fevereiro de 2018:

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

Gilvano Ebling Brondani, Dr. (UFLA)

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

Marília Lazarotto, Dra. (UFRGS)

Mônica Brucker Kelling, Dra. (UFSM)

Santa Maria, RS
2018

*Dedico este trabalho aos meus pais
Moacir e Gessy Aimi e minhas irmãs,
com muito amor, admiração e
gratidão. Vocês são meu porto seguro
e minha inspiração diária.*

AGRADECIMENTOS

À Deus pela proteção, oportunidades concedidas, por me guiar e colocar pessoas do bem no meu caminho. Só não vê anjos aquele que não presta atenção nas pessoas que Deus coloca nas nossas vidas.

Aos meus pais, Moacir e Gessy Aimi, por não terem medido esforços para garantir minha educação, por todo amor, exemplo, honestidade, dedicação e confiança. Às minhas irmãs, Silvana e Samanta, meu sobrinho Eduardo e a Gabriela pelo apoio e amor incondicional. Sei que não estive presente em momentos importantes como eu gostaria, mas saibam que estão sempre em meu coração e em minhas orações, amo muito vocês!

Aos meus avós José Aimi, Catarina Aimi (*in memoriam*), Rodolfo Carpenedo (*in memoriam*) e Sabina Carpenedo pelo amor, exemplo, orações e incentivo.

À Pâmella Carpenedo Aime pelo amor incondicional, apoio e por estar sempre presente, obrigada seria pouco!

À minha querida orientadora, prof^a. Maristela Machado Araujo, pela amizade, proteção, ensinamentos, oportunidade e apoio. Obrigada por sempre acreditar e confiar em mim.

À Universidade Federal de Santa Maria, ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, em especial aos professores pelos ensinamentos e formação profissional.

Agradeço também a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo auxílio financeiro, fundamental para a realização dessa pesquisa.

À prof^a. Lia Reiniger pela co-orientação e disponibilidade e a prof^a. Luciane Tabaldi pela amizade, ensinamentos, apoio e por disponibilizar o laboratório e sua equipe para auxiliar nas análises fisiológicas.

Aos integrantes da banca de qualificação professores Lauri Schorn, Luciane Tabaldi, Marília Lazarotto e pesquisadora Maria Helena Fermino, pela disponibilidade e contribuições para melhoria deste trabalho.

Aos membros da banca de defesa professores Gilvano Ebling Brondani, Marília Lazarotto, Mônica Brucker Kelling e pesquisadora Maria Helena Fermino, que aceitaram avaliar este trabalho e pelas contribuições essenciais para a melhoria do mesmo.

Aos colegas e amigos do Laboratório de Silvicultura e Viveiro Florestal: Adriana G., Daniele R., Felipe T., Gabriel M., Guilherme O., Luciana N., Matheus S., Maurício S., Mônica K, Thaíse T. e demais que passaram por lá pela parceria e amizade de todos os dias, tenho certeza que não chegaria até aqui sem a ajuda de cada um. Agradeço especialmente ao Álvaro B., Felipe M. e Marllós L. pela amizade, apoio e ajuda na instalação e condução dos experimentos.

Às minhas queridas amigas Daniele G. “sombra”, Claudia C., Patrícia M. e Thairini Z. pela amizade verdadeira, confiança, auxílio na instalação e condução dos experimentos, e por deixarem tudo mais fácil, levarei vocês sempre em meu coração.

O meu agradecimento aos funcionários do Viveiro Florestal, Seu Élio pela amizade, ensinamentos e por tudo que fez para meus experimentos darem certo. Ao Gervásio pela amizade, ajuda e disponibilidade, ao Seu João e a Simone pela ajuda prestada.

À Kelen Lencina pela amizade e apoio e à Clair Walker pela amizade, parceria, identificação e quantificação dos fungos.

À todos os meus amigos, que estiveram presentes enviando energias positivas, carinho e apoio em todos os momentos e, pela certeza que tenho os melhores amigos do mundo. Em especial: Aline Balbinot, Andrisa Balbinot, Anna Zimmermann, Caren Perius, Deise Cagliari, Glauca Moser, Leila Terebinto, Lia Reck, Márcia Pommer, Marciane Fleck, Natana Vestena, Roselene Felker, Tatiele Lamarque e Thairini Zavistanovicz que sempre estiveram por perto, com vocês aprendi muito, foram como anjos na minha vida, sempre me ajudando, escutando e principalmente acreditando em mim. Agradeço também a Marta Lora por todo apoio, acolhimento e proteção.

Enfim, agradeço à todos que fizeram parte desta caminhada e contribuíram para a realização dessa conquista.

Obrigada, obrigada de coração!

“Conheça todas as teorias, domine todas as técnicas, mas ao tocar uma alma humana seja apenas outra alma humana.”

Carl G. Jung

RESUMO

QUALIDADE DE DIÁSPOROS E CRESCIMENTO DE MUDAS DE *Myrocarpus frondosus* ALLEMÃO NO VIVEIRO E NO CAMPO

AUTORA: Suelen Carpenedo Aimi

ORIENTADORA: Maristela Machado Araujo

Myrocarpus frondosus (cabreúva) pertencente à família Fabaceae é uma espécie nativa de interesse madeireiro, ecológico, ornamental e medicinal. No entanto, apesar da importância dessa espécie, ainda há carência de estudos sobre tecnologia de sementes, produção de mudas e crescimento no campo. Nesse sentido, este estudo foi dividido em quatro capítulos, no Capítulo I foi avaliada a qualidade e o armazenamento dos diásporos em diferentes ambientes. O lote foi formado por diásporos coletados no município de Nova Palma, RS e avaliado quanto ao peso de mil sementes, grau de umidade, condutividade elétrica, teste de germinação e teste de sanidade. Na germinação de diásporos de *Myrocarpus frondosus* recomenda-se o substrato entre areia e entre vermiculita. No teste de sanidade os principais gêneros associados aos diásporos armazenados foram *Fusarium*, *Aspergillus*, *Alternaria*, *Colletotrichum*, *Penicillium*, *Rizopus*, *Cladosporium* e *Mucor*. Amostras do mesmo lote foram armazenadas em diferentes ambientes, constatando como melhor ambiente a sala seca e fria (18 °C e 49% UR) para conservação por 360 dias. A espécie apresenta comportamento intermediário quanto ao armazenamento. No Capítulo II foi avaliada a qualidade de mudas no viveiro buscando indicar o substrato e a adubação adequados à produção de mudas. Avaliou-se quatro combinações de substratos e quatro adubações, por meio da análise dos atributos morfológicos: altura (H), diâmetro do coleto (DC), relação H/DC, área foliar, comprimento radicular, matéria seca aérea, matéria seca radicular, matéria seca total e índice de qualidade de Dickson, e fisiológicos: clorofila *a*, clorofila *b*, carotenoides, fluorescência inicial, fluorescência máxima, eficiência fotoquímica máxima do fotossistema II - F_v/F_m e taxa de transporte de elétrons. Recomenda-se o uso do substrato comercial a base de turfa do tipo *Sphagnum* (40%) com casca de arroz carbonizada (60%) associado à dose de 6 g L⁻¹ de fertilizante de liberação controlada, por apresentarem de maneira geral, os melhores resultados para as variáveis morfológicas e fisiológicas no viveiro. No Capítulo III o objetivo foi avaliar o crescimento de mudas no viveiro sob diferentes sombreamentos. Os tratamentos utilizados foram pleno sol (0%) e três intensidades de sombreamento (30, 50 e 70%). *Myrocarpus frondosus* necessita de sombreamento na fase inicial do crescimento, sendo o sombreamento de 50 e 70% uma alternativa adequada para produção das mudas. No Capítulo IV o objetivo foi avaliar a sobrevivência e o crescimento inicial de mudas sob diferentes níveis de sombreamento no campo. Os tratamentos foram: 0% (pleno sol), 18, 50 e 70%. A utilização de sombreamento no plantio influencia a sobrevivência e os atributos morfológicos e fisiológicos da espécie, constatando-se que a espécie mantém o padrão obtido no viveiro, pois necessita de sombreamento de 50 a 70% na sua fase inicial de crescimento no campo (540 dias após o plantio). A espécie pode ser utilizada em plantios de enriquecimento de sub-bosque e em consórcio com outras espécies de crescimento rápido, capazes de sombrear as plantas de cabreúva.

Palavras-chave: Cabreúva. Armazenamento de sementes. Produção de mudas. Atributos morfológicos e fisiológicos. Sombreamento.

ABSTRACT

QUALITY OF DIASPORES AND GROWTH OF *Myrocarpus frondosus* ALLEMÃO SEEDLINGS IN THE NURSERY AND IN THE FIELD

AUTHOR: Suelen Carpenedo Aimi
ADVISOR: Maristela Machado Araujo

Myrocarpus frondosus (cabreúva) belongs to the Fabaceae family and is a native species of wood, ecological, ornamental and medicinal interest. However, despite the importance of this species, there is still a lack of studies on seed technology, seedling production and field growth. In this sense, this study was divided into four chapters. In Chapter I the quality and storage of diaspores in different environments were evaluated. The batch consisted of diaspores collected in the municipality of Nova Palma, RS and evaluated for the weight of one thousand seeds, degree of humidity, electrical conductivity, germination test and sanity test. In the germination of diaspores of *Myrocarpus frondosus* the substrate between sand and vermiculite is recommended. In the sanity test the main genera associated to the diaspores stored were *Fusarium*, *Aspergillus*, *Alternaria*, *Colletotrichum*, *Penicillium*, *Rizopus*, *Cladosporium* and *Mucor*. Samples from the same batch were stored in different environments, with the dry and cold room (18°C and 49% RH) being considered the best environment for conservation for 360 days. The species demonstrates intermediate storage behavior. In Chapter II, the quality of seedlings in the nursery was evaluated in order to indicate the adequate substrate and fertilization to the production of seedlings. Four combinations of substrates and four fertilizations were evaluated through the analysis of the morphological attributes: height (H), stem diameter (SD), H/SD ratio, leaf area, root length, aerial dry mass, root dry mass, total dry mass and Dickson quality index, and physiological attributes: chlorophyll *a*, chlorophyll *b*, carotenoids, initial fluorescence, maximum fluorescence, maximum photochemical efficiency of photosystem II - F_v/F_m and electron transport rate. The use of the Sphagnum peat-based substrate (40%) with carbonated rice husk (60%) associated with the 6 g L⁻¹ dose of controlled release fertilizer is recommended, as they generally present the best results for the morphological and physiological variables in the nursery. In Chapter III the objective was to evaluate the growth of seedlings in the nursery under different shadings. The treatments used were full sun (0%) and three shade intensities (30, 50 and 70%). *Myrocarpus frondosus* requires shading in the early stages of growth, with shading of 50 and 70% being an adequate alternative for seedling production. In Chapter IV the objective was to evaluate the survival and initial growth of seedlings under different levels of shading in the field. The treatments were: 0% (full sun), 18, 50 and 70%. The use of shading in the planting influences the survival and morphological and physiological attributes of the species, confirming that the species maintains the pattern obtained in the nursery, since it requires shading from 50 to 70% in its initial stage of growth in the field (540 days after planting). The species can be used in plantations for sub-forest enrichment and in consortium with other fast-growing species capable of shading the cabreúva plants.

Keywords: Cabreúva. Seedling production. Morphological and physiological attributes. Shading.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Inflorescências (A); árvore adulta com frutos prontos para a coleta (B); ramo com frutos (C) e diásporos (D) de *Myrocarpus frondosus* 30
- Figura 2 - Estágios sucessivos da germinação hipógea criptocotiledonar de *Myrocarpus frondosus*; diásporo sem ala (A); emissão da radícula (B); alongamento da raiz primária e expansão dos cotilédones (C a E); plântula normal (F); aspectos morfológicos de plântulas de *Myrocarpus frondosus* (G) onde: pf – primórdios foliares, ep – epicótilo, co – cotilédones, hp - hipocótilo e rp - raiz primária (A), e plântulas anormais verificadas no teste de germinação (H) 58
- Figura 3 – (A) Porcentagem de germinação e (B) índice de velocidade de germinação (IVG) de *Myrocarpus frondosus* em diferentes ambientes e tempos de armazenamento. Sendo: SCA - sala na condição ambiente; SSF - sala seca e fria; CUF - câmara úmida e fria e GEL - geladeira 60
- Figura 4 – Comprimento de plântulas (A) e matéria seca de plântulas (B) de *Myrocarpus frondosus* em diferentes ambientes e dias após o armazenamento. Sendo: SCA - sala na condição ambiente; SSF - sala seca e fria; CUF - câmara úmida e fria e GEL - geladeira..... 62
- Figura 5 – Diásporos mortos em diferentes ambientes, aos 0, 90, 180, 270 e 360 dias após o armazenamento, Santa Maria, RS. Sendo: SCA - sala na condição ambiente; SSF - sala seca e fria; CUF - câmara úmida e fria e GEL - geladeira 63
- Figura 6 - Condutividade elétrica massal de diásporos de *Myrocarpus frondosus* armazenados em diferentes ambientes e tempos de armazenamento. Sendo: SCA - sala na condição ambiente; SSF - sala seca e fria; CUF - câmara úmida e fria e GEL - geladeira..... 64
- Figura 7 – Volume de sólidos, ar e água de substratos com diferentes proporções de mistura de substrato comercial e casca de arroz carbonizada utilizadas na produção de mudas de *Myrocarpus frondosus*. S1-100% Substrato comercial (SC); S2-80% SC e 20% de Casca de arroz carbonizada (CAC); S3-60% SC e 40% de CAC; S4-40% SC e 60% CAC; EA – espaço de aeração; AFD – água facilmente disponível e AT – água tamponante; AR100 – água remanescente a 100 cm 78
- Figura 8 – Precipitação (pp), temperatura máxima (T Max), temperatura mínima (T Min) e temperatura média mensal (T Md) registradas no município de Santa Maria, RS, durante a condução do experimento no viveiro 93

Figura 9 – Área de crescimento de mudas de <i>Myrocarpus frondosus</i> a pleno sol (0%) e com diferentes intensidades de sombreamento (30, 50 e 70%), Santa Maria, RS.....	94
Figura 10 - Altura (A), diâmetro do coleto (B) e relação H/DC (C) de mudas de <i>Myrocarpus frondosus</i> em função de diferentes sombreamentos e tempos de avaliação, em viveiro, Santa Maria, RS	97
Figura 11 - Detalhes do plantio a campo de <i>Myrocarpus frondosus</i> : A - abertura das covas com auxílio de um perfurador de solo; B - covas para plantio; C - plantio e D – irrigação das mudas após o plantio, Santa Maria, RS	111
Figura 12 – Precipitação (pp), temperatura média (T Md), temperatura máxima (T Max) e temperatura mínima (T Min) registradas no município de Santa Maria, RS, durante a condução do experimento de mudas de <i>Myrocarpus frondosus</i> no campo	111
Figura 13 - Crescimento em altura (A), diâmetro do coleto (B) e relação H/DC (C) de mudas de <i>Myrocarpus frondosus</i> , em diferentes intensidades de sombreamento e tempos de avaliação, no campo, Santa Maria, RS	115

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Escala de valores para propriedades físicas e químicas de substratos recomendadas para produção de mudas	38
Tabela 2 - Características de espécies arbóreas conforme grupos ecológicos	43
Tabela 3 – Porcentagem de germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG), plântulas anormais (PA) e diásporos mortos (DM) de <i>Myrocarpus frondosus</i> em diferentes substratos, Santa Maria, RS	57
Tabela 4 – Grau de umidade (%) dos diásporos de <i>Myrocarpus frondosus</i> em diferentes condições de armazenamento, aos 0, 90, 180, 270 e 360 dias, Santa Maria, RS ..	59
Tabela 5 – Patógenos associados a diásporos de <i>Myrocarpus frondosus</i> aos 90, 180, 270 e 360 dias após o armazenamento em diferentes ambientes, Santa Maria, RS	65
Tabela 6 - Descrição dos tratamentos utilizados na produção de mudas de <i>Myrocarpus frondosus</i> em casa de vegetação no Viveiro Florestal, Santa Maria, RS	74
Tabela 7 – Valores médios de densidade úmida (DU), densidade seca (DS), porosidade total (PT), espaço de aeração (EA), água facilmente disponível (AFD), água tamponante, água remanescente (AR), pH e condutividade elétrica (CE) de substrato comercial em combinações com casca de arroz carbonizada utilizados na produção de mudas de <i>Myrocarpus frondosus</i> , em viveiro, Santa Maria, RS.....	77
Tabela 8 – Emergência (%) de <i>Myrocarpus frondosus</i> , produzidas em diferentes substratos e adubações, aos 30 dias após semeio em viveiro, Santa Maria, RS.....	79
Tabela 9 – Efeito de diferentes substratos e adubações na altura, área foliar, matéria seca aérea, comprimento radicular, matéria seca radicular, matéria seca total e índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de <i>Myrocarpus frondosus</i> , aos 300 dias em viveiro, Santa Maria, RS.....	80
Tabela 10 – Efeito de diferentes substratos e adubações na fluorescência inicial, rendimento quântico máximo PSII (F_v/F_m), clorofila <i>a</i> , clorofila <i>b</i> e carotenoides de mudas de <i>Myrocarpus frondosus</i> , aos 300 dias em viveiro, Santa Maria, RS.....	81
Tabela 11 – Médias de diâmetro do coleto (DC), relação H/DC, fluorescência máxima (F_m) e taxa de transporte de elétrons (ETR) de mudas de <i>Myrocarpus frondosus</i> , produzidas em diferentes substratos e adubações, aos 300 dias em viveiro, Santa Maria, RS.....	82

Tabela 12 - Matriz de correlação de Pearson (r) dos parâmetros morfológicos e fisiológicos das mudas de <i>Myrocarpus frondosus</i> produzidas aos 300 dias em viveiro, Santa Maria, RS	83
Tabela 13 – Matéria seca aérea (MSA), matéria seca radicular (MSR), matéria seca total (MST), índice de qualidade de Dickson (IQD), volume radicular (VR), área foliar (AF) e comprimento radicular (CR), aos 390 dias após a emergência de mudas de <i>Myrocarpus frondosus</i> em viveiro, Santa Maria, RS	98
Tabela 14 – Clorofila <i>a</i> , clorofila <i>b</i> , relação clorofila <i>a</i> /clorofila <i>b</i> e carotenoides, aos 390 dias após a emergência de mudas de <i>Myrocarpus frondosus</i> , em viveiro, Santa Maria, RS	99
Tabela 15 – Fluorescência inicial (F_o), fluorescência máxima (F_m), rendimento quântico máximo PSII (F_v/F_m) e taxa de transporte de elétrons (ETR) de mudas de <i>Myrocarpus frondosus</i> em diferentes sombreamentos, aos 390 dias após a emergência, em viveiro, Santa Maria, RS	99
Tabela 16 - Atributos do solo no qual foi realizado o plantio das mudas de <i>Myrocarpus frondosus</i> sob diferentes intensidades de sombreamento, no campo, Santa Maria, RS*	109
Tabela 17 – Taxa de sobrevivência de mudas de <i>Myrocarpus frondosus</i> , aos 30 e 540 dias após o plantio no campo, em função de diferentes níveis de sombreamento, Santa Maria, RS	114
Tabela 18 – Área foliar (AF), matéria seca das folhas (MSF), matéria seca de caule e ramos (MSCR) e matéria seca da parte aérea (MSPA) de plantas de <i>Myrocarpus frondosus</i> , aos 540 dias após o plantio no campo, Santa Maria, RS	116
Tabela 19 – Taxa de transporte de elétrons (ETR), clorofila <i>a</i> , clorofila <i>b</i> , razão clorofila <i>a</i> /clorofila <i>b</i> e carotenoides de mudas de <i>Myrocarpus frondosus</i> em diferentes sombreamentos e tempos de avaliação no campo, Santa Maria, RS	117
Tabela 20 – Fluorescência inicial (F_o), fluorescência máxima (F_m) e rendimento quântico máximo PSII (F_v/F_m) de mudas de <i>Myrocarpus frondosus</i> no campo em diferentes sombreamentos e tempos, Santa Maria, RS	118

LISTA DE APÊNDICES

- APÊNDICE A - Resultado da Análise de Variância (Quadrados médios) para germinação (%), índice de velocidade de germinação (IVG), plântulas anormais e diásporos mortos em diferentes substratos com diásporos de *Myrocarpus frondosus*, Santa Maria, RS 145
- APÊNDICE B - Resultado da Análise de Variância (Quadrados médios) para germinação (%), índice de velocidade de germinação (IVG), plântulas anormais, comprimento de plântulas (CP), matéria seca de plântulas (MSP), diásporos mortos e condutividade elétrica (CE) de diásporos de *Myrocarpus frondosus* em diferentes ambientes e tempos de avaliação, Santa Maria, RS 145
- APÊNDICE C - Resultado da Análise de Variância (Quadrado médio) dos gêneros *Alternaria*, *Aspergillus*, *Colletotrichum*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Mucor* e *Rhizopus* encontrados em diásporos de *Myrocarpus frondosus* em diferentes ambientes de armazenamento e tempos de avaliação, Santa Maria, RS 145
- APÊNDICE D - Resultado da Análise de Variância (Quadrado médio) para emergência (E), altura (H), diâmetro do coleto (DC), relação H/DC, área foliar (AF), comprimento radicular (CR), matéria seca aérea (MSA), matéria seca radicular (MSR), matéria seca total (MST) e índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de *Myrocarpus frondosus* produzidas em diferentes substratos e adubações no viveiro, Santa Maria, RS 146
- APÊNDICE E - Resultado da Análise de Variância (Quadrado médio) para clorofila *a*, clorofila *b*, carotenoides, fluorescência inicial (F_0), fluorescência máxima (F_m), rendimento quântico máximo do fotosistema II (F_v/F_m) e taxa de transporte de elétrons (ETR) de mudas de *Myrocarpus frondosus* produzidas em diferentes substratos e adubações no viveiro, Santa Maria, RS 146
- APÊNDICE F - Resultado da Análise de Variância (Quadrado médio) para altura (H), diâmetro do coleto (DC) e relação H/DC de mudas de *Myrocarpus frondosus* produzidas em diferentes sombreamentos e tempos de avaliação no viveiro, Santa Maria, RS 147

APÊNDICE G - Resultado da Análise de Variância (Quadrado médio) para matéria seca aérea (MSA), matéria seca radicular (MSR), matéria seca total (MST), índice de qualidade de Dickson (IQD), volume radicular (VR), área foliar (AF) e comprimento radicular (CR) de mudas de <i>Myrocarpus frondosus</i> produzidas em diferentes níveis de sombreamento no viveiro, Santa Maria, RS	147
APÊNDICE H - Resultado da Análise de Variância (Quadrado médio) para clorofila <i>a</i> , clorofila <i>b</i> , relação clorofila <i>a/b</i> , carotenoides, fluorescência inicial (F_o), fluorescência máxima (F_m), rendimento quântico máximo do fotossistema II (F_v/F_m) e taxa de transporte de elétrons (ETR) de mudas de <i>Myrocarpus frondosus</i> produzidas em diferentes níveis de sombreamento no viveiro, Santa Maria, RS	147
APÊNDICE I - Resultado da Análise de Variância (Quadrado médio) para altura (H), diâmetro do coleto (DC) e relação H/DC de mudas de <i>Myrocarpus frondosus</i> em diferentes sombreamentos e tempos de avaliação no campo, Santa Maria, RS..	148
APÊNDICE J - Resultado da Análise de Variância (Quadrado médio) para área foliar (AF), matéria seca das folhas (MSF), matéria seca de caule e ramos (MSCR), matéria seca da parte aérea (MSPA) de plantas de <i>Myrocarpus frondosus</i> , aos 540 dias após o plantio no campo em diferentes níveis de sombreamento, Santa Maria, RS	148
APÊNDICE K - Resultado da Análise de Variância (Quadrado médio) para clorofila <i>a</i> (Chl <i>a</i>), clorofila <i>b</i> (Chl <i>b</i>), relação clorofila <i>a/b</i> , carotenoides (Car), fluorescência inicial (F_o), fluorescência máxima (F_m), rendimento quântico máximo do fotossistema II (F_v/F_m) e taxa de transporte de elétrons (ETR) de mudas de <i>Myrocarpus frondosus</i> em diferentes sombreamentos e tempos de avaliação no campo, Santa Maria, RS	148

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	25
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	29
2.1 <i>MYROCARPUS FRONDOSUS</i> ALLEMÃO	29
2.2 SUBSTRATOS PARA TESTES DE GERMINAÇÃO	31
2.3 ARMAZENAMENTO DE SEMENTES FLORESTAIS	32
2.4 QUALIDADE DE SEMENTES FLORESTAIS	34
2.4 SUBSTRATO PARA A PRODUÇÃO DE MUDAS NO VIVEIRO	37
2.4.1 <i>Turfa</i>	38
2.4.2 <i>Casca de arroz carbonizada</i>	39
2.5 NUTRIÇÃO MINERAL DE MUDAS	40
2.6 SOMBREAMENTO DE PLANTAS NO VIVEIRO E NO CAMPO	42
2.7 IMPLANTAÇÃO FLORESTAL	44
2.9 ATRIBUTOS MORFOLÓGICOS E FISIOLÓGICOS DE MUDAS	45
3 CAPÍTULO I - QUALIDADE DE DIÁSPOROS DE <i>Myrocarpus frondosus</i> ALLEMÃO ARMAZENADOS EM DIFERENTES AMBIENTES	49
3.1 INTRODUÇÃO	51
3.2 MATERIAL E MÉTODOS	53
3.2.1 <i>Qualidade física e fisiológica inicial</i>	53
3.2.2 <i>Qualidade fisiológica e sanitária durante o armazenamento</i>	55
3.2.3 <i>Análise dos dados</i>	56
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	56
3.3.1 <i>Qualidade física, fisiológica e sanitária inicial</i>	56
3.3.2 <i>Qualidade fisiológica e sanitária durante o armazenamento</i>	59
3.4 CONCLUSÃO	68
4 CAPÍTULO II - SUBSTRATO E ADUBAÇÃO NA QUALIDADE DE MUDAS DE <i>Myrocarpus frondosus</i> ALLEMÃO	69
4.1 INTRODUÇÃO	71
4.2 MATERIAL E MÉTODOS	73
4.3 RESULTADOS	77
4.4 DISCUSSÃO	84
4.5 CONCLUSÃO	88
5 CAPÍTULO III - INTENSIDADES DE SOMBREAMENTO NO CRESCIMENTO DE MUDAS DE <i>Myrocarpus frondosus</i> ALLEMÃO NO VIVEIRO	89
5.1 INTRODUÇÃO	91
5.2 MATERIAL E MÉTODOS	93
5.3 RESULTADOS	96
5.4 DISCUSSÃO	100
5.5 CONCLUSÃO	103

6 CAPÍTULO IV - QUAL A INTENSIDADE DE SOMBREAMENTO CAPAZ DE POTENCIALIZAR O CRESCIMENTO DE MUDAS DE <i>Myrocarpus frondosus</i> ALLEMÃO NO CAMPO?	105
6.1 INTRODUÇÃO	107
6.2 MATERIAL E MÉTODOS	109
6.2.1 <i>Tratamentos, preparo da área e plantio das mudas</i>	110
6.2.2 <i>Avaliação da sobrevivência e atributos morfológicos</i>	112
6.2.3 <i>Avaliação dos atributos fisiológicos</i>	113
6.4 RESULTADOS	114
6.5 DISCUSSÃO.....	118
6.6 CONCLUSÕES.....	122
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	123
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	125
APÊNDICES	145

1 INTRODUÇÃO GERAL

No Brasil, o interesse na propagação de espécies arbóreas nativas tem se intensificado, devido à mudança na legislação florestal, fiscalização dos órgãos ambientais e conscientização da população. Porém, considerando a elevada riqueza florística, para a maioria das espécies ainda falta conhecimento sobre a produção e tecnologia de sementes, manejo das mudas no viveiro e plantio no campo, comprometendo o uso dessas espécies em programas destinados à reposição florestal, reflorestamento, recuperação de áreas alteradas e plantios comerciais.

Especialmente para as nativas, a semente ainda é o principal meio de propagação. Assim, o conhecimento da qualidade genética, física, fisiológica e sanitária torna-se relevante. Conforme Figliolia, Piña-Rodrigues e Nogueira (2007), a análise das sementes em laboratório tem o objetivo de identificar a qualidade dos lotes para fins de semeadura e armazenamento, todavia, para que essas informações realmente expressem a qualidade das sementes é necessária a padronização das metodologias utilizadas. As instruções para a realização dos testes em laboratório são apresentadas em dois documentos: Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009a) e Instruções para a Análise de Sementes de Espécies Florestais (BRASIL, 2013). No entanto, muitas espécies florestais nativas não possuem protocolos para análises básicas e outras, apesar de descritos, não foram validados. Outro fator que interfere na identificação da qualidade dos lotes é a sanidade das sementes, cujos estudos nem sempre são levados em consideração, apesar de influenciarem negativamente a germinação, reduzindo o potencial de armazenamento e/ou causando morte de plântulas ou transmitindo doenças.

Na produção de mudas são necessárias pesquisas sobre substratos, adubações, demanda de luz, recipientes, irrigação, entre outros. Esses estudos são importantes na construção de normas complementares à Lei nº 10.711/2003, Decreto nº 5.153/2004 e Instruções normativas nº 56/2011 e nº 17/2017 (BRASIL, 2003, 2004, 2011, 2017) o que permitirá subsidiar a definição de um padrão de qualidade de mudas nos viveiros. Essas informações são necessárias para os programas de produção de mudas, de modo a atender à crescente demanda, principalmente de projetos de recuperação ou restauração florestal.

Dentre os substratos utilizados, existem aqueles à base de matéria orgânica e turfas, classificados como componentes principais, os quais são misturados a componentes secundários, como a casca de arroz carbonizada, a vermiculita e a fibra de coco, entre outros.

A utilização desses componentes adicionados em diferentes proporções, com características físicas e químicas mais adequadas à determinada espécie, proporciona melhor desenvolvimento da planta, menor tempo de produção e custo final do produto. No entanto, tais componentes devem estar disponíveis no mercado, ter baixo custo, e satisfazer o sistema de produção do viveiro (REGAN, 2014). Paralelamente, as plantas requerem quantidades adequadas de nutrientes minerais para realizarem os processos fisiológicos básicos, como a fotossíntese. Além disso, a utilização de fertilizantes na fase de viveiro é importante para que as mudas se desenvolvam adequadamente para sobreviver e se desenvolver no campo (JACOBS; LANDIS, 2009; GROSSNICKLE, 2012), tendo em vista que o objetivo é o rápido crescimento. Existem diferentes tipos de fertilizantes inorgânicos disponíveis para o uso em viveiros, variando de acordo com sua matéria-prima, quantidade de nutrientes e mecanismos de liberação. No entanto, a demanda de nutrientes pela planta vai depender do crescimento e eficiência da conversão desses elementos (LANDIS; DUMROESE, 2009), assim existindo demanda específica para diferentes espécies.

Com relação a demanda de luz, as espécies arbóreas nativas apresentam respostas distintas, ou seja, a maior eficiência de conversão de energia, maior produção de carboidratos e, conseqüentemente, maior crescimento, o que está diretamente ligado a sua capacidade de adaptação a diferentes condições de luminosidade (DOSSEAU et al., 2007; VALLADARES; NIINEMETS, 2008). Além disso, os níveis de sombreamento podem ocasionar modificações fisiológicas, bioquímicas e anatômicas (TAIZ; ZEIGER, 2009). A aclimatação das folhas em diferentes condições luminosas ocorre por meio de modificações em sua morfologia (forma e disposição), anatomia e fisiologia (captação de luz, transporte de elétrons e fixação de carbono) (DELAGRANGE, 2011).

Diversos estudos, avaliando o crescimento e as adaptações morfológicas das plantas às diferentes condições luminosas, têm sido realizados com espécies florestais nativas, esses trabalhos tem o objetivo de melhorar a produção de mudas e fomentar iniciativas de reflorestamento. Assim, o estudo da luminosidade e sua relação com os atributos morfológicos e fisiológicos são fundamentais para avaliar o potencial das espécies arbóreas em projetos de recuperação de áreas alteradas e plantios comerciais, principalmente para acompanhar a plasticidade de adaptação das espécies em diferentes condições de luminosidade.

A qualidade das mudas é avaliada por atributos morfológicos e fisiológicos (GOMES; PAIVA, 2011; RITCHIE et al., 2010). Apesar dos atributos morfológicos apresentarem resultados importantes, os mesmos são considerados incompletos. Assim, a avaliação fisiológica é fundamental para identificar alterações no metabolismo das plantas ocasionados por algum estresse (CAMPOE et al., 2014).

Outro problema que restringe o avanço da tecnologia de produção de mudas de espécies arbóreas nativas são as informações isoladas, sobre sementes, insumos de produção, sobrevivência e crescimento no campo. Conforme Vallone et al. (2009) a falta de estudos no campo leva a conclusões equivocadas, pois nem sempre os melhores resultados obtidos no viveiro representam o melhor crescimento no campo. Desse modo, são necessárias pesquisas com uma abordagem mais ampla, com informações silviculturais sobre essências florestais nativas, capazes de subsidiar o uso dessas espécies com potencial econômico e para restauração e recuperação florestal.

Dentre essas espécies *Myrocarpus frondosus* Allemão, popularmente conhecida como cabreúva, destaca-se pela produção comercial de madeira, alcançando bons preços no mercado (BRENA; LONGHI, 1998), sendo muito resistente e de grande durabilidade, utilizada para construção civil e marcenaria, na indústria de perfumarias e tinturas, indicada para reconstituição de ecossistemas alterados, reposição de mata ciliar e arborização urbana (BACKES; IRGANG, 2002; CARVALHO, 2003; SANTI et al., 2017). No entanto, apesar de sua importância econômica e ambiental, *Myrocarpus frondosus* ainda necessita de estudos sobre a tecnologia de diásporos, técnicas que otimizem sua produção em viveiro, com baixo custo e adequada qualidade morfológica e fisiológica, proporcionando maior sobrevivência e crescimento no campo.

Dessa maneira, o objetivo dessa pesquisa foi avaliar a tecnologia de sementes (diásporos), produção de mudas, sobrevivência e crescimento inicial a campo de *Myrocarpus frondosus* com diferentes intensidades de sombreamento. Esse estudo foi dividido em quatro capítulos, os quais estão organizados de acordo com os objetivos, a seguir:

- ✓ Capítulo I – Avaliar a qualidade dos diásporos de *Myrocarpus frondosus* e o armazenamento em diferentes ambientes.
- ✓ Capítulo II – Verificar a qualidade de mudas de *Myrocarpus frondosus* no viveiro em função do substrato e da adubação utilizados na produção.
- ✓ Capítulo III – Avaliar diferentes intensidades de sombreamento no crescimento inicial de mudas de *Myrocarpus frondosus* no viveiro.

- ✓ Capítulo IV – Avaliar a sobrevivência e o crescimento inicial de mudas de *Myrocarpus frondosus* no campo, sob diferentes níveis de sombreamento.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 *Myrocarpus frondosus* ALLEMÃO

A espécie *Myrocarpus frondosus* Allemão é conhecida popularmente como cabreúva, cabriúva, cabriúva-parda, pau-de-bálsamo, óleo-pardo, caburé, entre outros. *Myrocarpus* é devido à presença de bálsamo no fruto (prefixo grego “Myron”, que significa óleo perfumado) (SARTORI; TOZZI, 2004). Ocorre naturalmente na Bolívia, Paraguai e Brasil (TROPICOS, 2018). No Brasil, é encontrada nos estados da Bahia, Espírito Santo, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais até o Rio Grande do Sul, principalmente na Floresta Estacional Decidual e Semidecidual, com variação de altitude de até 1.200 metros (LORENZI, 2002; CARVALHO, 2003). Conforme Sartori e Tozzi (2004), no Rio Grande do Sul, ocorre na Floresta Ombrófila Densa e Mista, em Santa Catarina nas altitudes entre 200 a 500 m, e no Paraná, até 1.200 m, e comumente associada a cursos d’água.

A espécie pode atingir altura de 10 a 35 metros e diâmetro de 30 a 100 centímetros, podendo chegar até 35 m de altura e 100 cm de diâmetro na idade adulta (CARVALHO, 2003). As Inflorescências são em espigas terminais, com flores de até 1 cm de comprimento, brancas ou branco-esverdeadas, pentâmeras, hermafroditas, melíferas (Figura 1A). A floração ocorre durante os meses de setembro a outubro e a frutificação de novembro a dezembro (LORENZI, 2002), mas no Rio Grande do Sul, a floração ocorre de maio a outubro e a frutificação de setembro a maio, com dispersão anemocórica (BACKES; IRGANG, 2002). O fuste é reto (Figura 1B), com casca de coloração cinza clara, com fissuras e rugosidades profundas no sentido longitudinal, muito aromática (BACKES; IRGANG, 2002). As folhas são alternas pinadas, com sete a nove folíolos, oval-elípticas, de até 7 cm de comprimento por 4 cm de largura (Figura 1C). O fruto é do tipo sâmara alada (Figura 1D), elíptico, de até 10 cm de comprimento por 2 cm de largura, de cor amarelo-clara (BACKES; IRGANG, 2002; SARTORI; TOZZI, 2004).

Devido à dificuldade de remover as sementes sem comprometer e/ou danificar a estrutura do embrião, utiliza-se o fruto (diásporo), para análise de sementes e produção de mudas. A semente é palhenta e a sâmara pode ser utilizada com ou sem ala (BRASIL, 2013).

Figura 1 - Inflorescências (A); árvore adulta com frutos prontos para a coleta (B); ramo com frutos (C) e diásporos (D) de *Myrocarpus frondosus*



Fonte: A autora (2018).

A cabreúva é uma planta decídua, seletiva higrófila, dispersa nas principais formações florestais, exceto no cerrado (LORENZI, 2002). Classificada como secundária inicial (VACCARO; LONGHI; BRENA, 1999) a secundária tardia (DURIGAN; NOGUEIRA, 1990), semi-heliófila que tolera sombreamento de média intensidade, além de ser tolerante à baixas temperaturas (mínimas de até $-7,5\text{ }^{\circ}\text{C}$) (CARVALHO, 2003). Na floresta primária,

aparece como espécie emergente no dossel superior, com regeneração natural em áreas abertas, em capoeiras e matas secundárias (LORENZI, 2002). Os povoamentos de cabreúva possuem distribuição agregada aleatória e apresentam alta rebrota dos tocos (média de 3,4 brotos toco⁻¹) (CALEGARI et al., 2009). Assim, a espécie também tem potencial para ser propagada via assexuada. A espécie ocorre em solos profundos e úmidos, com fertilidade química elevada, boa drenagem e textura franca a argilosa (CARVALHO, 2003).

A cabreúva é recomendada na recuperação de ecossistemas alterados, na mata ciliar, arborização urbana e formações de parques (BACKES; IRGANG, 2002; CARVALHO, 2003). Destaca-se entre as espécies arbóreas nativas do bioma Mata Atlântica de maior produção comercial de madeira, alcançando bons preços no mercado (BRENA; LONGHI, 1998), devido sua maior resistência e durabilidade, mesmo quando exposta, além da densidade alta (870 a 1.002 kg m⁻³). A madeira também é muito utilizada na confecção de reservatórios (barris) para bebidas destiladas e vinhos, com o objetivo de caracterizar o produto final (AMPESE, 2011). Os óleos essenciais (bálsamo) extraídos da casca podem ser usados na produção de pomadas e o óleo extraído das folhas e frutos apresenta ação antioxidante, assim esses extratos são utilizados na indústria farmacêutica e alimentar (PENNINGTON et al., 2005; SANTI et al., 2017).

Em relação ao armazenamento, as sementes apresentam comportamento recalcitrante (CARVALHO, 2003) a intermediário (WIELEWICK et al., 2006), com baixa viabilidade em ambiente não controlado, variando de três (LORENZI, 2002) a seis meses (CARVALHO, 2003). A germinação é hipógea com início entre o 10^o e 15^o dias após a semeadura, sendo seu potencial germinativo de cerca de 75% (LORENZI, 2002). Conforme Carvalho (2003) o desenvolvimento de mudas em viveiro e a campo é lento, ficando aptas para o plantio em nove meses, entretanto, Lorenzi (2002), descreveu que o crescimento no campo é médio, atingindo 2,5 m aos dois anos.

2.2 SUBSTRATOS PARA TESTES DE GERMINAÇÃO

O substrato pode favorecer ou prejudicar a germinação das sementes, em função de sua estrutura, aeração, capacidade de retenção de água e ocorrência de patógenos (GUEDES et al., 2010). Isso porque é suporte físico no qual a semente é colocada e tem a função de manter as condições adequadas para germinação e desenvolvimento das plântulas (FIGLIOLIA; OLIVEIRA; PIÑA-RODRIGUES, 1993; MARTINS et al., 2012).

As sementes, conforme a sua estrutura, apresentam respostas fisiológicas distintas, sendo necessárias pesquisas que forneçam subsídios para o uso do substrato ideal para cada espécie. Assim, antes da definição do substrato observa-se o formato e o tamanho das sementes (BRASIL, 2009a), a quantidade de água, luz, disponibilidade e facilidade de manuseio (FIGLIOLIA; OLIVEIRA; PIÑA-RODRIGUES, 1993).

Os substratos comumente utilizados nos teste de germinação incluem solo, areia, turfa, papel filtro, serragem e papel toalha (BASKIN, BASKIN, 2014; BRASIL, 2009a, 2013). Especialmente na RAS (BRASIL, 2009a) estão descritos os substratos papel (mata-borrão, toalha e filtro), areia e solo, sendo incluído pela Instruções para a Análise de Sementes de Espécies Florestais também a vermiculita (BRASIL, 2013). A vermiculita está sendo bastante utilizada devido a uniformidade na sua composição química e granulométrica, porosidade, capacidade de retenção de água e baixa densidade, sendo recomendada para sementes grandes e esféricas (MARTINS et al., 2012). Areia e vermiculita representam uma ótima opção para serem utilizadas como substrato na germinação de sementes florestais, devido à baixa contaminação de microrganismos que ocorre com seu uso (GASPARIN et al., 2012). Para a espécie *Myrocarpus frondosus* o substrato vermiculita também é recomendado, além da areia e rolo de papel (BRASIL, 2013).

2.3 ARMAZENAMENTO DE SEMENTES FLORESTAIS

A capacidade fisiológica das sementes em tolerar a dessecação após a colheita é variável entre as espécies. Conforme proposto por Roberts (1973), as sementes, com base nas características de armazenamento, são classificadas em dois grupos, as ortodoxas que podem ser secas com umidade abaixo de 10% e armazenadas em baixas temperaturas, possibilitando a manutenção da viabilidade por longo período, e as recalcitrantes, que não podem ser secas abaixo de níveis de umidade elevados (25 a 40%), e nem armazenadas em temperaturas abaixo de zero. No entanto, Ellis, Hong e Roberts (1990) propuseram a categoria das sementes intermediárias, as quais toleram a desidratação de 12 a 15% de umidade e não suportam baixas temperaturas por tempo prolongado.

O desenvolvimento das sementes ortodoxas é dividido em três fases (histodiferenciação, maturação e secagem), durante a fase de maturação, essas sementes adquirem tolerância à dessecação, que é mantida após a dispersão e podem atingir níveis de umidade em torno de 15 a 20%. Após a hidratação, estas sementes podem retomar o metabolismo

direcionado para o processo de germinação. Por outro lado, nas sementes recalcitrantes não ocorre a secagem no final da maturação, e essas são dispersas com elevado grau de umidade, sendo sensíveis à secagem e podendo germinar logo após a dispersão (BASKIN; BASKIN, 2014; BEWLEY; BLACK, 1994).

As pesquisas sobre a conservação de sementes recalcitrantes ainda não produziram informações suficientes para o desenvolvimento de métodos que permitam ampliar sua capacidade de armazenamento (ANDRÉO; NAKAGAWA; BARBEDO, 2006). A intensa atividade respiratória e o consumo de reservas podem ocasionar a atividade de radicais livres que provocam prejuízos à conservação da viabilidade durante o armazenamento, favorecendo a rápida deterioração (BARBEDO; MARCOS FILHO, 1998; VILLELA; PERES, 2004).

A deterioração das sementes é um processo que se inicia a partir da maturidade fisiológica, reduzindo a qualidade e ocasionando a sua morte (MARCOS FILHO, 2005). Desse modo, em sementes armazenadas em condições adequadas, a velocidade desse processo pode ser reduzida, permitindo que a viabilidade seja prolongada (FIGLIOLIA; OLIVEIRA; PIÑA-RODRIGUES, 1993). Fatores como a umidade relativa do ar e temperatura interferem na qualidade das sementes durante o armazenamento, pois condições de elevada umidade relativa do ar podem favorecer o metabolismo do embrião, enquanto, que, temperaturas elevadas ocasionam aumento da taxa respiratória e esgotamento das substâncias de reserva acumuladas (AGUIAR, 1995). Conforme Fowler (2000) a respiração deve ser mantida em um nível mínimo, apenas o suficiente para manter a semente viva, porém baixas para evitar o consumo de reservas e a oxidação degenerativa. Além disso, a maior umidade relativa do ar e temperatura podem favorecer a ocorrência de patógenos, principalmente fungos e insetos, capazes de acelerar a deterioração das sementes (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

Normalmente, para fins de produção de mudas as sementes não são utilizadas logo após a coleta e o seu armazenamento adequado pode ser uma alternativa para prolongar a qualidade fisiológica, diminuindo a velocidade de deterioração, por meio de tecnologias apropriadas para cada espécie (KISSMANN et al., 2009). As sementes são armazenadas para utilização no mesmo ano ou nos próximos, pois as espécies nativas apresentam irregularidades de produção de sementes, sendo abundante em um ano e escasso no outro, muitas vezes sem ocorrer produção (AGUIAR, 1995).

Os diásporos de *Myrocarpus frondosus*, com relação ao armazenamento são classificados como recalcitrantes (CARVALHO, 2003) a intermediários (WIELEWICK et al., 2006), sendo também descritos com baixa viabilidade em ambiente não controlado de três (LORENZI, 2002) a seis meses (CARVALHO, 2003). A espécie também apresenta produção

irregular de sementes, sendo muito importante a possibilidade de armazenamento dos diásporos para produção de mudas pelos viveiristas durante todo ano.

2.4 QUALIDADE DE SEMENTES FLORESTAIS

As análises das sementes em laboratórios são realizadas com o objetivo de conhecer a qualidade física, fisiológica e sanitária dos lotes, tanto para semeadura, como armazenamento. No entanto, é necessário que as metodologias sejam padronizadas (FIGLIOLIA; OLIVEIRA; PIÑA-RODRIGUES, 1993; FIGLIOLIA; PINA-RODRIGUES; NOGUEIRA, 2007). Assim, a carência de informações para as sementes de espécies florestais impede a utilização na fiscalização, armazenamento e distribuição dessas sementes (BRÜNING; LÚCIO; MUNIZ, 2011).

Algumas instruções para realização de testes de qualidade são apresentadas no documento de Regras para Análise de Sementes (RAS), sendo baseadas nas normas da “International Seed Testing Association” (ISTA). A RAS tem por finalidade disponibilizar métodos para análise de sementes, sendo estes obrigatórios nos Laboratórios de Análises de Sementes credenciados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (BRASIL, 1992, 2009a). No entanto, nessas duas versões, há destaque para as espécies agrícolas, com poucas informações para as florestais arbóreas nativas. Assim, o MAPA publicou o documento Instruções para Análise de Sementes de Espécies Florestais (BRASIL, 2013), complementando a RAS com instruções para 319 espécies florestais nativas e exóticas, entre essas, 50 apresentam testes validados (BRASIL, 2010, 2011, 2012).

A qualidade física está associada a modificações visíveis de estrutura ou aparência da semente. Entendem-se como características físicas, os resultados obtidos nos testes de pureza, teor de água, peso de mil sementes e número de sementes por quilograma (BRASIL, 2009a).

O teor de água das sementes influencia diretamente no seu tamanho, conseqüentemente, no peso de mil sementes e no número de sementes por quilograma (BRASIL, 2009a). Variações no teor de água das sementes são comuns naquelas armazenadas, principalmente quando estiverem em local inadequado (LIMA-JUNIOR, 2010). O peso de mil sementes e o número de sementes por quilograma são utilizados para calcular a densidade de semeadura e para estimar o número de sementes por embalagem (BRASIL, 2009a).

O objetivo da determinação do grau de umidade é quantificar o teor de água, sendo um indicativo para comparar o comportamento de sementes com diferentes teores. Conforme Marcos Filho (2005) a água presente na semente tem função de manter a integridade das membranas, responsáveis pelas atividades metabólicas e sobrevivência dos tecidos embrionários, assim, quando a semente desidrata o sistema se desorganiza e compromete o desenvolvimento da plântula. Essa avaliação é realizada com a retirada da água contida nas sementes, em forma de vapor por meio da aplicação de calor em condições controladas, normalmente em estufas. Os métodos recomendados foram desenvolvidos para reduzir a oxidação, decomposição ou a perda de outras substâncias voláteis, enquanto asseguram a remoção máxima da água, tanto quanto possível (BRASIL, 2009a; LIMA-JUNIOR, 2010).

Com relação à qualidade fisiológica das sementes, diferentes testes podem ser utilizados. No entanto, um dos mais conhecidos é o teste de germinação, que deve ser realizado em ambiente de laboratório, sob condições controladas (temperatura, umidade e luminosidade), possibilitando que as sementes expressem seu máximo poder germinativo e vigor (BRASIL, 2009a).

A germinação é considerada uma etapa crítica por estar associada a vários fatores de natureza extrínseca e intrínseca à semente de determinada espécie (BEWLEY; BLACK, 1994). Além disso, é definida como sendo a retomada do crescimento e desenvolvimento do eixo embrionário da semente, após um período de quiescência, que se inicia com a absorção de água (BEWLEY; BLACK, 1994; MARCOS FILHO, 2005). O processo de germinação inicia com a embebição que varia de acordo com a espécie, permeabilidade do tegumento, disponibilidade de água, temperatura, pressão hidrostática, área de contato da semente com a água, forças intermoleculares, composição química e condições fisiológicas (MARCOS FILHO, 2005; PIÑA-RODRIGUES et al., 2007).

Durante o teste de germinação são realizadas avaliações como a porcentagem de germinação, índice de velocidade de germinação (IVG), que é calculado por meio da quantidade de sementes germinadas dividida pela quantidade de dias decorrentes do teste, sendo que quanto maior o IVG, maior o vigor do lote (NAKAGAWA, 1994), comprimento de plântulas, matéria seca de plântulas, plântulas anormais, sementes duras e mortas. No critério tecnológico uma plântula é considerada normal quando apresentar todas as suas estruturas essenciais bem desenvolvidas (parte aérea e radicular), completas, proporcionais e sadias (BRASIL, 2009a).

Outro teste de vigor é o da condutividade elétrica, esse parte de dois princípios, um físico na avaliação da corrente elétrica, por meio de uma ponte de condutividade na solução

de embebição, e outro biológico, associado à perda de líquidos do interior da célula para o meio exterior, envolvendo processos bioquímicos inteiramente relacionados com a integridade das membranas celulares (VIEIRA; KRZYZANOWSKI, 1999). Assim, sementes com vigor baixo, geralmente apresentam menor velocidade para restabelecer a integridade das membranas, aumentando a lixiviação de solutos, como açúcares, aminoácidos, ácidos graxos, enzimas e íons inorgânicos durante a embebição (TAYLOR et al., 1995). A menor liberação de exsudado indica maior vigor, revelando menor intensidade de desorganização nas membranas das células (MARQUES; PAULA; RODRIGUES, 2002). Apesar do teste de condutividade elétrica ser mais rápido para avaliação da qualidade fisiológica e vigor de sementes, os estudos com as espécies florestais ainda são poucos, no entanto estes demonstraram que esse teste é importante com benefícios para a área de tecnologia de sementes (GARCIA et al., 2014; GONZALES; PAULA; VALERI, 2009; SANTOS; PAULA, 2005).

A qualidade sanitária está relacionada à presença ou ausência de agentes patogênicos, tais como fungos, bactérias, vírus, nematoides e insetos nas sementes (BRASIL, 2009b). Essa avaliação é realizada pelo teste de sanidade, que indica a presença de patógenos nas sementes, auxilia na avaliação das plântulas e das causas da baixa germinação. Além disso, essa avaliação é importante devido ao grande número de patógenos associados às sementes e, posteriormente, às mudas (MUNIZ; SILVA; BLUME, 2007).

Alguns estudos já foram realizados para espécies da família Fabaceae como *Pterogyne nitens* Tull. (NASCIMENTO et al., 2006), *Cassia multijuga* Rich., *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan, *Peltophorum dubium* (Spreng) Taub, *Mimosa bimucronata* (DC.) O. Kuntze. e *Entereolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong (MUNIZ; SILVA; BLUME, 2007), *Peltophorum dubium* (SENEME et al., 2012) e *Parapiptadenia rigida* (MACIEL et al., 2012). Conforme Piveta et al. (2014) os agentes patogênicos geralmente atacam as sementes ocasionando anormalidades e deterioração, prejudicando a germinação, reduzindo o vigor e manifestando sintomas de doenças durante o desenvolvimento da muda. Os gêneros mais encontrados em sementes de espécies florestais são *Aspergillus*, *Curvularia*, *Fusarium*, *Mucor*, *Rhizopus* e *Trichoderma* (SANTOS; GRIGOLETTI JÚNIOR; AUER, 2000).

2.4 SUBSTRATO PARA A PRODUÇÃO DE MUDAS NO VIVEIRO

A produção de mudas de essências florestais nativas deve ser planejada e realizada com parâmetros técnicos para disponibilizar mudas com padrão de qualidade, atendendo a demanda de mercado (SCREMIN-DIAS et al., 2006). No entanto, um dos grandes desafios dessa produção são as diversas espécies arbóreas com características morfológicas e fisiológicas diferentes, determinando assim, a necessidade do conhecimento de insumos e procedimentos operacionais a serem aplicados no viveiro para a sua produção.

O substrato é definido por Kämpf (2000) como o meio em que as raízes das plantas desenvolvem-se quando não cultivadas no solo, sendo a principal função sustentar e disponibilizar as condições adequadas para o sistema radicular. O substrato deve ser isento de sementes de plantas invasoras, pragas e patógenos (WENDLING; DUTRA; GROSSI, 2006), garantir o desenvolvimento da planta com qualidade ideal, em curto período de tempo e com baixo custo. Além disso, a limitação do volume do recipiente torna necessário que o substrato seja capaz de manter a água facilmente disponível à planta, sem comprometer a concentração de oxigênio no meio (FERMINO, 2003).

O substrato pode ser caracterizado pela mistura de diferentes proporções de componentes orgânicos e/ou inorgânicos com propriedades físicas e químicas próprias e adequadas para o crescimento de mudas, além disso esses componentes devem estar disponíveis e se adequar ao tipo de recipiente utilizado em cada região (REGAN, 2014).

Alguns materiais utilizados na composição dos substratos estão consagrados pela indústria internacional, podendo ser naturais (turfas), sintéticos (poliestireno expansível -isopor, lã-de-rocha, espuma fenólica e outros), minerais (argila expandida, perlita e vermiculita) e orgânicos (cascas de arroz, de amendoim, de acácia-negra, de pinus; fibra de coco, serragem e maravalha) (KÄMPF, 2005). Na composição de um substrato é indicado usar os componentes em forma de mistura, pois não há um material que forneça todas as propriedades físicas e químicas ideais e, normalmente esses não apresentam características adequadas isoladamente (WENDLING; DUTRA, 2010). Nesse sentido, a análise das propriedades físicas e químicas do substrato e de cada componente é importante, pois influenciam diretamente a produção de mudas (KRATZ et al., 2013a). Além disso, o substrato deverá ser testado nas condições de cada local de produção e, se necessário, as proporções dos componentes serem ajustadas (WENDLING; DUTRA; GROSSI, 2006).

Em um substrato as principais propriedades físicas analisadas são a porosidade total, a densidade, o espaço de aeração, a disponibilidade de água, porém outras características podem ser analisadas (FERMINO, 2014). Essas características não podem ser modificadas quando a planta estiver em desenvolvimento (KÄMPF et al., 2006). A fase sólida garante a manutenção e estabilidade do sistema radicular, a fase líquida o suprimento da água e nutrientes, e a fase gasosa a troca entre as raízes e a atmosfera (LEMAIRE, 1995). Dentre as propriedades químicas, destaca-se a condutividade elétrica e o pH da solução do substrato, as quais interferem diretamente na disponibilidade dos nutrientes às plantas. Na Tabela 1 é possível observar valores sugeridos como adequados para algumas características físicas e químicas de substratos para o crescimento de plantas.

De acordo com Davide et al. (2015), o ideal para o viveirista seria utilizar um substrato padrão para todas as espécies produzidas no viveiro, porém isso não é possível quando há diversidade de espécies nativas, respondendo de maneira positiva ou negativa, dependendo do substrato utilizado.

Tabela 1 – Escala de valores para propriedades físicas e químicas de substratos recomendadas para produção de mudas

Densidade seca (g L ⁻¹)	Propriedade físicas			Propriedades químicas		Referências
	Porosidade total (%)	Espaço de aeração (%)	Capacidade de retenção de água (%)	pH	Condutividade elétrica (dS m ⁻¹)	
400 – 1.000	85	20 – 30	20 – 30	-	-	De Boodt e Verdonck (1972)
450 – 550	75 – 85	35 – 45	20 – 30	5,5 – 6,5	-	Gonçalves e Poggiani (1996)
-	-	10 – 30	45 – 65	5,5 – 6,3	< 0,75	Regan (2014)

Fonte: Adaptado de Mieth (2016).

2.4.1 Turfa

A turfa é um solo orgânico formado em condições especiais de umidade, à base de materiais vegetais semidecompostos que dependendo do grau de degradação pode ser fibrosa ou humificada. A turfa é usada pura ou em misturas de substratos para melhorar as características físicas como densidade, porosidade e retenção de água e as químicas CTC e salinidade (KÄMPF, 2005; PETRY, 2008), sendo que essas propriedades podem variar de acordo com o grau de decomposição e local de origem do material.

A turfa de *Sphagnum* é resultado da decomposição lenta do musgo *Sphagnum* que se acumula em regiões pantanosas e com inverno rigoroso (Canadá, Finlândia e Alemanha). Segundo a Canadian Sphagnum Peat Moss Association (CSPMA, 2017), as turfeiras representam 90% das zonas húmidas e cobrem cerca de 113,6 milhões de hectares, no Canadá. Esse tipo de turfa é um material estável que tem sido utilizado de forma isolada ou como componente de substrato em muitos viveiros florestais (HEISKANEN, 2013). A turfa de *Sphagnum* é obtida por atividade extrativista e sua retirada poderá ocasionar a falta na natureza (KÄMPF, 2005). No Canadá as turfeiras de *Sphagnum* são protegidas pela legislação, sendo que a colheita para fins hortícolas está sujeita a uma avaliação de impacto ambiental (CSPMA, 2017). Conforme Landis e Morgan (2009) devido ao aumento do custo e redução da disponibilidade de turfa de *Sphagnum* importada em muitos países, diferentes componentes orgânicos têm sido procurados e estudados para reduzir ou substituir esse componente.

2.4.2 Casca de arroz carbonizada

O estado do Rio Grande do Sul é responsável por, aproximadamente, 60% da produção interna de arroz (IRGA, 2013). No estado são cultivados, anualmente, em torno de 1,1 milhões de hectares de arroz em seis regiões (Fronteira Oeste, Campanha, Depressão Central, Zona Sul, Planície Costeira Interna e Planície Costeira Externa à Laguna dos Patos) (SOSBAI, 2012).

A produção de arroz gera um subproduto após o seu beneficiamento, que é a casca de arroz, sobre a qual vários estudos estão sendo realizados no intuito do seu melhor aproveitamento (ADAM; CHUA, 2004; PODE, 2016). A utilização deste resíduo para a produção de energia e outros fins está se tornando cada vez mais importante (FONSECA, 1999; PODE, 2016). Outra utilização da casca de arroz é como componente de substratos, sendo obtido por meio do processo de carbonização, que consiste em submeter a casca a alta temperatura e condições de baixo oxigênio, processo simples, porém lento (KÄMPF, 2006; PETRY, 2008).

A casca de arroz carbonizada (CAC) passou a ser utilizada como substrato para a produção de mudas, tanto na forma pura como misturada a outros materiais, devido as suas características favoráveis, como material estéril, de fácil manuseio, leve, baixa capacidade de retenção de água, que confere drenagem rápida, maior espaço de aeração, relativa estabilidade de estrutura, resistência à decomposição e pH próximo à neutralidade (MELO;

BORTOLOZZO; VARGAS, 2006). Segundo Melo, Bortolozzo e Vargas (2006) a CAC é estável física e quimicamente e de fácil disponibilidade, pois é oriunda de uma das culturas mais consumidas, embora em alguns locais específicos não se encontre. O seu uso quando combinado com substratos comerciais pode reduzir os custos de produção, principalmente em regiões com oferta do material. Além disso, a adição de CAC a outros componentes é importante para melhorar as propriedades físicas do substrato final (COUTO; WAGNER JÚNIOR; QUEZADA, 2003)

A baixa densidade da CAC é uma característica física importante quando o objetivo é aumentar a porosidade total do substrato, de modo a permitir maior drenagem da irrigação e, ainda assim, proporcionar melhor aeração do sistema radicular da planta (COUTO; WAGNER JÚNIOR; QUEZADA, 2003). No entanto, apesar da densidade ser um fator importante na escolha dos componentes de um substrato, esta característica não pode ser considerada de forma isolada na sua escolha (KÄMPF, 2005).

As propriedades físicas podem variar com o manejo utilizado no processo de carbonização e também, da procedência do material (ALMEIDA et al., 2005). Segundo Kratz, Wendling e Pires (2012), a redução no tamanho das partículas de CAC proporciona aumento da densidade aparente e microporosidade e, diminuição na porosidade total e macroporosidade, fato que pode estar associado ao tempo de carbonização, pois quanto maior este tempo, menor será o tamanho das partículas e, conseqüentemente maior a microporosidade.

2.5 NUTRIÇÃO MINERAL DE MUDAS

No viveiro muitos fatores influenciam no crescimento das plantas e na qualidade das mudas, principalmente a disponibilidade de nutrientes. Dessa forma, quando esses são fornecidos em quantidade e no momento adequado, as plantas podem atingir taxas de crescimento maiores do que na natureza (LANDIS; DUMROESE, 2009).

A demanda de nutrientes pela planta vai depender do crescimento e da eficiência com que a mesma converte esses elementos em fotoassimilados. Dessa forma, as plantas requerem quantidades adequadas de nutrientes minerais para realizarem os processos fisiológicos básicos, tal como a fotossíntese. Além disso, a utilização de fertilizantes na fase de viveiro é importante para que as mudas se desenvolvam com qualidade para sobreviver e se

desenvolver no campo (GONÇALVES et al., 2005; GROSSNICKLE, 2012; JACOBS; LANDIS, 2009).

Na produção de mudas no viveiro florestal a adubação é realizada no preparo do substrato (adubação de base) e no decorrer do ciclo de produção (adubação de cobertura). Na escolha dessa adubação deve ser observada a composição química, a solubilidade, o substrato, a disponibilidade e custos no mercado (DAVIDE et al., 2015).

A adubação é realizada, pois normalmente os substratos comerciais não fornecem as quantidades necessárias de nutrientes, esses apenas apresentam as características físicas adequadas (SCHEER; CARNEIRO; SANTOS, 2010). Conforme Gonçalves et al. (2005) na produção de mudas em recipientes há maior lixiviação dos nutrientes quando se utiliza um fertilizante de pronta liberação. Assim, é necessário que seja aplicada uma adubação de cobertura. No entanto, para a maioria das espécies nativas, ainda não há recomendação específica, sendo necessárias pesquisas com relação a recomendação da adubação apropriada (JOSÉ; DAVIDE; OLIVEIRA, 2009).

Um dos principais fertilizantes de liberação controlada utilizado na produção de mudas é constituído por grânulos que contêm uma combinação homogênea de nutrientes, normalmente NPK, recoberta por uma resina orgânica que regula o fornecimento de nutrientes (JACOBS; LANDIS, 2009). O processo de liberação dos nutrientes ocorre quando o vapor da água da irrigação é absorvido através de poros microscópicos do revestimento, a partir daí forma-se um gradiente osmótico, dentro da cápsula, tornando o revestimento flexível para expandir, aumentando os pequenos poros e liberando os nutrientes no substrato (SCIVITTARO; OLIVEIRA; RADMANN, 2004). A frequência de irrigação e a temperatura média são os principais fatores ambientais que interferem na velocidade desse processo de liberação de nutrientes (LUNA; LANDIS; DUMROESE, 2009; VALERI; CORRADINI, 2005).

O “fritas” ou FTE (Fritted Trace Elements) é um fertilizante insolúvel em água que libera lentamente os micronutrientes, sendo recomendado apenas na adubação de base. O FTE-BR12, possui em sua constituição 3% de Enxofre, 1,8% de Boro, 0,8% de Cobre, 2% de Manganês, 0,1% de Molibdênio, 3% de Ferro e 9% de Zinco por metro cúbico de substrato (DAVIDE et al., 2015; GONÇALVES et al., 2005).

Os fertilizantes de liberação controlada podem ter influência sobre o crescimento vegetal, principalmente ao reduzir as perdas de nitrogênio do substrato por lixiviação. Contudo, essa prática aumenta significativamente o custo operacional no viveiro (SGARBI et al., 1999).

Moraes Neto et al. (2003), testando diferentes doses de fertilizantes em mudas de *Guazuma ulmifolia* Lam., *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea*, *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. e *Calycophyllum spruceanum* (Benth) K. Schum. observaram que os tratamentos com adubação de liberação controlada resultaram em mudas de boa qualidade nos parâmetros altura, diâmetro do coleto, matéria seca da parte aérea e radicular para todas as espécies estudadas. Sgarbi et al. (1999) estudando *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake verificaram que o uso do fertilizante de liberação controlada proporcionou maior crescimento das mudas em relação à adubação convencional.

O uso de fertilizantes de liberação lenta e controlada em viveiro também já foi avaliado com êxito na produção de mudas de espécies florestais como *Anadenanthera colubrina* (Velloso) Brenan. (BRONDANI et al., 2008), *Schinus terebinthifolius* Raddi (JOSÉ; DAVIDE; OLIVEIRA, 2009), *Ocotea odorifera* (Vell.) Rohwer, *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze (ROSSA et al., 2011), *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan (GASPARIN et al., 2015), *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart. (AIMI et al., 2016a) e *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud. (BERGHETTI et al., 2016).

2.6 SOMBREAMENTO DE PLANTAS NO VIVEIRO E NO CAMPO

Os níveis de tolerância a luz permitem que muitas classificações sejam descritas na literatura para as espécies florestais quanto às suas exigências, embora de modo geral, quatro grupos sucessionais são reconhecidos: as pioneiras, secundárias iniciais, secundárias tardias e clímax (BUDOWSKY, 1965; FERRETTI, 2002; GANDOLFI, 2000). Na Tabela 2 é possível observar algumas características gerais em cada grupo ecológico das espécies.

Na literatura *Myrocarpus frondosus* é classificada como secundária inicial (VACCARO; LONGHI; BRENA, 1999) a secundária tardia (DURIGAN; NOGUEIRA, 1990), semi-heliófila que tolera sombreamento de média intensidade (CARVALHO, 2003).

A luz é um fator importante que está diretamente associado à fotossíntese e sua intensidade pode alterar o metabolismo e crescimento das plantas (SCALON et al., 2003; MARCOS FILHO, 2005). A fotossíntese é o processo utilizado pelas plantas para fixar o carbono atmosférico, formando compostos orgânicos (TAIZ; ZEIGER, 2009). As respostas a variação da luminosidade podem ocorrer nas folhas e envolvem a aclimação do aparato fotossintético e alterações anatômicas ou em toda planta como resultado das mudanças dos padrões de crescimento e alocação de biomassa (CHAZDON et al., 1996; LARCHER, 2000).

Tabela 2 - Características de espécies arbóreas conforme grupos ecológicos

Características	Pioneira	Secundária inicial	Secundária tardia	Clímax
Crescimento	Muito rápido	Rápido	Médio	Lento ou muito lento
Madeira	Muito leve	Leve	Mediamente dura	Dura e pesada
Tolerância à sombra	Muito intolerante (heliófilas)	Intolerante	Tolerante no estágio juvenil	Tolerante
Regeneração	Banco de sementes	Banco de plântulas	Banco de plântulas	Banco de plântulas
Dispersão de sementes	Ampla (zoocoria: alta diversidade de animais) pelo vento	Restrita (gravidade), ampla (zoocoria: poucos animais) pelo vento	Principalmente pelo vento	Ampla (zoocoria: grandes animais) e restrita (gravidade)
Tamanho dos frutos e sementes	Pequeno	Médio	Pequeno a médio, mas sempre leve	Grande e pesado
Dormência das sementes	Induzida (foto ou termorregulada)	Sem	Sem	Inata (imaturidade do embrião)
Idade da primeira reprodução	Prematura (1 a 5 anos)	Prematura (5 a 10 anos)	Relativamente tardia (10 a 20 anos)	tardia (mais de 20 anos)
Tempo de vida	Muito curto (menos de 10 anos)	Curto (10 a 25 anos)	Longo (25 a 100 anos)	Muito longo > 80 anos
Ocorrência	Capoeiras, bordas de matas e clareiras	Florestas secundárias, bordas de clareiras, clareiras pequenas	Florestas secundárias e primárias, bordas e clareiras pequenas, dossel da floresta e sub-bosque	Florestas secundárias em estágio avançado de sucessão, florestas primárias, dossel e sub-bosque

Fonte: Adaptado de Budowsky (1965) e Ferretti (2002).

Assim, a capacidade de adaptação de cada espécie pode ser descrita pela avaliação do crescimento inicial das plantas a pleno sol e sob diferentes intensidades de sombreamento (MIELKE; SCHAFFER, 2010). Essa classificação pode ser realizada em condições controladas com uso de sombreamento artificial. Entretanto, é necessário que esse estudo seja realizado no viveiro e no campo para obtenção de dados mais consistentes sobre a tolerância das espécies florestais ao sombreamento e sucessão ecológica (BLOOR, 2003; LIMA; ZANELLA; CASTRO, 2010).

Em vários estudos de crescimento inicial de mudas em viveiro o sombreamento artificial com telas tem sido utilizado por ser uma prática capaz de fornecer condições uniformes de luminosidade (REGO; POSSAMAI, 2006). Para a família Fabaceae alguns estudos demonstraram a influência positiva da luz na produção de mudas no viveiro como *Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake (CARON et al., 2010), *Hymenaea courbaril* L. e *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. (LIMA; ZANELLA; CASTRO, 2010), *Hymenaea stigonocarpa* Mart. ex Hayne (COSTA et al., 2011), *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit (DECKER et al., 2011), *Dipteryx alata* Vog (MOTA; SCALON; HEINZ,

2012), *Caesalpinia ferrea* Mart. ex Tul. (LENHARD et al., 2013) e *Copaifera langsdorffii* Desf. (REIS et al., 2016).

Estudos no campo estudos também demonstraram a influência do sombreamento para as espécies *Cabrlea canjerana* (Vell.) Mart. (AIMI, 2014), *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos (TONETTO, 2014), *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud. (KELLING, 2016) e *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J. F. Macbr. (AIMI et al., 2017).

2.7 IMPLANTAÇÃO FLORESTAL

Em projetos de restauração e plantios comerciais de espécies arbóreas nativas, estudos têm demonstrado que a seleção de espécies adaptadas às condições locais pode aumentar a sobrevivência no campo (ABREU et al., 2015).

Além das espécies adaptadas, a qualidade das mudas utilizadas é outro fator muito importante para o sucesso em projetos de restauração florestal, garantindo maior sobrevivência no campo (GROSSNICKLE, 2012). Assim, uma muda com qualidade adequada para o plantio deve apresentar as seguintes características: parte aérea e sistema radicular bem formados, ausência de deficiências minerais e/ou estiolamento e bom aspecto fitossanitário para que resista às condições adversas encontradas na área (GOMES; PAIVA, 2011).

No local de plantio alguns fatores ambientais como temperatura e umidade podem ser limitantes, sendo fundamental o controle para não prejudicar a sobrevivência e o crescimento das plantas (LUNA; LANDIS; DUMROESE, 2009). Conforme Afonso et al. (2012) a adaptação das plantas aos diferentes ambientes decorre da sua capacidade de crescimento e do sistema fotossintético, o que possibilita maior ou menor utilização da luminosidade.

O monitoramento durante os primeiros meses após o plantio é muito importante para garantir a sobrevivência e crescimento das plantas (LANDIS; DUMROESE; HAASE, 2010). Nesse sentido, torna-se necessário que algumas práticas sejam realizadas antes e após o plantio, como: escolha correta, época de plantio, limpeza da área, controle de formigas, preparo do solo, adubação e controle da matocompetição (NAVE et al., 2009). Segundo Birchler et al. (1998), o monitoramento das áreas de plantio pode ser feito desde a sobrevivência e crescimento inicial da muda, no primeiro ano, até o quinto ano com a

fitomassa formada. Desse modo, é possível obter um programa de controle de qualidade para a produção de mudas, sobrevivência e crescimento no campo.

2.9 ATRIBUTOS MORFOLÓGICOS E FISIOLÓGICOS DE MUDAS

O crescimento das plantas pode ser avaliado por meio dos atributos morfológicos e fisiológicos, os quais dependem da qualidade genética, procedência do material de propagação, condições ambientais e técnicas de produção (GOMES; PAIVA, 2011). A utilização de mudas com padrão de qualidade ideal aumenta a sobrevivência no campo e muitas vezes, o replantio não é necessário, pois a taxa de mortalidade é pequena (CARNEIRO, 1995; MEXAL; LANDIS, 1990). Porém, apesar dos vários atributos morfológicos e fisiológicos estudados, poucos são utilizados operacionalmente, dificultando relacionar quais características obtidas no viveiro confirmam o desempenho no plantio (MEXAL; LANDIS, 1990).

Conforme Gomes e Paiva (2011), alguns parâmetros morfológicos podem ser observados facilmente como altura da parte aérea (H) e o diâmetro do coleto (DC), obtendo-se a relação H/DC. Essas variáveis são as mais utilizadas, devido à facilidade de mensuração e não ser um método destrutivo tanto no viveiro como no campo (HAASE, 2008; KNAPIK et al., 2005). De acordo com Ritchie et al. (2010) a altura é correlacionada com o número de folhas da planta, representando uma boa estimativa da capacidade fotossintética e da área de transpiração. Assim, mudas com altura maior têm vantagens sobre as mudas menores que tendem a ficar suprimidas pela competição da vegetação. A altura ideal para o plantio no campo vai depender da competição com invasoras e da presença de animais, sendo nesse caso recomendadas mudas mais altas (MEXAL; LANDIS, 1990).

O diâmetro do coleto relaciona-se diretamente com o índice de sobrevivência e crescimento inicial das plantas no campo e reflete o equilíbrio no crescimento da parte aérea, principalmente quando as mudas são rustificadas (KRATZ, 2011). Além disso, o coleto com maior diâmetro apresenta maior número de brotações, favorecendo o estabelecimento e sobrevivência no campo (ROSE; CARLSON; MORGAN, 1990). O DC apresenta relação diretamente proporcional ao comprimento radicular, auxiliando na sobrevivência das mudas (GROSSNICKLE, 2012).

Para a relação H/DC, em algumas pesquisas com espécies florestais nativas, foi verificado que mudas com maior H e DC apresentaram maior potencial de crescimento inicial

após o plantio (RITCHIE et al., 2010). Esse índice também conhecido como quociente de robustez, revela o equilíbrio no desenvolvimento, sendo que quanto menor for o seu valor, maior será a capacidade das mudas sobreviverem e se estabelecerem na área do plantio definitivo (CARNEIRO, 1995).

Outros atributos como matéria seca da parte aérea, matéria seca radicular, matéria seca total, área foliar e comprimento radicular também podem ser utilizados, no entanto, é necessária a avaliação destrutiva da muda. A matéria seca da parte aérea está relacionada diretamente com a qualidade e quantidade das folhas, sendo uma característica importante, pois as folhas constituem uma das principais fontes de fotoassimilados e nutrientes necessários para o suprimento das necessidades da planta no primeiro mês de plantio (BELLOTE; SILVA, 2005).

Sabe-se que a principal função do sistema radicular é a absorção de água e nutrientes disponíveis no substrato ou no solo, assim a matéria seca das raízes é considerada importante para avaliação da sobrevivência e crescimento inicial das mudas em campo. A sobrevivência será maior quanto mais abundante for o sistema radicular, havendo uma correlação positiva entre a matéria seca das raízes e a altura da parte aérea (GOMES; PAIVA, 2011). Além disso, é importante considerar que plantas com sistema radicular bem desenvolvido têm mais chances de sobrevivência no campo (CAMPOS; UCHIDA, 2002). O comprimento total do sistema radicular é outro parâmetro que caracteriza a muda, pois em condições de baixo fornecimento de nutrientes as plantas produzem raízes muito finas (FITTER, 1996).

O índice de qualidade de Dickson é considerado um bom indicador da qualidade das mudas, por se tratar de uma medida morfológica ponderada que considera a robustez e o equilíbrio da distribuição da biomassa da muda (CARNEIRO, 1995), sendo que esse valor deve ser maior que 0,2 (BIRCHLER et al., 1998). No entanto, esse resultado só pode ser comparado em diferentes tratamentos com mudas da mesma espécie, considerando as características próprias (BUSATO et al., 2012). Conforme Davide et al. (2015) há muitas variações nos atributos morfológicos que estão associadas as espécies produzidas e a forma de manejo, como tipo e tamanho do recipiente e tempo no viveiro. Nesse sentido, mais pesquisas devem ser realizadas para determinar as características ideais de qualidade, de acordo com a espécie e região de produção (CARNEIRO, 1995).

Além dos atributos morfológicos, os fisiológicos também devem ser avaliados, pois demonstram alterações no metabolismo das plantas causadas por algum estresse (CAMPOE et al., 2014; RITCHIE et al., 2010). Os mais utilizados são a fluorescência da clorofila *a* e os pigmentos fotossintéticos. Essas variáveis não são facilmente obtidas e devem ser medidas

com equipamentos, ou por meio de análises laboratoriais, as quais permitem avaliar o desempenho fotossintético das plantas (BAKER; ROSENQVIST, 2004; RITCHIE et al., 2010).

As clorofilas (*a* e *b*) localizam-se nos cloroplastos, local onde ocorre a fotossíntese, por meio de duas reações importantes: a fotoquímica (nas membranas dos tilacóides) e a bioquímica (no estroma do cloroplasto) (TAIZ; ZEIGER, 2009). Além das clorofilas, há os pigmentos acessórios, os carotenoides (LARCHER, 2000). Os pigmentos fotossintéticos absorvem a luz em distintas regiões do espectro, quando a luz branca incide, as clorofilas *a* e *b* absorvem luz na região do azul e vermelho e os carotenoides na região do violeta (TAIZ; ZEIGER, 2009). Por sua estrutura química ser instável, as clorofilas são facilmente degradadas, resultando em produtos de decomposição que modificam a percepção e qualidade dos vegetais (STREIT et al., 2005).

O aumento da proporção de clorofila *b* é uma característica importante em ambientes sombreados, porque esta capta energia de outros comprimentos de onda e a transfere para a clorofila *a*, que efetivamente atua nas reações fotoquímicas da fotossíntese, representando um mecanismo de adaptação à condição de menor intensidade luminosa (SCALON et al., 2003). Normalmente, a clorofila e os carotenoides tendem a aumentar com a redução da intensidade luminosa (LEXENGEL; POGGIANI, 1991).

Além da função de pigmentos acessórios, que atuam na absorção de luz, os carotenoides desempenham um papel essencial na fotoproteção por meio da rápida dissipação dos estados excitados da clorofila via ciclo xantofila (TAIZ; ZEIGER, 2009). De acordo com Raven, Evert e Eichhorn (2007), a energia absorvida pelos carotenoides precisa ser transferida para a clorofila *a* e clorofila *b*, assim apenas auxiliam na coleta da luz de diferentes comprimentos de onda. Além disso, sua principal função é de antioxidante, prevenindo danos de substâncias tóxicas às moléculas de clorofila, tais como, o peróxido, superóxidos e oxigênio singleto, produzidas pelo excesso de energia luminosa (TAIZ; ZEIGER, 2009).

Ao absorver a energia luminosa, as moléculas de clorofila modificam temporariamente suas configurações eletrônicas, passando do estado basal para o estado excitado, esse com nível de energia superior, ainda muito instável e de vida curta (TAIZ; ZEIGER, 2009). Assim, após absorver os fótons, esses pigmentos podem dissipar o excesso de energia proveniente da luz por meio de quatro formas: dissipação fotoquímica, utilizada na fotossíntese; fluorescência, re-emissão na forma de luz; conversão direta de energia, ou seja, retorno da clorofila ao seu estado base sem ocorrer emissão de fótons; e dissipação não-fotoquímica, que é a re-emissão na forma de calor (CAMPOSTRINI, 2001; MAXWELL; JONHSON, 2000).

As principais variáveis obtidas nas medições da fluorescência da clorofila *a* são: fluorescência inicial (F_o), fluorescência máxima (F_m), fluorescência variável (F_v), rendimento quântico máximo do fotossistema II - PSII (F_v/F_m) e taxa de transporte de elétrons (ETR). A F_o representa a fluorescência com todos os centros de reação “abertos” e refere-se à emissão de fluorescência pelas moléculas de clorofila *a* do complexo coletor de luz do PSII.

A F_m indica a completa redução da quinona A (QA) a partir da incidência de um pulso de luz no centro de reação QA. A diferença entre F_m e F_o resulta na fluorescência variável (F_v), que representa o fluxo de elétrons do centro de reação do PSII até a plastoquinona. O rendimento quântico máximo é calculado como: $F_v/F_m = (F_m - F_o)/F_m$ (MAXWELL; JOHNSON, 2000). Conforme Baker (2008) a relação F_v/F_m refere-se à máxima eficiência com que a luz absorvida pelo PSII é utilizada para a redução da QA.

O ETR mede o transporte de elétrons entre o PSII e PSI, fornecendo um indicativo geral da fotossíntese (RITCHIE et al., 2010). Conforme Campostrini (2001) essa técnica é fundamental em estudos relacionados aos efeitos dos fatores do ambiente sobre o processo fisiológico em plantas, indicando danos ou não no processo fotossintético. Assim, por meio dos valores de fluorescência da clorofila *a* é possível detectar danos resultantes de estresse (RITCHIE et al., 2010). Quando as plantas são expostas a estresses abióticos e bióticos, frequentemente observam-se quedas dos valores de F_v/F_m .

Nesse sentido, a análise dos atributos morfológicas e fisiológicos é importante para determinar a qualidade das mudas no viveiro, favorecendo a sobrevivência e o crescimento inicial no campo. No entanto, conforme Ritchie et al. (2010), os atributos fisiológicos representam uma condição instantânea da planta, assim medidas realizadas em uma única ocasião, podem não refletir o estado fisiológico, sendo necessárias avaliações constantes para determinar a qualidade.

3 CAPÍTULO I - QUALIDADE DE DIÁSPOROS DE *Myrocarpus frondosus* ALLEMÃO ARMAZENADOS EM DIFERENTES AMBIENTES

RESUMO

Myrocarpus frondosus (cabreúva) é uma espécie nativa com potencial madeireiro, ecológico, ornamental e medicinal, porém ainda faltam pesquisas sobre a qualidade e armazenamento de seus diásporos. Assim, este estudo teve como objetivo avaliar a qualidade e o armazenamento de diásporos de *Myrocarpus frondosus* em diferentes ambientes e determinar seu comportamento no armazenamento. A caracterização inicial do lote foi realizada com o peso de mil sementes, grau de umidade, condutividade elétrica, teste de germinação com diferentes substratos (entre e sobre areia; entre e sobre vermiculita e rolo de papel) e teste de sanidade. Os diásporos foram armazenados em quatro ambientes: sala na condição ambiente (médias de temperatura 21,4 °C e Umidade Relativa - UR de 79%); sala seca e fria (49% de UR e 18 °C); câmara úmida e fria (80% UR e 8 °C) e geladeira (3 °C e 48% UR). As avaliações foram realizadas aos 0, 90, 180, 270 e 360 dias após o armazenamento. A melhor germinação de diásporos de *Myrocarpus frondosus* foi possível no substrato entre areia. Os diásporos de cabreúva podem ser armazenados em ambiente de sala seca e fria (18 °C e 49% UR) para conservação por um período de 360 dias, quando ainda é possível obter 57% de germinação. A espécie apresenta comportamento intermediário em relação ao armazenamento. No ambiente sala seca e fria os gêneros de fungos como *Fusarium*, *Aspergillus*, *Alternaria*, *Penicillium*, *Rhizopus* e *Cladosporium* podem ter aumentado a deterioração dos diásporos após 180 dias de armazenamento.

Palavras-chave: Fabaceae. Cabreúva. Espécie nativa. Germinação. Sanidade.

CHAPTER I - QUALITY OF DIASPORES *Myrocarpus frondosus* ALLEMÃO STORED IN DIFFERENT ENVIRONMENTS

ABSTRACT

Myrocarpus frondosus (Cabreúva) is a native species with ecological, ornamental, medicinal and timber potential, but still lacking research on the quality and storage of its diaspores. Thus, this study aimed to evaluate the quality and storage of diaspores of *Myrocarpus frondosus* in different environments and to determine their behavior in storage. The initial characterization of the batch was carried out with the weight of one thousand seeds, moisture content, electrical conductivity, germination test with different substrates (in and on sand, in and on vermiculite and paper roll) and sanity test. The diaspores were stored in four environments: room at room temperature (temperature averages 21.4°C and Relative Humidity - RH of 79%); dry and cold room (49% RH and 18°C); wet and cold chamber (80% RH and 8°C) and refrigerator (3°C and 48% RH). The evaluations were performed at 0, 90, 180, 270 and 360 days after storage. The best germination of diaspores of *Myrocarpus frondosus* was possible on the substrate in sand. Cabreúva diaspores can be stored in a dry and cool room (18°C and 49% RH) for conservation for a period of 360 days, when it is still possible to obtain 57% germination. The species presents intermediate behavior in relation to storage. In the cold and dry room fungus genera such as *Fusarium*, *Aspergillus*, *Alternaria*, *Penicillium*, *Rhizopus* and *Cladosporium* may have increased the deterioration of the diaspores after 180 days of storage.

Keywords: Fabaceae. Cabreúva. Native species. Germination. Sanity.

3.1 INTRODUÇÃO

O interesse na propagação de espécies florestais arbóreas nativas tem se intensificado, no entanto, ainda são necessárias pesquisas para atender à crescente demanda de sementes para a produção de mudas destinadas à reposição florestal, reflorestamento, recuperação de áreas alteradas ou degradadas, arborização urbana e outros fins. Essa demanda deve-se em grande parte à mudança na legislação florestal, fiscalização dos órgãos ambientais, e da conscientização da população.

A maioria dos projetos de conservação e exploração de espécies arbóreas nativas depende da formação de mudas com qualidade (KISSMANN et al., 2009). Assim, considerando que as sementes representam um estágio crítico na sobrevivência de plantas superiores (NGUYEN et al., 2015) e que a maioria das espécies nativas ainda são propagadas via reprodução sexuada, pesquisas são fundamentais sobre a qualidade física, sanitária e fisiológica das sementes. No entanto, ainda existe uma lacuna no controle da qualidade das

sementes de diversas espécies arbóreas, tanto por falta de padrões estabelecidos para suas análises (RIBEIRO-OLIVEIRA; RANAL, 2014), como informações sobre a ocorrência de fungos potencialmente patogênicos às sementes interna e/ou externamente (SANTOS; MEDEIROS; SANTANA, 2001).

Normalmente, em um viveiro de produção de mudas as sementes não são utilizadas imediatamente após a coleta, sendo armazenadas para utilização futura. Em decorrência disso, é necessário manter a viabilidade dessas sementes durante o armazenamento, reduzindo sua velocidade de deterioração, por meio de tecnologias apropriadas a cada espécie (KISSMANN et al., 2009). Assim, é necessário verificar métodos eficientes e condições de armazenamento das sementes para manter sua viabilidade (ARAUJO et al., 2017). Esse armazenamento pode ser prejudicado pela presença de fungos como os gêneros *Aspergillus* e *Penicillium*. Algumas pesquisas com sementes de espécies florestais foram realizadas para verificar tal característica em diferentes embalagens e ambientes de armazenamento, definindo técnicas para aumentar o período de conservação (GASPARIN et al., 2013; NERY et al., 2014; TONETTO et al., 2015; VICENTE et al., 2016).

O processo de deterioração ocorre devido as alterações físicas, fisiológicas e bioquímicas que ocorrem nas sementes, levando à perda da viabilidade. A rapidez da deterioração das sementes de algumas espécies nativas é muito elevada e o período em que a viabilidade pode ser mantida varia de algumas semanas a poucos meses. Os diásporos de *Myrocarpus frondosus* Allemão (cabreúva), têm frutos do tipo sâmara indeiscentes com expansões aladas e classificação controversa na literatura, sendo descrita como recalcitrante (LORENZI, 2002) e intermediária (WIELEWICKI et al., 2006) ao armazenamento, com baixa viabilidade em ambiente não controlado, variando de três à seis meses.

A cabreúva pertence à família Fabaceae, com ocorrência na Bolívia, Argentina, Paraguai e Brasil (TROPICOS, 2018), principalmente na Floresta Estacional Decidual e Semidecidual (CARVALHO, 2003). Destaca-se entre as espécies nativas de maior produção comercial de madeira, sendo utilizada na indústria de perfumaria e tintura, arborização urbana, reconstituição de ecossistemas alterados e reposição de mata ciliar, além de possuir propriedades medicinais (BACKES; IRGANG, 2002; CARVALHO, 2003; SANTI et al., 2017).

Nesse sentido, o objetivo desse estudo foi avaliar a qualidade física, fisiológica e sanitária dos diásporos de *Myrocarpus frondosus* por até 360 dias de armazenamento em diferentes ambientes.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

Os diásporos de *Myrocarpus frondosus* foram coletados em dezembro de 2014 em 12 árvores matrizes localizadas em fragmentos florestais, no município de Nova Palma, RS (29° 28' 25,09'' S e 53° 17' 50,8'' O). Após a coleta, os mesmos foram levados para o Laboratório de Silvicultura e Viveiro Florestal (29° 43' 13'' S e 53° 43' 17'' O) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), no município de Santa Maria, RS. Os diásporos foram homogeneizados manualmente (formando o lote) e as bandejas dispostas sobre mesas em ambiente coberto e arejado, permanecendo durante dois dias, com revolvimento diário e, posteriormente, colocados em saco de papel, dentro de tambores de papel Kraft.

A utilização de diásporos de cabreúva no presente estudo se deve à dificuldade em remover as sementes dos mesmos sem comprometer e/ou danificar a estrutura do embrião. Assim, considerando as características dos diásporos com estruturas aladas e membranáceas no entorno, somente para os testes de laboratório a parte alada foi retirada com auxílio de uma tesoura para facilitar o manuseio nos testes.

3.2.1 Qualidade física e fisiológica inicial

A caracterização inicial do lote foi realizada avaliando-se o peso de 1.000 sementes (oito repetições de 100 sementes) dos diásporos com e sem alas e o grau de umidade sem alas pelo método de estufa, a 105 °C por 24 horas (BRASIL, 2009a).

Adicionalmente, foi determinada a condutividade elétrica (CE) pelo método massal, considerando testes iniciais como base (dados não apresentados). Assim, foi utilizado quatro repetições de 25 diásporos sem alas, previamente pesados em balança eletrônica de precisão (0,001 g) e acondicionados em copos plásticos com 100 mL de água destilada. Os copos foram envoltos com papel alumínio e mantidos em câmara de germinação, em temperatura constante de 25 °C por 24 horas. Após a embebição, foi realizada a homogeneização da solução e leitura dos lixiviados, utilizando-se um condutivímetro Quimis®. Os resultados foram obtidos pela seguinte fórmula e expressos em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$:

$$CE \text{ sementes} = \frac{CE_{\text{amostra}} (\mu\text{S.cm}^{-1}) - CE_{\text{água destilada}} (\mu\text{S.cm}^{-1})}{\text{Peso da amostra de sementes (g)}}$$

Sendo: CE: condutividade elétrica das sementes.

3.2.1.1 Teste de germinação

No teste de germinação foram utilizadas caixas transparentes do tipo “gerbox”, com quatro repetições de 25 diásporos sem alas, em delineamento inteiramente casualizado. Os tratamentos (substratos) foram: T1 - Entre areia (EA) (fina e peneirada em malha de 0,84 mm, com 200 g no fundo do “gerbox”, e 100 g em cima dos diásporos, umedecidos com 45 mL de água destilada); T2 - Sobre areia (SA) (fina e peneirada em malha de 0,84 mm, com 300 g, umedecidos com 45 mL de água destilada); T3 - Entre vermiculita (EV) (17 g no fundo e 10 g em cima, umedecidos com 83 mL de água destilada); T4 - Sobre vermiculita (SV) (27 g no fundo, umedecidos com 83 mL de água destilada); e T5 - rolo de papel (RP) (três folhas umedecidas com 2,5 vezes o peso do papel, colocados dentro de sacos plásticos).

Os substratos foram esterilizados em autoclave a 120 °C por uma hora, e os “gerbox” desinfestados com álcool 70% e hipoclorito de sódio 1%. No cálculo da quantidade de água (destilada e autoclavada) a ser adicionada nos substratos areia e vermiculita foi adotada a metodologia proposta por Brasil (2009a, 2013). A desinfestação dos diásporos foi realizada conforme Brasil (2013) com 5 gotas de detergente neutro em 100 mL de água por 10 minutos, após lavados por três vezes em água destilada.

Os “gerbox” foram levados para câmara de germinação do tipo Mangelsdorf com temperatura de 25 ± 2 °C e fotoperíodo de 8-16 horas (luz/escuro). As contagens dos diásporos germinados (plântulas normais) foram realizadas a cada três dias, sendo considerado o critério tecnológico em que são visíveis todas as estruturas essenciais: raiz primária, hipocótilo e epicótilo (BRASIL, 2009a). A partir desses dados foi possível calcular a porcentagem de germinação (G%), plântulas anormais e o índice de velocidade de germinação (IVG) (MAGUIRE, 1962). No final do teste de germinação foram avaliados os diásporos firmes (duros) e mortos que, conforme Brasil (2013), são aqueles em que as sementes não apresentam nenhum sinal de início de germinação, apresentando-se amolecidas e com patógenos.

3.2.1.2 Qualidade sanitária

O teste de sanidade foi realizado no Laboratório de Fitopatologia Elocy Minussi do Departamento de Defesa Fitossanitária da UFSM (29° 43' 7" S e 53° 43' 0" O) em janeiro de 2015. As sementes foram distribuídas em “gerbox”, desinfestados com álcool 70% e hipoclorito de sódio a 1% e forrados com duas folhas de papel filtro esterilizadas e

umedecidas com água destilada e esterilizada (umedecidas com 2,5 vezes o peso do papel), com quatro repetições de 25 sementes (BRASIL, 2009b).

A incubação foi realizada em câmara com temperatura controlada a 25 °C e fotoperíodo de 12 horas de luz fluorescente durante sete dias. Após esse período, foi realizada a quantificação e identificação dos fungos, a nível de gênero, com base nas suas características morfológicas, visualizadas em cada diásporo com auxílio de microscópios estereoscópico e óptico, de acordo com a descrição de Barnett e Hunter (1999).

3.2.2 Qualidade fisiológica e sanitária durante o armazenamento

O armazenamento dos diásporos de *Myrocarpus frondosus* foi realizado em janeiro de 2015, sendo colocados em tambor de papel Kraft contendo 17,30 g (aproximadamente, 2.000 diásporos em quatro sacos de papel Kraft) em diferentes ambientes. Os ambientes (tratamentos) foram: SCA - sala na condição ambiente (médias de temperatura 21,4 °C, máxima 26 °C, mínima 16,4 °C e umidade relativa do ar de 79%); SSF - sala seca e fria (com ar condicionado climatizador e desumidificador – 18 °C e 49% umidade relativa - UR); CUF - câmara úmida e fria (8 °C e 86% UR); e GEL - geladeira (3 °C e 48% UR). O delineamento foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 4x5 (ambientes x tempo de armazenamento) com quatro repetições de 25 diásporos para cada ambiente.

Para a sala na condição ambiente, os dados de temperatura média, máxima e mínima e umidade relativa registrados no município de Santa Maria foram obtidos na Estação Meteorológica de Santa Maria, localizada no Campus da UFSM. Aos 0 (sem armazenamento), 90, 180, 270 e 360 dias após o armazenamento determinou-se o grau de umidade, condutividade elétrica, teste de germinação e sanidade dos diásporos.

A determinação do grau de umidade, do teste de condutividade elétrica e do teste de sanidade em cada ambiente seguiu a mesma metodologia descrita anteriormente. No teste de germinação foi utilizado o substrato entre areia. A escolha desse substrato foi devido aos resultados iniciais do teste de germinação, disponibilidade, baixo custo e fácil manuseio.

No teste de germinação, além das variáveis descritas anteriormente, foi realizada a medição do comprimento de plântulas com régua graduada da raiz ao ápice caulinar (expressos em cm por plântula), após as plântulas foram colocadas em sacos de papel do tipo Kraft identificados, e levados à estufa com circulação forçada de ar à temperatura de 65 °C, até peso constante, por 48 horas. Após, o material foi pesado para obtenção da matéria seca de

plântulas, o resultado foi dividido pelo número de plântulas e expresso em gramas por plântula.

3.2.3 Análise dos dados

Os dados foram analisados quanto às pressuposições de normalidade da distribuição dos erros e homogeneidade de variâncias, respectivamente, pelos testes de Shapiro-Wilk e Bartlett, por meio do suplemento “Action” (EQUIPE ESTATCAMP, 2014). Quando as pressuposições não foram atendidas, realizou-se a transformação dos dados, sendo germinação, plântulas anormais, diásporos mortos e sanidade transformados em arcoseno $\sqrt{x/100}$ e o índice de velocidade de germinação em $\sqrt{x+0,5}$, considerando x o valor da variável observada. Após, os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas entre si pelo teste de Tukey e/ou regressão polinomial a 5% de probabilidade de erro, com auxílio do software Sisvar (FERREIRA, 2014).

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1 Qualidade física, fisiológica e sanitária inicial

No lote de diásporos de *Myrocarpus frondosus* com ala, o peso de 1.000 sementes foi de 93,01 g (coeficiente de variação – CV = 3,9%), o que representa 10.752 sementes kg^{-1} e para os diásporos após a retirada da ala, esse valor foi de 89,71 g (CV = 3,8%), com 11.147 sementes kg^{-1} . Esses resultados foram superiores ao descritos por Lorenzi (2002) (5.100 sementes kg^{-1}), mas dentro dos limites apresentados em Brasil (2013) de 5.000 a 17.000 sementes kg^{-1} . O grau de umidade inicial foi de 9,2% (CV = 3,1%), próximo ao encontrado por Wielewicki et al. (2006) (9,3%). Evidencia-se que tais indicações mostram respostas muito variáveis para a caracterização da qualidade e comercialização de lotes de sementes. A condutividade elétrica (CE) inicial do lote foi de 11,27 $\mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$.

Essa variação no peso de mil sementes e no grau de umidade pode estar associada a diferentes estágios de maturação fisiológica dos diásporos e regiões de coleta. No peso das sementes há variações dentro e entre os lotes, ocasionadas por fatores genéticos e condições ambientais (SCHMIDT, 2007).

Com relação a germinação houve efeito significativo para os substratos ($p<0,05$) (Apêndice A), com valores superiores observados nos substratos entre areia (EA) e entre vermiculita (85 e 71%, respectivamente) e o menor valor (43%) em rolo de papel (Tabela 3). Resultado semelhante foi observado para o índice de velocidade de germinação (IVG), que distinguiu o substrato EA e entre vermiculita (EV) como os melhores, os quais proporcionaram a germinação mais rápida do que os demais tratamentos (Tabela 3).

As plântulas normais de cabreúva apresentaram parte aérea e radicular completas e bem formadas (Figura 2G). Por outro lado, nas plântulas anormais foi observada a ausência de parte aérea, sistema radicular deformado, atrofiado e/ou em deterioração (Figura 2H), fato evidenciado principalmente nos tratamentos em que os diásporos ficaram sobre o substrato (SA e SV).

Tabela 3 – Porcentagem de germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG), plântulas anormais (PA) e diásporos mortos (DM) de *Myrocarpus frondosus* em diferentes substratos, Santa Maria, RS

Substratos	G (%)	IVG	PA (%)	DM (%)
Entre areia (EA)	85 a*	1,36 a	2 a	13 a
Sobre areia (SA)	55 b	0,87 b	9 b	36 b
Entre vermiculita (EV)	71 a	1,13 a	5 a	24 b
Sobre vermiculita (SV)	54 b	0,86 b	9 b	37 b
Rolo de papel (RP)	43 b	0,62 b	2 a	55 c
Média geral	62,0	0,97	5,40	33,6
CV (%)	15,37	17,54	44,46	9,99

*Médias não seguidas pela mesma letra diferem pelo teste de Tukey ($p<0,05$); CV: Coeficiente de variação.

Fonte: A autora (2018).

No rolo de papel (RP) ocorreu menor germinação e maior porcentagem de diásporos mortos (Tabela 3). Wielewicky et al. (2006) descreveram para o teste de germinação de cabreúva o substrato rolo de papel. No entanto, os valores observados para esse substrato foram inferiores nesse estudo, fato esse que pode estar associado à maior contaminação por patógenos, levando à morte dos diásporos. Brasil (2013) indica o uso dos substratos entre areia, entre vermiculita, sobre areia e rolo de papel. Assim, recomenda-se o uso do substrato entre areia pela disponibilidade, facilidade de manuseio e menor incidência de patógenos nos testes de germinação para *Myrocarpus frondosus*. Em outras sementes de espécies florestais da mesma família, como de *Adenanthera pavonina* L. e *Parkia multijuga* Benth. o substrato

areia também foi recomendado para uso no teste de germinação (SOUZA et al., 2007; ROCHA et al., 2014).

A germinação dos diásporos iniciou no 9º dia após a instalação do teste, a primeira contagem foi realizada no 15º dia e a última contagem no 27º dia, utilizando o critério tecnológico. A germinação conforme o alongamento do hipocótilo é hipógea e as plântulas são classificadas como criptocotiledonares, ou seja, os cotilédones não emergem do tegumento da semente e permanecem no interior do mesmo até o final do processo (Figura 2).

Figura 2 - Estágios sucessivos da germinação hipógea criptocotiledonar de *Myrocarpus frondosus*; diásporo sem ala (A); emissão da radícula (B); alongamento da raiz primária e expansão dos cotilédones (C a E); plântula normal (F); aspectos morfológicos de plântulas de *Myrocarpus frondosus* (G) onde: pf – primórdios foliares, ep – epicótilo, co – cotilédones, hp - hipocótilo e rp - raiz primária (A), e plântulas anormais verificadas no teste de germinação (H)



No teste de sanidade os gêneros encontrados foram: *Fusarium* (99%), *Aspergillus* (13%), *Phoma* (12%), *Alternaria* (8%), *Colletotrichum* (4%), *Penicillium* (2%) e *Cladosporium* (2%). Aimi et al. (2016b) e Tonetto et al. (2015) também encontraram elevada incidência do gênero *Fusarium* em sementes de *Cabralea canjerana* e *Handroanthus heptaphyllus*, respectivamente. Conforme Martins-Netto e Faiad (1995) a qualidade sanitária é um fator importante na germinação, devido a perdas por deterioração, anormalidades, lesões nas plântulas, e conseqüentemente, redução da produção de mudas em viveiros.

3.3.2 Qualidade fisiológica e sanitária durante o armazenamento

Após o armazenamento houve aumento do grau de umidade em condição de ambiente (SCA) e câmara úmida e fria (CUF), e perda de umidade na sala seca e fria (SSF) e geladeira (GEL). Essas mudanças ocorreram até aos 90 dias, posteriormente, até aos 270 dias e mantiveram-se com pouca variação. Aos 360 dias houve redução do grau de umidade em todos os ambientes (Tabela 4).

Os diásporos de cabreúva foram armazenados em embalagens permeáveis, contudo houve perda de umidade para o meio externo nos ambientes SSF e GEL. Observou-se que mesmo com a baixa umidade inicial (<10%) no momento do armazenamento, típico de sementes ortodoxas conforme Roberts (1973), o ambiente CUF foi inadequado, possivelmente pela embalagem utilizada no armazenamento.

Tabela 4 – Grau de umidade (%) dos diásporos de *Myrocarpus frondosus* em diferentes condições de armazenamento, aos 0, 90, 180, 270 e 360 dias, Santa Maria, RS

Ambientes	Armazenamento (dias)				
	0	90	180	270	360
SCA	9,25	13,52	13,48	13,55	11,66
SSF	9,25	7,05	6,98	6,88	6,73
CUF	9,25	16,99	15,97	14,18	13,88
GEL	9,25	7,98	7,44	8,61	6,11

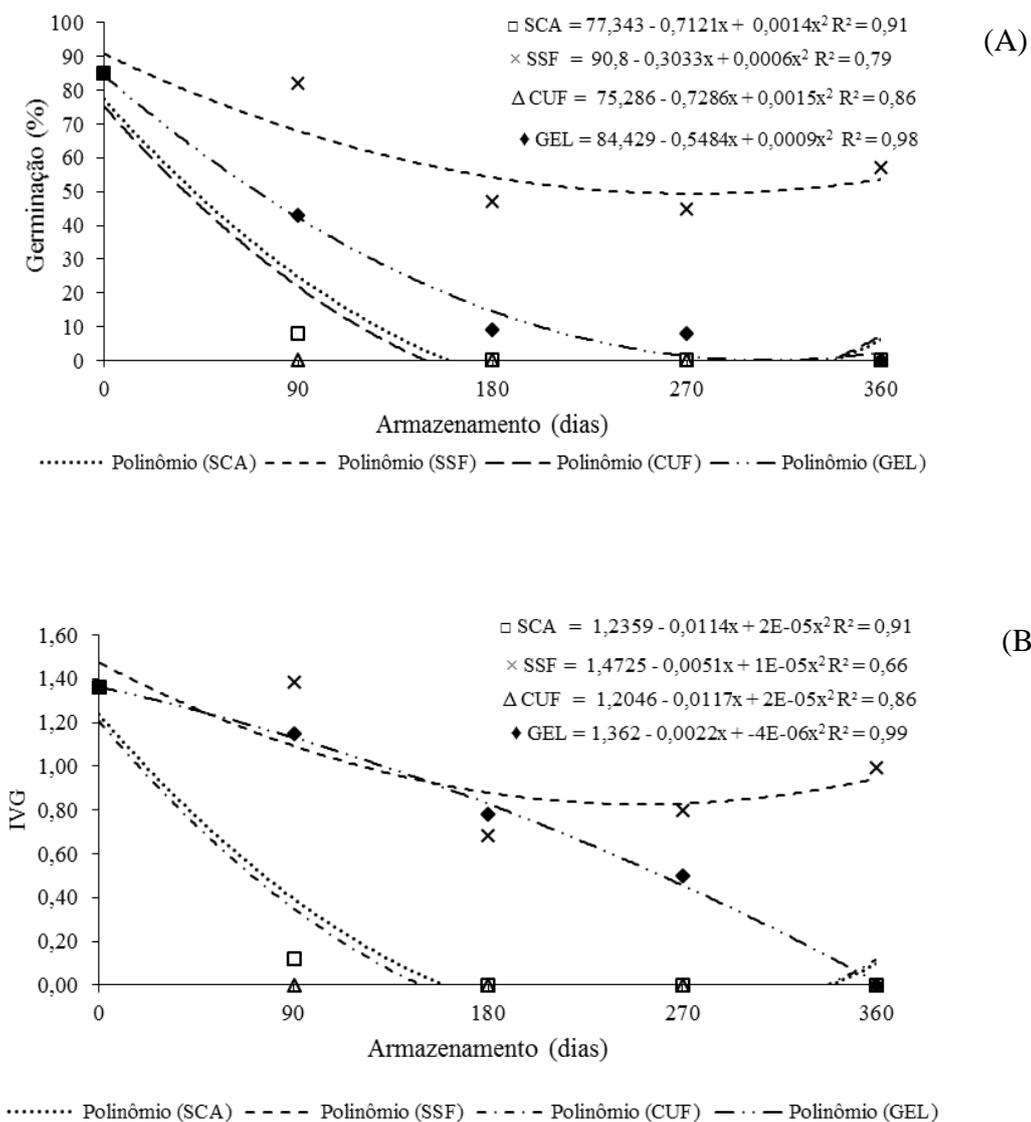
Sendo: SCA - sala na condição ambiente; SSF - sala seca e fria; CUF - câmara úmida e fria e GEL - geladeira.

Fonte: A autora (2018).

Para as variáveis germinação, índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento de plântulas, matéria seca de plântulas e diásporos mortos houve interação significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos (Apêndice B). Porém, para plântulas anormais não

houve interação ($p=0,0684$) e nem efeito significativo para os ambientes ($p=0,1145$) e armazenamentos ($p=0,5136$) (dados não apresentados). Antes de serem armazenados, os diásporos apresentavam 85% de germinação e 1,4 de IVG. Para germinação o comportamento foi quadrático decrescente em todos os ambientes (Figura 3A). No ambiente SSF houve a maior porcentagem de germinação até aos 90 dias (88%), reduzindo para 45 e 43%, respectivamente, aos 180 e 270 dias, com aumento aos 360 dias (57%) (Figura 3A).

Figura 3 – (A) Porcentagem de germinação e (B) índice de velocidade de germinação (IVG) de *Myrocarpus frondosus* em diferentes ambientes e tempos de armazenamento. Sendo: SCA - sala na condição ambiente; SSF - sala seca e fria; CUF - câmara úmida e fria e GEL - geladeira



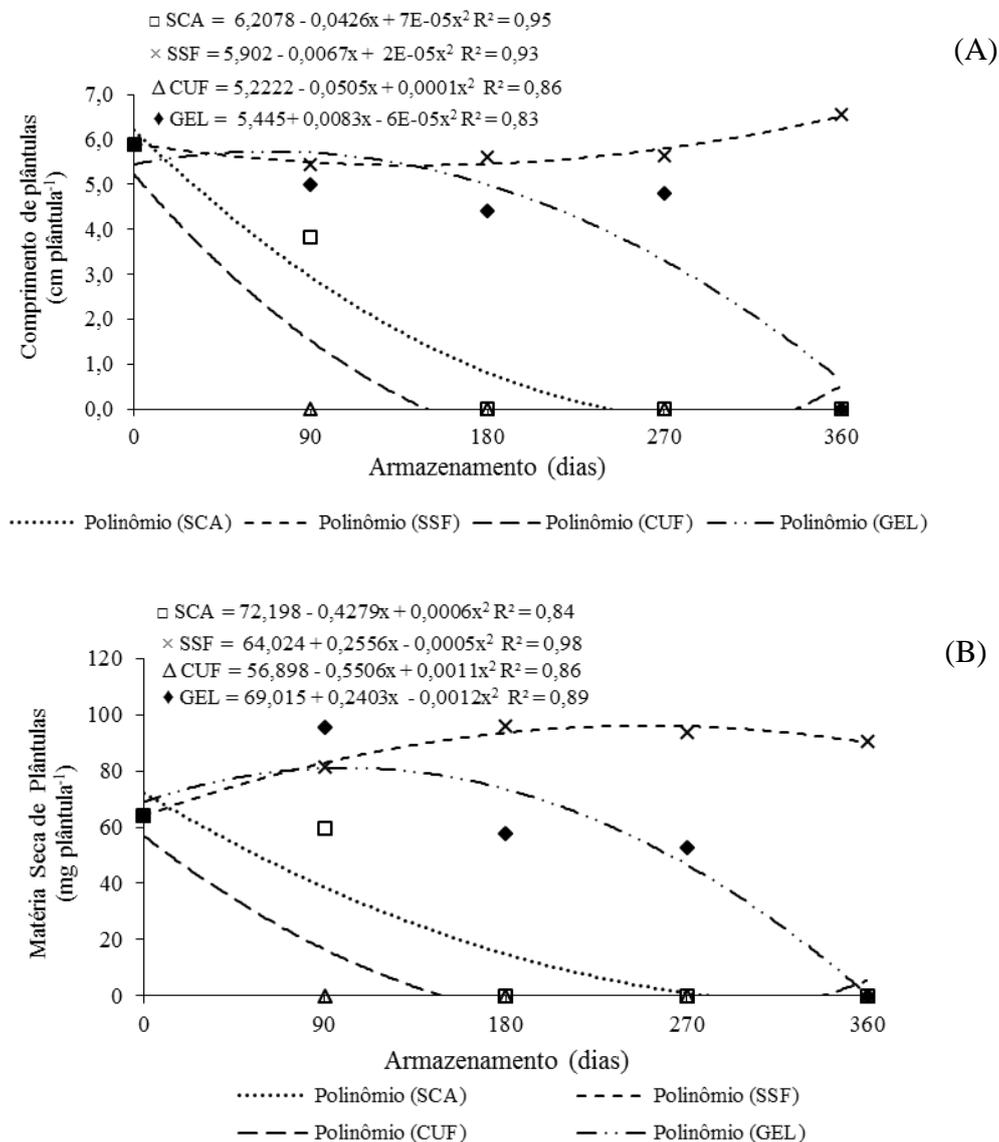
A baixa germinação (Figura 3A) e índice de velocidade de germinação (Figura 3B) após os 90 dias no ambiente CUF podem estar associados ao ganho de umidade absorvida do meio (Tabela 4), a qual após submetido a baixa temperatura constante, ocasionou o congelamento, expansão e rompimento da membrana celular (MARCOS FILHO, 2005). Tal situação não foi evidenciada na geladeira, pois esse ambiente foi mais seco e ocasionou a perda de umidade dos diásporos, tendo menor efeito da temperatura (Tabela 4). A perda de viabilidade de sementes, quando acondicionadas na CUF também foi observada em estudos com *Tabebuia caraiba* (Mart.) Bureau (GUEDES et al., 2012) e *Handroanthus heptaphyllus* (TONETTO et al., 2015).

Na sala condição ambiente ocorreu variações na temperatura máxima (26 °C) e mínima (16,4 °C) e na umidade relativa do ar alta (média de 79%), comprometendo a qualidade de diásporos que aumentaram o grau de umidade, porém houve redução na germinação aos 90 dias, sendo nula aos 270 e 360 dias (Figura 3A). Para o ambiente GEL a porcentagem de germinação diminui no decorrer do tempo, sendo nula aos 360 dias.

Conforme Carvalho e Nakagawa (2000), mudanças na temperatura e umidade relativa do ar provocam alterações no teor de água das sementes armazenadas em embalagem permeável. Estes resultados demonstram que a baixa temperatura e umidade relativa são de extrema importância para a conservação do vigor das sementes de cabreúva. Fowler e Carpanezzi (1998) também relataram que o armazenamento de sementes de *Parapiptadenia rigida* em sala sem controle foi desfavorável para a manutenção da viabilidade antes de um ano de armazenamento, resultado semelhante observado por Gasparin et al. (2013).

Para o comprimento de plântulas as maiores médias foram observadas no ambiente SSF aos 90, 180, 270 e 360 dias após o armazenamento, com comportamento quadrático crescente (Figura 4A). A matéria seca de plântulas apresentou comportamento quadrático crescente no ambiente SSF, sendo menor aos 90 dias e superior nos demais tratamentos (Figura 4B). Caçola et al. (2006) destacaram que, para sementes de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze armazenadas em condições ambiente, as plântulas apresentaram maior comprimento em relação às acondicionadas sob temperatura controlada. Em estudo durante o armazenamento de sementes de *Tabebuia roseoalba* (Ridl.) Sandwith, a porcentagem de germinação, o comprimento e o peso de matéria seca das plântulas foram reduzidos (ABBADE; TAKAKI, 2014).

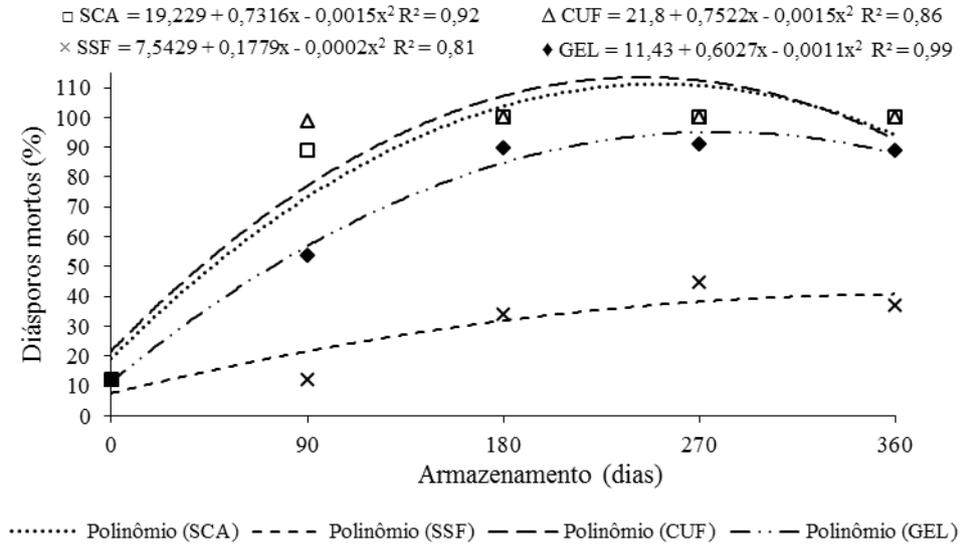
Figura 4 – Comprimento de plântulas (A) e matéria seca de plântulas (B) de *Myrocarpus frondosus* em diferentes ambientes e dias após o armazenamento. Sendo: SCA - sala na condição ambiente; SSF - sala seca e fria; CUF - câmara úmida e fria e GEL - geladeira



Fonte: A autora (2018).

Com relação aos diásporos mortos, as menores médias foram observadas no ambiente SSF em todas as avaliações (Figura 5), com maior ocorrência na CUF e SCA. Conforme Brasil (2013) diásporos mortos são aqueles que não apresentam nenhum sinal de início de germinação, geralmente apresentam-se amolecidos e com patógenos às vezes não aparentes.

Figura 5 – Diásporos mortos em diferentes ambientes, aos 0, 90, 180, 270 e 360 dias após o armazenamento, Santa Maria, RS. Sendo: SCA - sala na condição ambiente; SSF - sala seca e fria; CUF - câmara úmida e fria e GEL - geladeira

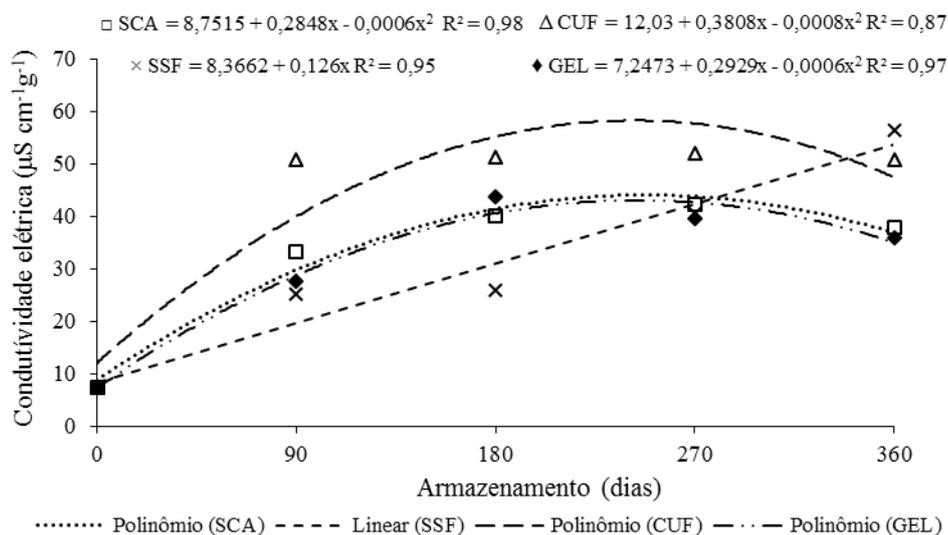


Fonte: A autora (2018).

Para a condutividade elétrica (CE) houve interação ($p < 0,05$) entre os ambientes e tempo de armazenamento. Com base na CE inicial ($11,27 \mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$), o armazenamento em qualquer condição aumentou a perda de líquidos, favorecendo a exsudação de substâncias. Observou-se que somente a SSF apresentou os menores valores para CE dos 90 aos 180 dias ($25,0 \mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$) em relação aos ambientes SCA e GEL, e mostrou-se, expressivamente mais elevada dos 90 até 360 dias na CUF ($50,7$ e $50,9 \mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$, respectivamente) (Figura 6).

O aumento do grau de umidade foi indesejável para a conservação dos diásporos (Tabela 4), fato que possivelmente esteja associado à perda de integridade da membrana celular, indicado pelos maiores valores de condutividade elétrica, principalmente nos ambientes de armazenamento SCA e CUF. A perda da viabilidade dos diásporos está correlacionada com o rompimento das membranas acarretando a liberação de solutos celulares importantes para o funcionamento da célula (MARCOS FILHO, 2005). Conforme Karrfalt (2008) as sementes deterioradas ou mortas liberam quantidades maiores de eletrólitos do que aquelas íntegras e com maior vigor, consequentemente aumentando a condutividade elétrica da solução.

Figura 6 - Condutividade elétrica massal de diásporos de *Myrocarpus frondosus* armazenados em diferentes ambientes e tempos de armazenamento. Sendo: SCA - sala na condição ambiente; SSF - sala seca e fria; CUF - câmara úmida e fria e GEL - geladeira



Fonte: A autora (2018).

As sementes podem ser classificadas em dois grupos quanto ao comportamento em relação a tolerância à dessecação e ao armazenamento em temperaturas baixas: ortodoxas e recalcitrantes (ROBERTS, 1973). Porém, há também o grupo das intermediárias, que toleram a secagem até em torno de 10 a 12% de teor de água, com redução da viabilidade caso esse teor diminua (HONG; ELLIS, 1996; WALTERS, 2015). Para as espécies com sementes intermediárias o armazenamento é viável a médio e a longo prazo, como ocorreu nesse estudo. *Myrocarpus frondosus* é descrita como recalcitrante (LORENZI, 2002) e intermediária baseada no banco de dados da FEPAGRO (WIELEWICKI et al., 2006) ao armazenamento. Observa-se que, durante o armazenamento os diásporos mantiveram a viabilidade por um ano na SSF, mas com expressiva redução da germinação, sendo classificados como intermediários. Tonetto et al. (2015) também recomendam essa classificação para as sementes de *Handroanthus heptaphyllus* e armazenamento em ambiente de sala com ar condicionado (18 °C e 49% de UR) e/ou em câmara úmida e fria (8 °C e 80% de UR).

No teste de sanidade houve interação ($p < 0,05$) (Apêndice C) entre os tratamentos (ambiente x armazenamento). No teste de sanidade inicial dos diásporos foi possível observar a presença dos gêneros *Fusarium*, *Aspergillus*, *Alternaria*, *Colletotrichum*, *Penicillium* e

Cladosporium, com incidência também após o armazenamento (Tabela 5). No entanto, o gênero *Phoma* só foi observado no teste inicial de sanidade.

Tabela 5 – Patógenos associados a diásporos de *Myrocarpus frondosus* aos 90, 180, 270 e 360 dias após o armazenamento em diferentes ambientes, Santa Maria, RS

Tratamento	<i>Alternaria</i> spp. (%)				<i>Aspergillus</i> spp. (%)			
	Armazenamento (dias)							
	90	180	270	360	90	180	270	360
SCA	1 Aa*	0 Aa	0 Aa	0 Aa	37 Bb	25 Ba	10 Aa	8 Aa
SSF	20 Cb	0 Aa	0 Aa	10 Bb	13 Ab	43 Bb	23 Ab	11 Aa
CUF	1 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa	6 Aa	4 Aa	11 Aa
GEL	19 Bb	0 Aa	4 Ab	6Ab	0 Aa	67 Cb	54 Cc	10 Ba
Média geral				3,81				57,52
CV (%)				6,58				14,69
Tratamento	<i>Colletotrichum</i> spp. (%)				<i>Cladosporium</i> spp. (%)			
	Armazenamento (dias)							
	90	180	270	360	90	180	270	360
SCA	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa	32 Ba	42 Ba	1 Aa	0 Aa
SSF	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa	83 Cb	94 Cb	0 Aa	12 Bb
CUF	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa	35 Ba	25 Ba	7 Aa	0 Aa
GEL	18 Bb	0 Aa	0 Aa	0 Aa	45 Ba	93 Cb	5 Aa	53 Bc
Média geral				1,12				39,92
CV (%)				4,56				17,38
Tratamento	<i>Fusarium</i> spp. (%)				<i>Penicillium</i> spp. (%)			
	Armazenamento (dias)							
	90	180	270	360	90	180	270	360
SCA	57 Ba	2 Aa	4 Aa	2 Aa	16 Bb	1 Aa	4 Aa	90 Cc
SSF	99 Ab	63 Bb	100 Bb	95 Bb	5 Aa	4 Aa	1 Aa	5 Aa
CUF	39 Ba	3 Aa	0 Aa	4 Aa	3 Aa	0 Aa	60 Bb	90 Cc
GEL	96 Bb	59 Ab	97 Bb	84 Bb	2 Aa	19 Bb	4 Aa	20 Bb
Média geral				50,25				20,50
CV (%)				29,23				14,66
Tratamento	<i>Mucor</i> spp. (%)				<i>Rhizopus</i> spp. (%)			
	Armazenamento (dias)							
	90	180	270	360	90	180	270	360
SCA	0 Aa	0 Aa	97 Bd	0 Aa	7 Ab	0 Aa	5 Aa	0 Aa
SSF	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa	4 Aa	32 Bb	17 Ab	12 Ab
CUF	0 Aa	0 Aa	4 Bb	0 Aa	1 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa
GEL	0 Aa	0 Aa	8 Bc	0 Aa	0 Aa	2 Aa	2 Aa	4 Aa
Média geral				6,81				5,37
CV (%)				5,14				11,90

*Médias não seguidas pela mesma letra maiúscula (linha) e minúscula (coluna) diferem pelo teste de Tukey, 5% de probabilidade de erro. Sendo: SCA-sala na condição ambiente (sem condições controladas); SSF-sala seca e fria; CUF-câmara úmida e fria e GEL-geladeira.

Fonte: A autora (2018).

O gênero *Alternaria* aos 90 dias apresentou menor incidência no ambiente SCA e CUF (1%), diferindo dos demais (SSF e GEL), não sendo verificada sua ocorrência aos 180 dias, e aos 270 dias, ocorreu somente no ambiente GEL e 360 dias na SSF e GEL. Para o gênero *Aspergillus* houve ocorrência aos 90 dias apenas na SCA e SSF (37 e 13%, respectivamente), diferindo dos demais. Aos 180, 270 e 360 dias constatou-se a presença em todos os ambientes avaliados (Tabela 5). Para o gênero *Penicillium* a maior incidência aos 90 dias foi na sala com condição ambiente (16%), diferindo dos demais, aos 180 dias essa ocorrência foi maior na GEL (19%), aos 270 dias no ambiente CUF (60%) e aos 360 dias na SCA e CUF (90%) (Tabela 5).

A presença de *Aspergillus* spp. e *Penicillium* spp. em sementes é comum, indicando que pode ter ocorrido problemas no armazenamento, o que deve ser melhor estudado, pois o *Aspergillus* spp. aumentou expressivamente no ambiente SSF, principalmente aos 180 dias, a qual foi a melhor condição nesse estudo, assim devendo-se avaliar a possibilidade de tratamento das sementes antes do armazenamento. Os gêneros *Aspergillus* e *Penicillium* ocorrem principalmente, sob condições de armazenamento, mas superficialmente, assim é possível realizar a desinfestação dos diásporos (BEWLEY; BLACK, 2012). Os gêneros *Aspergillus* e *Penicillium* têm a capacidade de reduzir o poder germinativo das sementes e causar a morte do embrião (CHEROBINI; MUNIZ; BLUME, 2008). Além disso, os mesmos autores descreveram que o aumento da presença do fungo *Aspergillus* spp. no decorrer do armazenamento foi um indicativo de deterioração das sementes de *Cedrela fissilis* Vell., o qual também foi responsável pelo seu apodrecimento, conseqüentemente aumentando a ocorrência de *Penicillium* spp. A porcentagem de diásporos mortos foi superior no ambiente CUF (Figura 5) e os fungos associados aos diásporos podem ter causado deterioração.

Para *Colletotrichum* spp. apenas houve ocorrência aos 90 dias no ambiente GEL (Tabela 3). Porém, esse gênero apresenta potencial patogênico sendo encontrado associado a sementes de muitas espécies (CARVALHO; MUCHOVEJ, 1991) e pode ser responsável pela grande variação na germinação das sementes (MACHADO, 1988).

Para o gênero *Cladosporium* aos 90 dias foi observada a maior incidência na SSF (83%), não diferindo dos demais ambientes, aos 180 dias a maior ocorrência foi no ambiente SSF e GEL (94 e 93%, respectivamente), também diferindo dos demais e aos 270 dias essa ocorrência diminuiu em todos os ambientes de armazenamento. O gênero *Cladosporium* também apresenta potencial patogênico e ocorre em sementes, ainda no campo, e durante o armazenamento são responsáveis pela descoloração em grãos (KIMATI et al., 1997).

O gênero *Fusarium* apresentou maior incidência aos 90, 180, 270 e 360 dias nos ambientes SSF e GEL diferindo dos demais (Tabela 5). Entretanto, sua presença não interferiu na germinação das sementes no ambiente SSF, tendo em vista sua ocorrência desde a fase inicial e elevado percentual de germinação e IVG, quando comparados aos demais armazenamentos (Figura 1). Por outro lado, deve-se estar atento para sua ocorrência nas mudas no viveiro, principalmente quando produzidas em substrato inerte, pois possivelmente não encontraram fungos antagônicos de controle, conforme normalmente ocorre no solo. *Fusarium* spp. foi relatado causando tombamento em pré e pós-emergência, de plântulas de *Parapiptadenia rigida* (MACIEL et al., 2012) e *Cedrela fissilis* (LAZAROTTO et al., 2012). Lazarotto, Muniz e Santos (2010) avaliando a sanidade de sementes de *Ceiba speciosa*, também encontraram alta incidência de *Fusarium* sp., salientando que o mesmo é transmitido via semente para plântulas, ocasionando lesões em suas raízes, evoluindo para o colo e causando tombamento. Conforme Machado (1988) a contaminação por *Fusarium* spp. ocorre no período da formação ou da maturação do fruto.

Os gêneros *Mucor* e *Rhizopus* foram detectados com baixa incidência nos diásporos de cabreúva (Tabela 5). No entanto, o gênero *Rhizopus* é considerado um fungo com pouca importância econômica com relação as sementes, devendo-se desinfestar somente diante de elevada incidência (BARRETO, 2001). Diante da expressiva ocorrência de fungos em sementes de espécies nativas, conforme foi possível observar nesse estudo, assim como de Maciel et al. (2012), Tonetto et al. (2015) e Aimi et al. (2016b), fica evidente a importância da detecção desses fungos visando contornar problemas futuros no viveiro. Segundo Benetti et al. (2009), a qualidade inferior de mudas de espécies florestais arbóreas nativas pode estar relacionada a problemas fitossanitários nas suas sementes, havendo assim necessidade de detecção para posterior controle desses patógenos.

A redução da germinação após 180 dias na SSF pode ter sido desencadeada pela ação dos patógenos, pois a CE não apresentou alteração aos 90 e 180 dias, com germinação de 88 e 45%, respectivamente. Assim, a ação dos fungos pode ter ocasionado a desestruturação das membranas, com aumento da CE aos 270 dias ($40,43 \mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$), condição que ainda permitiu manter a germinação, mas que indica redução expressiva aos 360 dias. Além disso, estudos contemplando o tratamento de diásporos pré-armazenamento são importantes para maximizar o potencial de uso da espécie em viveiros ao longo do ano, aumentando o período adequado para o semeio pelo viveirista.

A secagem a cerca de 7% associada a baixa temperatura e umidade relativa do ambiente podem reduzir e/ou inibir o desenvolvimento de patógenos na fase inicial,

consequentemente conservando os diásporos com maior viabilidade por mais tempo. Assim, sugerem-se estudos que contemplem redução da umidade e o tratamento dos diásporos antes do armazenamento, além de diferentes embalagens.

3.4 CONCLUSÃO

A maior germinação de diásporos de *Myrocarpus frondosus* é possível nos substratos entre areia, podendo também ser utilizado o substrato entre vermiculita.

Os diásporos de cabreúva podem ser armazenados em sala seca e fria (18 °C e 49% UR) para conservação por um período de 360 dias, quando ainda é possível obter 57% de germinação. A espécie apresenta comportamento intermediário em relação ao armazenamento.

No ambiente sala seca e fria os gêneros *Fusarium*, *Aspergillus*, *Alternaria*, *Penicillium*, *Rhizopus* e *Cladosporium* podem ter aumentado a deterioração dos diásporos após 180 dias de armazenamento.

4 CAPÍTULO II - SUBSTRATO E ADUBAÇÃO NA QUALIDADE DE MUDAS DE *Myrocarpus frondosus* ALLEMÃO

RESUMO

A produção de mudas de espécies florestais nativas com qualidade é uma das etapas mais importantes para a sobrevivência e estabelecimento no campo. *Myrocarpus frondosus* é uma espécie nativa da América do Sul com alto valor comercial da madeira. Assim, o objetivo dessa pesquisa foi avaliar a qualidade de mudas de *Myrocarpus frondosus* no viveiro e indicar o substrato e a adubação mais adequados à produção de mudas. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, em esquema fatorial, composto por quatro combinações de substratos: S1-100% substrato comercial a base de turfa do tipo *Sphagnum* (SC); S2 - 80% SC e 20% de casca de arroz carbonizada (CAC); S3 - 60% SC e 40% de CAC; S4 - 40% SC e 60% CAC, e quatro adubações: SA - Sem adubação (testemunha); FLC - fertilizante de liberação controlada; FPL - fertilizante de pronta liberação (sulfato de amônio, superfosfato simples e cloreto de potássio) e FPLF - fertilizante de pronta liberação e micronutrientes. No substrato foi realizada análise física e química. Aos 270 dias após emergência, foram avaliadas as variáveis morfológicas (altura, diâmetro do coleto, relação H/DC, área foliar, comprimento radicular, matéria seca aérea, matéria seca radicular, matéria seca total, índice de qualidade de Dickson) e fisiológicas (clorofila *a*, clorofila *b*, carotenoides, fluorescência inicial, fluorescência máxima, relação F_v/F_m e taxa de transporte de elétrons). Além disso, foi realizada a correlação de Pearson entre todas as variáveis. Independente do substrato e adubação observou-se crescimento lento da espécie, mesmo para o melhor tratamento, o que foi constatado a partir da altura (17,87 cm) e diâmetro do coleto (2,62 mm). Recomenda-se o uso do substrato comercial (40%) com casca de arroz carbonizada (60%) associado à concentração de 6 g L⁻¹ de fertilizante de liberação controlada, por apresentarem de maneira geral, os melhores resultados para as variáveis morfológicas e fisiológicas no viveiro.

Palavras-chave: Fabaceae. Cabreúva. Casca de arroz carbonizada. Fertilizante de liberação controlada.

CHAPTER II - SUBSTRATE E FERTILIZATION IN THE QUALITY OF SEEDLINGS OF *Myrocarpus frondosus* ALLEMÃO

ABSTRACT

Quality seedling production of native forest species is one of the most important steps for survival and establishment in the field. *Myrocarpus frondosus* is a native species of South America with high commercial timber value. Thus, the objective of this research was to evaluate the quality of seedlings of *Myrocarpus frondosus* in the nursery and to indicate the most adequate substrate and fertilization for the production of seedlings. The experiment was conducted in a completely randomized design, with four replications, in a factorial scheme, composed of four combinations of substrates: S1-100% commercial substrate (CS); S2 - 80% CS and 20% carbonated rice husk (CRH); S3 - 60% CS and 40% CRH; S4 - 40% CS and 60% CRH, and four fertilizations: NF – No fertilization; CRF – controlled release fertilizer (ammonium sulfate, simple superphosphate and potassium chloride); RRF – ready release fertilizer and micronutrients. Physical and chemical analyses were performed on the substrate. At 270 days after emergence, the following morphological variables were evaluated: (height, stem diameter, H/SD ratio, leaf area, root length, aerial dry mass, root dry mass, total dry mass, Dickson quality index) and the physiological variables chlorophyll *a*, chlorophyll *b*, carotenoids, initial fluorescence, maximum fluorescence, F_v/F_m ratio and electron transport rate). In addition, a Pearson correlation was performed among all variables. Regardless of the substrate and fertilization, slow growth of the species was observed, even for the best treatment, which was verified from the height (17.87 cm) and stem diameter (2.62 mm). The use of the commercial substrate (40%) with carbonated rice husk (60%) associated to the concentration of 6 g L⁻¹ of controlled release fertilizer is recommended, since they present the best results for the morphological and physiological variables in the nursery in general.

Keywords: Cabreúva. Carbonated rice husk. Controlled Release Fertilizer.

4.1 INTRODUÇÃO

Myrocarpus frondosus Allemão (cabreúva) pertence à família Fabaceae e ocorre naturalmente na Bolívia, Paraguai e Brasil (TROPICOS, 2018), na Floresta Estacional Decidual e Semidecidual (CARVALHO, 2003). Conforme Carvalho (2003), a espécie é classificada como decídua, secundária inicial a secundária tardia, semi-heliófila, tolerando sombreamento de média intensidade e baixas temperaturas.

Destaca-se entre as espécies arbóreas nativas de maior produção comercial de madeira do bioma Mata Atlântica, alcançando preços elevados no mercado (BRENA; LONGHI, 1998), devido a sua alta densidade (870 a 1.002 kg m⁻³), o que confere alta durabilidade,

mesmo quando exposta ao ambiente. É uma espécie melífera, utilizada na indústria de perfumarias e tinturas, e também é ideal para arborização urbana e reposição de mata ciliar (BACKES; IRGANG, 2002; CARVALHO, 2003). Além disso, os óleos essenciais (bálsamo) extraídos da sua casca podem ser usados para fins medicinais (PENNINGTON et al., 2005) e, conforme Santi et al. (2017), o óleo essencial extraído das folhas e diásporos tem atividade antioxidante e os extratos podem ser úteis tanto na indústria farmacêutica quanto alimentar.

No entanto, apesar de sua importância econômica e ambiental, ainda são necessários estudos sobre a produção e qualidade morfológica e fisiológica de mudas de *Myrocarpus frondosus*, sendo importante a realização de pesquisas que otimizem sua produção em viveiro, com baixo custo e alta qualidade, garantindo elevadas taxas de sobrevivência e crescimento após o plantio.

A função do substrato é fornecer condições adequadas para o crescimento e desenvolvimento do sistema radicular das plantas (KÄMPF, 2000). No entanto, o volume do recipiente torna necessário que o substrato seja capaz de manter a água facilmente disponível à planta, sem comprometer a concentração de oxigênio no meio (FERMINO; BELLÉ, 2000). Além disso, o substrato deve ter boa estrutura, não contrair ou expandir, estar isento de substâncias tóxicas, pragas e patógenos (GONÇALVES; POGGIANI, 1996; KÄMPF, 2005; REGAN, 2014). Entre os substratos utilizados, existem aqueles à base de matéria orgânica e turfas, classificados como componentes principais, os quais são misturados a componentes secundários, como a casca de arroz carbonizada, a vermiculita e a fibra de coco, entre outros.

Assim, a utilização de componentes de substratos adicionados em diferentes proporções, com características físicas e químicas mais adequadas a determinada espécie, proporciona melhor desenvolvimento da planta, menor tempo de produção e custo final do produto. No entanto, tais componentes devem estar disponíveis facilmente no mercado, ter baixo custo, e satisfazer o sistema de produção do viveiro (REGAN, 2014).

O estado do Rio Grande do Sul é responsável por, aproximadamente, 60% da produção interna de arroz (IRGA, 2013). Essa elevada produção de arroz ocasiona um subproduto após o seu beneficiamento, a casca de arroz que é um material renovável, assim vários estudos estão sendo realizados para utilização desse resíduo (ADAM; CHUA, 2004; PODE, 2016). A casca de arroz carbonizada pode ser utilizada como componente secundário de substratos para produção de plantas devido ao elevado espaço de aeração, melhor relação ar: água, baixo custo e disponibilidade em regiões com produção de arroz.

Outro aspecto fundamental a ser observado na produção de mudas em viveiro é a adubação, a qual interfere nos atributos funcionais de plantas (SALVADOR et al., 2004).

Conforme Jacobs e Landis (2009) existem diferentes tipos de fertilizantes inorgânicos disponíveis para o uso em viveiros, variando de acordo com sua matéria-prima, quantidade de nutrientes e mecanismos de liberação. Além desses, existem os fertilizantes orgânicos, provenientes de resíduos de plantas e animais (TAIZ; ZEIGER, 2009). No entanto, a adubação realizada nos viveiros, principalmente para espécies nativas, ainda é feita de maneira empírica, utilizando os mesmos nutrientes e doses para todas as plantas em cultivo.

Nesse contexto, são necessários estudos a fim de determinar técnicas que otimizem insumos para a produção de mudas de espécies arbóreas nativas com qualidade, como é o caso da cabreúva, espécie com interesse econômico e ambiental. Desse modo, busca-se responder as seguintes questões: a) a casca de arroz carbonizada pode ser utilizada como componente secundário no substrato para produção de mudas de *Myrocarpus frondosus*? b) há diferenças no crescimento das mudas de *Myrocarpus frondosus* quando se utiliza o fertilizante de liberação controlada ou o fertilizante de pronta liberação?

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido entre maio de 2014 e março de 2015 no Viveiro Florestal (29° 43' 13" S e 53° 43' 17" O) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), município de Santa Maria (RS). Conforme a classificação de Köppen, o clima da região é subtropical, do tipo "Cfa", com chuvas durante todos os meses do ano, apresentando precipitação média anual de 1.620 mm e temperatura média do mês mais frio -3 °C e do mês mais quente superior a 22 °C (ALVARES et al., 2013). Os diásporos de *Myrocarpus frondosus* foram adquiridos da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (FEPAGRO) situada em Santa Maria, RS.

O experimento foi realizado em esquema fatorial 4x4 (substrato x adubação), em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições cada, totalizando 16 tratamentos. Utilizou-se o substrato comercial Carolina Soil® (SC) (conforme o fabricante, composto por turfa de *Sphagnum*, vermiculita expandida, gesso agrícola, NPK e calcário dolomítico), sendo adicionada as diferentes proporções de casca de arroz carbonizada (CAC). A adubação foi realizada com fertilizante de liberação controlada e fertilizante de pronta liberação (Tabela 6).

Tabela 6 - Descrição dos tratamentos utilizados na produção de mudas de *Myrocarpus frondosus* em casa de vegetação no Viveiro Florestal, Santa Maria, RS

Substrato	Adubação
S1 - 100% substrato comercial (SC)	SA - Sem adubação (testemunha)
S2 - 80% SC e 20% de casca de arroz carbonizada (CAC)	FLC - fertilizante de liberação controlada Mini Prill, 18-05-09 (N-P ₂ O ₅ -K ₂ O) 6 g L ⁻¹
S3 - 60% SC e 40% de CAC	FPL - 150 g de sulfato de amônio ((NH ₄) ₂ SO ₄), 300 g de superfosfato simples (P ₂ O ₅) e 100 g de cloreto de potássio (KCl) por m ³ de substrato e adubação de cobertura*
S4 - 40% SC e 60% CAC	FPLF - 150 g (NH ₄) ₂ SO ₄ , 300 g de P ₂ O ₅ , 100 g de KCl adicionado de fertilizante do tipo “Fritas” - 150 g de FTE BR12 micronutrientes contendo 3% de Enxofre, 1,8% de Boro, 0,8% de Cobre, 2% de Manganês, 0,1% de Molibdênio, 3% de Ferro e 9% de Zinco por m ³ de substrato e adubação de cobertura*

*Recomendação de Gonçalves et al. (2005).

Fonte: A autora (2018).

O fertilizante de liberação controlada (FLC) utilizado foi o Osmocote® Mini Prill, na formulação de 18-05-09 (N-P₂O₅-K₂O), segundo as especificações técnicas do fabricante, quando colocado em substrato úmido, com temperatura média de 21 °C, a liberação dos nutrientes ocorre gradualmente, entre seis e oito meses.

Nos tratamentos com fertilizante de pronta liberação com sulfato de amônio ((NH₄)₂SO₄), superfosfato simples (P₂O₅) e cloreto de potássio (KCl) (FPL) e N, P₂O₅ e KCl mais “Fritas” (FPLF) foi utilizada adubação de cobertura descrita em Gonçalves et al. (2005), com solução preparada a partir da dissolução de 200 g de sulfato de amônio e 150 g de cloreto de potássio em 100 L de água.

Os recipientes utilizados foram do tipo tubetes cônicos de polipropileno com volume de 180 cm³ (50,72 cm diâmetro superior, 13,5 cm de altura e oito frisos internos), acondicionados em bandejas com 54 células (62 cm x 42 cm de comprimento e largura, respectivamente), suspensas a 16 cm da superfície do solo, sendo utilizada cerca de meia bandeja para cada tratamento, o que representou 24 mudas.

Após a formulação do substrato e adição da adubação, os recipientes foram preenchidos de acordo com cada tratamento, sendo realizada acomodação do substrato por meio da mesa de compactação e, quando necessário, foi completado o volume dos recipientes, para o preenchimento total dos tubetes. Amostras de 2,5 litros de cada substrato foram enviadas ao Laboratório de Análise de Substratos Hortícolas da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) para verificação dos atributos físicos e

químicos, conforme Fermino (2003) e Instrução Normativa nº 17 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2007).

Em cada tubete foram semeados dois diásporos, recobrimo-os com uma fina camada do substrato, sendo as bandejas levadas para casa de vegetação, posteriormente. A irrigação foi realizada por barra móvel contendo aspersores de microaspersão (vazão de 8 mm dia⁻¹). Aos 40 dias após a semeadura, realizou-se o raleio, eliminando as plântulas excedentes, deixando apenas uma por recipiente. Aos 120 dias após o semeio, as bandejas foram retiradas da casa de vegetação e levadas para uma área coberta com tela de sombreamento (50%), sendo mantidas irrigações diárias, permanecendo até o final do experimento. A adubação de cobertura foi realizada nos tratamentos com FPL e FPLF a cada dez dias, após 40 dias da emergência até o final do experimento, intercalando-se em cada aplicação a presença e a ausência do cloreto de potássio na solução, sendo utilizado 1 L da solução por bandeja, nas primeiras horas da manhã, seguido de irrigação.

A emergência dos diásporos foi avaliada aos 30 dias após a semeadura, e os parâmetros morfológicos e fisiológicos foram medidos aos 300 dias após a emergência. Foi realizada a medição da altura (H), com auxílio de régua (cm), e diâmetro do coleto (DC) com paquímetro digital (mm), obtendo-se assim a relação H/DC de oito plantas centrais (32 plantas em cada tratamento). As raízes foram lavadas em água corrente com auxílio de peneira (malha de 0,84 mm), colocadas em vidros identificados, contendo 100 mL de solução de álcool 92,6 °GL (12%), e armazenadas em câmara fria (8-10 °C e 90% de UR) até o momento das avaliações do comprimento radicular. A quantificação da matéria seca aérea e radicular foi realizada em quatro mudas por tratamento.

Na determinação da área foliar e do comprimento radicular, foram utilizadas as mesmas amostras da matéria seca, sendo estas processadas antes da secagem do material. Para isso, as folhas e as raízes das mudas foram distribuídas sobre um papel branco A4, posteriormente prensados por vidro transparente e fotografados com câmera digital da marca SONY (modelo DSC-T100), apoiada em uma estrutura com altura fixa de 0,18 m e zoom de 1.4. As imagens foram processadas no programa Image J, obtendo-se a área foliar e o comprimento radicular.

Após, as amostras foram colocadas em embalagens de papel pardo identificadas por tratamento, levadas para estufa com circulação forçada de ar a 65 °C, por 72 horas e pesadas em balança analítica (precisão de 0,001 g) para determinação da matéria seca aérea (MSA), matéria seca radicular (MSR) e matéria seca total (MST). Posteriormente, foi calculado o

índice de qualidade de Dickson (IQD), por meio da seguinte fórmula (DICKSON; LEAF; HOSNER, 1960):

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

Sendo: IQD: Índice de Qualidade de Dickson; MST: matéria seca total (g); H: Altura da parte aérea (cm); DC: Diâmetro do coleto (mm); MSPA: Matéria seca área (g); e MSR: Matéria seca radicular (g).

Para determinação da fluorescência da clorofila *a* foi utilizado o fluorômetro portátil (Junior-Pam Chlorophyll Fluorometer Walz) em folhas completamente expandidas de quatro mudas por tratamento, totalizando 16 plantas. As folhas selecionadas foram aclimatadas por 30 minutos ao escuro com papel alumínio. Após, as mesmas foram expostas a pulsos de luz saturada com comprimento de onda induzida pela luz vermelha (pico em 650 nm) de, aproximadamente, $3.000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, sendo obtidos os sinais de fluorescência inicial (F_0), fluorescência máxima (F_m), eficiência fotoquímica máxima do fotossistema II (F_v/F_m) e taxa máxima de transporte de elétrons (ETR).

Os parâmetros fisiológicos, teores de clorofila *a* e clorofila *b* e carotenoides, foram analisados no Laboratório de Fisiologia Vegetal, pertencente ao Departamento de Biologia (UFMS). Para essas análises, a quarta folha expandida de três plantas por tratamento foram coletadas e imediatamente congeladas em nitrogênio líquido e, posteriormente, armazenadas em freezer à $-80 \text{ }^\circ\text{C}$ até o momento da quantificação.

Na quantificação dos pigmentos fotossintéticos, as concentrações de clorofila *a*, clorofila *b* e carotenoides foram determinadas seguindo a metodologia descrita por Hiscox e Israelstam (1979). Amostras frescas de folhas (0,05 g) foram incubadas a $65 \text{ }^\circ\text{C}$ com dimetilsulfóxido (DMSO) por duas horas. As absorbâncias da solução foram medidas em espectrofotômetro (SF325NM) (Bel Engenneering, Itália) a 663, 645 e 470 nm para clorofila *a*, clorofila *b* e carotenoides, respectivamente, e estimadas pela equação de Lichtenthaler (1987).

Os dados foram verificados quanto às pressuposições de normalidade da distribuição dos erros e homogeneidade de variâncias, respectivamente, pelos testes de Shapiro-Wilk e Bartlett, aqueles que não apresentaram normalidade e/ou homogeneidade de variância foram transformados por Box-Cox (EQUIPE ESTATCAMP, 2014). Posteriormente, a análise de variância, e quando constatada diferença entre os tratamentos pelo teste F, realizou-se o desdobramento das interações, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de

probabilidade de erro. Para as análises utilizou-se o software estatístico Sisvar (FERREIRA, 2014).

Além disso, foi realizada a análise de correlação de Pearson (r) a 5% de significância entre as variáveis morfológicas e fisiológicas no suplemento “Action”. Após, a correlação foi classificada quantitativamente quanto à intensidade como: $r = 0$ (não há correlação); $0 < r < 0,3$ (fraca); $0,3 \leq r < 0,6$ (regular); $0,6 \leq r < 0,9$ (forte); $0,9 \leq r < 1$ (fortemente); e $r = 1$ (perfeita) (CALLEGARI-JACQUES, 2003).

4.3 RESULTADOS

Constatou-se que, para variáveis físicas (Tabela 7), os valores da densidade úmida foram crescentes 389,55 a 424,32 kg m^{-3} (S2 e S3) à medida que aumentou a proporção de casca de arroz carbonizada (20 e 40%). A densidade seca foi superior para o substrato S1 (comercial) e inferior no S4, sendo o inverso para o espaço de aeração. A porosidade total teve maiores valores para os substratos S3 e S2 (90,57 e 88,73%, respectivamente), sendo menor no substrato comercial (S1). No entanto, para a água facilmente disponível o maior valor observado foi no S1 e o menor no S3.

Para as características químicas (Tabela 7), os valores de pH observados ficaram na faixa adequada (5,5-6,5), sendo que o valor mais alto foi no S4 e o menor valor, no S2. Na condutividade elétrica, a maior média (0,51 mS cm^{-1}) foi observada no substrato comercial (S1), e o menor valor com o acréscimo de 60% de CAC (Tabela 7).

Tabela 7 – Valores médios de densidade úmida (DU), densidade seca (DS), porosidade total (PT), espaço de aeração (EA), água facilmente disponível (AFD), água tamponante, água remanescente (AR), pH e condutividade elétrica (CE) de substrato comercial em combinações com casca de arroz carbonizada utilizados na produção de mudas de *Myrocarpus frondosus*, em viveiro, Santa Maria, RS

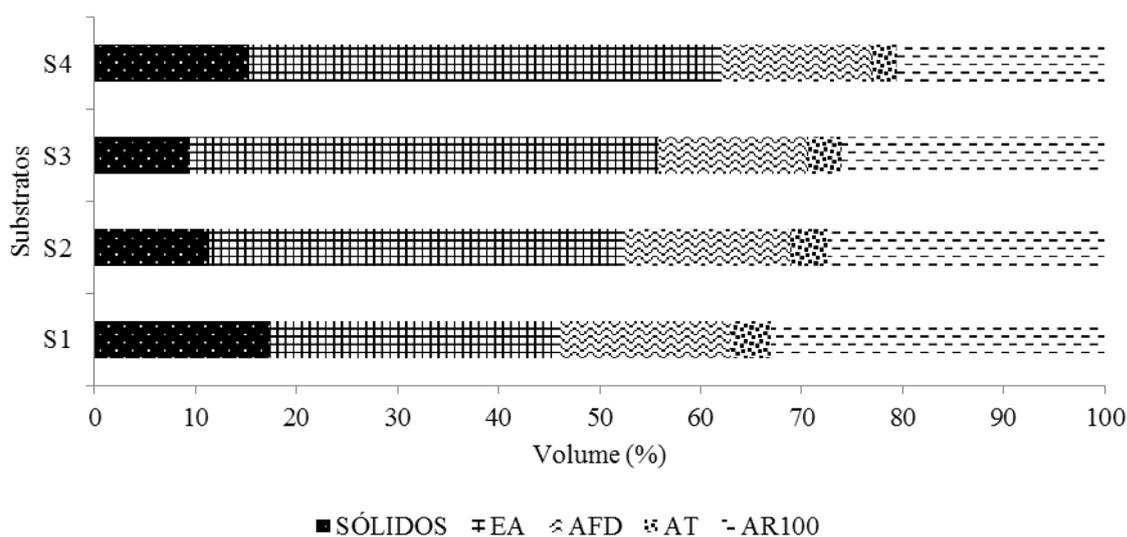
Substratos	DU	DS	PT	EA	AFD	AT	AR	pH	CE
	kg m^{-3}						%		mS cm^{-1}
S1	356,04	171,59	82,74	28,54	17,24	3,90	33,05	5,81	0,51
S2	389,55	169,94	88,73	40,96	16,56	3,76	27,45	5,76	0,41
S3	424,32	156,46	90,57	46,48	14,53	3,43	26,13	5,89	0,36
S4	295,96	156,44	84,67	46,58	15,04	2,59	20,47	5,96	0,28

Sendo: S1-100% Substrato comercial (SC); S2-80% SC e 20% de Casca de arroz carbonizada (CAC); S3-60% SC e 40% de CAC; S4-40% SC e 60% CAC.

Fonte: A autora (2018).

No volume de sólidos, ar e água (Figura 7), observa-se que os substratos com maior proporção de CAC apresentaram maior EA. Nas misturas com menor proporção de CAC predominam os microporos (alta retenção hídrica a mais de 50 hPa), enquanto que com o aumento da CAC há mais macroporos (maior drenagem a baixas tensões).

Figura 7 – Volume de sólidos, ar e água de substratos com diferentes proporções de mistura de substrato comercial e casca de arroz carbonizada utilizadas na produção de mudas de *Myrocarpus frondosus*. S1-100% Substrato comercial (SC); S2-80% SC e 20% de Casca de arroz carbonizada (CAC); S3-60% SC e 40% de CAC; S4-40% SC e 60% CAC; EA – espaço de aeração; AFD – água facilmente disponível e AT – água tamponante; AR100 – água remanescente a 100 cm



Fonte: A autora (2018).

A emergência dos diásporos de *Myrocarpus frondosus* ocorreu no 25º dia após a semeadura e encerrou no 40º dia, com interação ($p < 0,05$) (Apêndice D) entre os fatores testados (substrato x adubação). Na Tabela 8, observa-se que a maior emergência foi verificada no substrato S4 (40% SC + 60% CAC) com FPL. Porém, a emergência mais uniforme ocorreu na adubação com FLC.

Tabela 8 – Emergência (%) de *Myrocarpus frondosus*, produzidas em diferentes substratos e adubações, aos 30 dias após semeio em viveiro, Santa Maria, RS

Substrato	Adubação			
	SA	FLC	FPL	FPLF
S1	88,54 Aa*	81,25 Aa	68,75 Bb	67,71 Bb
S2	59,38 Ab	67,71 Aa	68,75 Ab	77,08 Aa
S3	57,29 Bb	75,00 Aa	73,96 Ab	61,46 Bb
S4	80,21 Aa	77,08 Aa	89,58 Aa	88,54 Aa
Média geral			73,89	
CV (%)			14,85	

*Médias não seguidas pela mesma letra maiúscula (linha) e minúscula (coluna) diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Sendo: S1-100% Substrato comercial (SC); S2-80% SC e 20% de Casca de arroz carbonizada (CAC); S3-60% SC e 40% de CAC; S4-40% SC e 60% CAC. SA-testemunha (sem adubação); FLC-fertilizante de liberação controlada; FPL-Fertilizante de pronta liberação (Sulfato de amônio, Superfosfato simples e Cloreto de potássio); FPLF- Fertilizante de pronta liberação e fertilizante do tipo “Fritas”. CV: Coeficiente de variação.

Fonte: A autora (2018).

A análise de variância revelou interação ($p < 0,05$) entre os fatores (substrato x adubação) para as variáveis morfológicas da altura (H), área foliar (AF), matéria seca aérea (MSA), matéria seca radicular (MSR), matéria seca total (MST), comprimento radicular (CR) e índice de qualidade de Dickson (IQD) (Apêndice D), e para as variáveis fisiológicas: fluorescência inicial (F_o), relação F_v/F_m , clorofila *a*, clorofila *b* e carotenoides. Para as variáveis morfológicas referentes ao diâmetro do coleto (DC) e relação H/DC, houve efeito significativo ($p < 0,05$) sobre os fatores isolados e para o atributo morfológico fluorescência máxima (F_m) também. Porém, não houve efeito significativo ($p < 0,05$) para taxa de transporte de elétrons (ETR) (Apêndice E).

Para os atributos H, MSA, MSR, MST e IQD as maiores médias foram observadas no tratamento S4 (40% SC e 60% de CAC) e adubação com FLC (fertilizante de liberação controlada) (Tabela 9). No entanto, para o atributo AF os maiores valores foram nos substratos S3 e S4, e para o CR nos substratos S2 e S4. Para ambos os atributos as maiores médias foram com o uso do fertilizante de liberação controlada.

Para a fluorescência inicial (F_o) houve diferença nos substratos S1 e S3, na adubação com FPLF, com menor valor no substrato S1 na adubação com FLC (Tabela 10). A eficiência fotoquímica do fotossistema II (F_v/F_m) apresentou maior média no S3 (0,72) na adubação com FLC e a menor média no substrato S3 com FPL.

Tabela 9 – Efeito de diferentes substratos e adubações na altura, área foliar, matéria seca aérea, comprimento radicular, matéria seca radicular, matéria seca total e índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de *Myrocarpus frondosus*, aos 300 dias em viveiro, Santa Maria, RS

Atributos	Substrato	Adubação			
		SA	FLC	FPL	FPLF
Altura (cm)	S1	4,15 Ca*	13,07 Ac	5,75 Ba	5,68 Ba
	S2	3,92 Ca	13,29 Ac	6,25 Ba	5,42 Ba
	S3	3,56 Ca	16,42 Ab	5,81 Ba	6,39 Ba
	S4	4,50 Ca	17,87 Aa	6,87 Ba	6,58 Ba
Média geral		7,85			
CV (%)		10,74			
Área Foliar (cm ²)	S1	5,17 Cb	110,03 Ab	14,96 Bb	18,11 Ba
	S2	5,89 Cb	105,51 Ab	23,34 Bb	18,47 Ba
	S3	6,55 Cb	164,17 Aa	24,54 Bb	26,42 Ba
	S4	11,47 Ca	196,60 Aa	52,85 Ba	34,89 Ba
Média geral		51,18			
CV (%)		12,11			
Matéria seca aérea (g)	S1	0,067 Cb	1,511 Ab	0,184 Ba	0,973 Aa
	S2	0,069 Cb	1,514 Ab	0,284 Ba	0,168 Bb
	S3	0,071 Cb	1,996 Ab	0,272 Ba	0,257 Bb
	S4	0,109 Ca	2,864 Aa	0,516 Ba	0,358 Bb
Média geral		0,7009			
CV (%)		44,21			
Comprimento Radicular (m)	S1	9,80 Aa	12,80 Ab	10,71 Ab	7,29 Ab
	S2	9,75 Ba	16,51 Aa	9,08 Bb	11,86 Ba
	S3	9,00 Aa	12,96 Ab	8,70 Ab	8,44 Ab
	S4	9,94 Ba	23,40 Aa	18,26 Aa	14,61 Ba
Média geral		12,07			
CV (%)		33,14			
Matéria Seca Radicular (g)	S1	0,0697 Ba	1,2390 Ac	0,1597 Ba	0,1422 Bb
	S2	0,0465 Ba	1,3162 Ac	0,3067 Ba	0,1415 Bb
	S3	0,0710 Ba	1,9702 Ab	0,2765 Ba	0,2027 Bb
	S4	0,0920 Ca	2,5582 Aa	0,4102 Ba	0,4285 Ba
Média geral		12,07			
CV (%)		33,14			
Matéria seca total (g)	S1	0,1372 Ca	2,7500 Ac	0,3437 Ca	1,1157 Ba
	S2	0,1157 Ba	2,8305 Ac	0,5905 Ba	0,3095 Ba
	S3	0,1417 Ba	3,9665 Ab	0,5482 Ba	0,4602 Ba
	S4	0,2015 Ba	5,4222 Aa	0,9267 Ba	0,7862 Ba
Média geral		1,2904			
CV (%)		38,78			
IQD	S1	0,035 Ba*	0,571 Ac	0,079 Ba	0,098 Bb
	S2	0,026 Ca	0,585 Ac	0,147 Ba	0,072 Cb
	S3	0,030 Ba	0,765 Ab	0,144 Ba	0,100 Bb
	S4	0,049 Da	1,047 Aa	0,216 Ba	0,197 Ca
Média geral		0,2605			
CV (%)		25,26			

*Médias não seguidas pela mesma letra maiúscula (linha) e minúscula (coluna) diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Sendo: S1-100% Substrato comercial (SC); S2-80% SC e 20% de Casca de arroz carbonizada (CAC); S3-60% SC e 40% de CAC; S4-40% SC e 60% CAC. SA-testemunha (sem adubação); FLC-fertilizante de liberação controlada; FPL-Fertilizante de pronta liberação (Sulfato de amônio, Superfosfato simples e Cloreto de potássio); FPLF- Fertilizante de pronta liberação e fertilizante do tipo “Fritas”. CV: Coeficiente de variação.

Fonte: A autora (2018).

Com relação ao teor de clorofila *a*, a maior média foi observada no substrato S4, diferindo dos substratos S3 e S2, na adubação com FPL, e o menor teor foi nessa mesma adubação, porém no substrato S2 (Tabela 10). Para clorofila *b*, houve maior média no substrato S3 (0,57 mg g MF⁻¹) na adubação com FPL e a menor média no S2. No entanto, para os carotenoides foi observado comportamento diferente, em que a maior média foi para o substrato S2 na adubação com FPLF e a menor no mesmo substrato, porém com fertilizante de pronta liberação.

Tabela 10 – Efeito de diferentes substratos e adubações na fluorescência inicial, rendimento quântico máximo PSII (F_v/F_m), clorofila *a*, clorofila *b* e carotenoides de mudas de *Myrocarpus frondosus*, aos 300 dias em viveiro, Santa Maria, RS

Atributos	Substrato	Adubação			
		SA	FLC	FPL	FPLF
Fluorescência inicial (F_o)	S1	296,50 Ab	288,5 Ab	523,5 Bb	500,0 Bb
	S2	444,50 Ab	352,5 Ab	277,5 Ac	794,0 Ba
	S3	338,00 Ab	434,0 Aa	810,5 Ba	506,5 Ab
	S4	816,00 Aa	549,5 Aa	730,5 Aa	883,5 Aa
	Média geral	534,1			
CV (%)	21,29				
F_v/F_m	S1	0,30 Ba	0,69 Aa	0,57 Aa	0,44 Ba
	S2	0,39 Ba	0,56 Ab	0,55 Aa	0,22 Bb
	S3	0,55 Aa	0,72 Aa	0,46 Aa	0,57 Aa
	S4	0,41 Aa	0,44 Ab	0,69 Bb	0,51 Aa
	Média geral	0,47			
CV (%)	20,28				
Clorofila <i>a</i> (mg g MF ⁻¹)	S1	0,680 Aa	0,892 Aa	0,974 Aa	0,622 Aa
	S2	0,636 Aa	0,499 Bb	0,435 Bb	0,957 Aa
	S3	0,652 Aa	0,915 Aa	0,653 Ab	0,545 Aa
	S4	0,767 Aa	0,673 Ab	1,005 Aa	0,681 Aa
	Média geral	0,724			
CV (%)	35,08				
Clorofila <i>b</i> (mg g MF ⁻¹)	S1	0,429 Aa	0,585 Aa	0,605 Aa	0,436 Aa
	S2	0,405 Ba	0,304 Ba	0,269 Bb	0,601 Aa
	S3	0,433 Aa	0,554 Aa	0,426 Ab	0,385 Aa
	S4	0,484 Aa	0,412 Aa	0,611 Aa	0,415 Aa
	Média geral	0,4604			
CV (%)	37,92				
Carotenoides (mg g MF ⁻¹)	S1	0,315 Aa	0,416 Aa	0,420 Aa	0,261 Ab
	S2	0,120 Bb	0,239 Ba	0,217 Bb	0,445 Aa
	S3	0,276 Aa	0,373 Aa	0,300 Ab	0,230 Ab
	S4	0,339 Aa	0,320 Aa	0,441 Aa	0,306 Ab
	Média geral	0,314			
CV (%)	33,69				

*Médias não seguidas pela mesma letra maiúscula (linha) e minúscula (coluna) diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Sendo: S1-100% Substrato comercial (SC); S2-80% SC e 20% de Casca de arroz carbonizada (CAC); S3-60% SC e 40% de CAC; S4-40% SC e 60% CAC. SA-testemunha (sem adubação); FLC-fertilizante de liberação controlada; FPL-Fertilizante de pronta liberação (Sulfato de amônio, Superfosfato simples e Cloreto de potássio); FPLF- Fertilizante de pronta liberação e fertilizante do tipo “Fritas”. CV: Coeficiente de variação.

Fonte: A autora (2018).

Para o diâmetro do coleto (DC), a maior média foi observada no S4, diferindo dos demais tratamentos; com relação à adubação, o maior valor foi para a adubação com FLC, também diferindo dos demais tratamentos. Enquanto, a relação H/DC não apresentou efeito significativo ($p < 0,05$) para o substrato, somente para a adubação, sendo que a maior média também foi para a adubação com FLC (Tabela 11). A fluorescência máxima (F_m) apresentou maior média no S3, não diferindo do substrato S4.

Tabela 11 – Médias de diâmetro do coleto (DC), relação H/DC, fluorescência máxima (F_m) e taxa de transporte de elétrons (ETR) de mudas de *Myrocarpus frondosus*, produzidas em diferentes substratos e adubações, aos 300 dias em viveiro, Santa Maria, RS

Substrato	DC (mm)	H/DC	F_m	ETR ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)
S1	2,18 b*	3,24 ^{ns}	915,87 b*	30,69 ^{ns}
S2	2,23 b	3,14	824,75 b	31,37
S3	2,34 b	3,22	1.270,37 a	29,86
S4	2,62 a	3,27	1.257,87 a	38,62
Adubação	DC (mm)	H/DC	F_m	ETR ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)
SA	1,44 c*	2,81 c*	859,25 ^{ns}	29,62 ^{ns}
FLC	3,96 a	3,87 a	1059,50	27,29
FPL	2,06 b	3,03 b	1.110,50	40,60
FPLF	1,92 b	3,17 b	1.239,62	33,03
Média geral	2,34	3,22	1.067,22	32,64
CV (%)	10,69	9,05	32,36	23,61

*Médias não seguidas pela mesma letra maiúscula (linha) e minúscula (coluna) diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Sendo: S1-100% Substrato comercial (SC); S2-80% SC e 20% de Casca de arroz carbonizada (CAC); S3-60% SC e 40% de CAC; S4-40% SC e 60% CAC. SA-testemunha (sem adubação); FLC-fertilizante de liberação controlada; FPL-Fertilizante de pronta liberação (Sulfato de amônio, Superfosfato simples e Cloreto de potássio); FPLF- Fertilizante de pronta liberação e fertilizante do tipo “Fritas”. CV: Coeficiente de variação.

Fonte: A autora (2018).

Os atributos morfológicos apresentaram elevada correlação entre $0,9 \leq r < 1$ entre as variáveis H, DC, H/DC, AF, MSA, MSR, MST (Tabela 6). Para o IQD houve correlação negativa com o CR. No entanto, para atributos fisiológicos ocorreu elevada correlação apenas para F_m e F_o , e para clorofila *b* e clorofila *a*. Além disso, a variável carotenoides apresentou correlação com a clorofila *a* e clorofila *b* (Tabela 12).

Tabela 12 - Matriz de correlação de Pearson (r) dos parâmetros morfológicos e fisiológicos das mudas de *Myrocarpus frondosus* produzidas aos 300 dias em viveiro, Santa Maria, RS

Variável	H	DC	H/DC	AF	MSA	MSR	MST	CR	IQD	F _o	F _m	F _v /F _m	ETR	Chl <i>a</i>	Chl <i>b</i>	Car
H	1															
DC	0,99*	1														
H/DC	0,96*	0,93*	1													
AF	0,99*	0,98*	0,93*	1												
MSA	0,96*	0,95*	0,93*	0,97*	1											
MSR	0,98*	0,97*	0,92*	0,99*	0,97*	1										
MST	0,98*	0,97*	0,93*	0,99*	0,99*	0,99*	1									
CR	0,04 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,11 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	0,07 ^{ns}	-0,03 ^{ns}	0,02 ^{ns}	1								
IQD	0,33 ^{ns}	0,33 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,42 ^{ns}	0,32 ^{ns}	0,42 ^{ns}	0,37 ^{ns}	-0,77*	1							
F _o	-0,22 ^{ns}	-0,20 ^{ns}	-0,21 ^{ns}	-0,17 ^{ns}	-0,22 ^{ns}	-0,19 ^{ns}	-0,21 ^{ns}	-0,41 ^{ns}	0,38 ^{ns}	1						
F _m	0,11 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,06 ^{ns}	-0,22 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,67*	1					
F _v /F _m	0,45 ^{ns}	0,44 ^{ns}	0,46 ^{ns}	0,37 ^{ns}	0,36 ^{ns}	0,39 ^{ns}	0,38 ^{ns}	0,20 ^{ns}	-0,28 ^{ns}	-0,46 ^{ns}	0,32 ^{ns}	1				
ETR	-0,14 ^{ns}	-0,11 ^{ns}	-0,14 ^{ns}	-0,13 ^{ns}	-0,14 ^{ns}	-0,11 ^{ns}	-0,13 ^{ns}	-0,10 ^{ns}	0,04 ^{ns}	-0,008 ^{ns}	-0,00 ^{ns}	0,07 ^{ns}	1			
Chl <i>a</i>	0,10 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,30 ^{ns}	0,006 ^{ns}	0,34 ^{ns}	0,27 ^{ns}	-0,22 ^{ns}	-0,31 ^{ns}	1		
Chl <i>b</i>	0,04 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,006 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,36 ^{ns}	-0,10 ^{ns}	0,32 ^{ns}	0,25 ^{ns}	-0,20 ^{ns}	-0,33 ^{ns}	0,98*	1	
Car	0,21 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,34 ^{ns}	-0,10 ^{ns}	0,33 ^{ns}	0,25 ^{ns}	-0,17 ^{ns}	-0,08 ^{ns}	0,87*	0,86*	1

*significativo a 5%; ns: não significativo; H - altura; DC - Diâmetro do coleto; H/DC - relação altura/diâmetro do coleto; AF - Área Foliar; MSA - Matéria seca aérea; MSR - Matéria seca radicular; MST - Matéria seca total; CR - Comprimento Radicular; IQD - Índice de qualidade de Dickson; F_o - fluorescência inicial; F_m - fluorescência máxima; F_v/F_m - relação F_v/F_m; ETR - taxa de transporte de elétrons; Chl *a* - clorofila *a*; Chl *b* - clorofila *b*; e Car - carotenoides.

Fonte: A autora (2018).

4.4 DISCUSSÃO

Nos substratos utilizados para a produção de mudas de *Myrocarpus frondosus*, a densidade seca (DS) apresentou valores (Tabela 7) abaixo do recomendado por Bunt (1974) (entre 400 e 500 g L⁻¹), sendo hoje ainda considerado como referência. Porém, no mercado atual, existem diferentes recipientes utilizados na produção de plantas, e Kämpf (2005) recomenda utilizar substratos com densidade seca de 100 a 300 g L⁻¹ para bandejas multicelulares, de 200 a 400 g L⁻¹ para vasos de até 15 cm de altura, de 300 a 500 g L⁻¹ para vasos de 20 a 30 cm de altura, e de 500 a 800 g L⁻¹ para vasos maiores de 30 cm de altura.

Quanto mais alta a densidade mais oneroso é o cultivo em recipientes, devido às limitações no crescimento das plantas e dificuldade no seu transporte (KÄMPF, 2005). A DS do substrato é uma característica inversamente relacionada à porosidade. Assim, à medida que a densidade aumenta acima da faixa recomendada, ocorre uma restrição ao crescimento das raízes das plantas (SINGH; SINJU, 1998). Segundo Couto, Wagner Júnior e Quezada (2003) a baixa densidade da casca de arroz carbonizada é importante quando se deseja aumentar a porosidade total do substrato, de modo a permitir melhor aeração do sistema radicular da muda.

Todas as amostras apresentaram altos valores de porosidade total (PT) (Tabela 7). Conforme Lemaire (1995) e Kämpf (2000), a PT de substratos deve estar situada dentro de uma faixa ideal (75% a 90%), na qual geralmente apresenta melhor aeração, disponibilidade de água e capacidade de drenagem. Essa característica física é importante, pois o substrato deve ser poroso, permitindo assim as trocas gasosas, evitando a falta de oxigênio para as raízes (KRATZ et al., 2013b) e disponibilidade de água (relação água:ar).

A maioria dos substratos apresentou espaço de aeração (EA) superior a 30% (Tabela 7), com variação de 28,54 a 46,58%. De Boodt e Verdonck (1972), recomendam que a faixa ideal para o espaço de aeração deve variar de 20% a 30%, a qual foi atendida pelo substrato comercial (S1), enquanto que Regan (2014) indica 10 a 30%. Schimtz, Souza e Kämpf (2002) também citam EA ideal de 30%, no entanto, em todos os substratos com adição de casca de arroz carbonizada esse valor foi superior. A aeração do substrato depende da quantidade e do tamanho das partículas que definem a sua textura (GOMES; PAIVA, 2011). Assim, o elevado EA para os substratos (S2, S3 e S4), pode estar associado à uniformidade e ao tamanho das partículas da casca de arroz carbonizada, favorecendo a formação de macroporos.

A média da água facilmente disponível (AFD) ficou abaixo do recomendado por Schimtz, Souza e Kämpf (2002), que deve ser de 24 a 40%, observando-se que as misturas com CAC diminuíram esse teor (Tabela 7) abaixo do limite, o que indica a necessidade de maior frequência e menor volume por rega. No entanto, os valores não foram limitantes provavelmente porque a espécie não prefere ambiente saturado de água (Tabela 7).

Com relação às características químicas, o pH ficou na faixa adequada (Tabela 7) para todos os substratos. Conforme Gonçalves e Poggiani (1996), para as espécies florestais, o intervalo adequado de pH está entre 5,5 e 6,5, e para Martínez (2002), a faixa considerada ótima é de 5,0 a 6,5, as espécies nativas preferem pH mais ácido. No entanto, ainda são necessários estudos sobre valores adequados para as espécies nativas.

Na condutividade elétrica a maior média ($0,51 \text{ mS cm}^{-1}$) foi para o substrato comercial (S1), diminuindo com o acréscimo de CAC (Tabela 7). Segundo Kämpf (2005) a CE é um parâmetro que informa a salinidade do substrato, sendo que os valores ideais variam entre espécies, cultivares e clones. Conforme a mesma autora, em geral, para as espécies florestais, a CE deve estar entre $1,5$ a $3,0 \text{ mS cm}^{-1}$. Os resultados encontrados para esse substrato estão abaixo dessa faixa, entretanto valores inferiores são menos prejudiciais em comparação a CE muito elevada, destacando-se que sob as adubações com FLC, FPL e FPLF, houve o aumento da CE, favorecendo o crescimento, pois nos substratos comerciais normalmente não é adicionada adubação, de forma a possibilitar aos viveiristas maior autonomia no uso para o crescimento das plantas.

A emergência dos diásporos de *Myrocarpus frondosus* foi elevada (89,6%) no substrato S4 (40% SC + 60% CAC) com fertilizante de pronta liberação (FPL) e no mesmo substrato com fertilizante de pronta liberação + fritas (FPLF) e na testemunha (Tabela 8), tendo início no 25º dia após a semeadura. Conforme Lorenzi (2002), seu potencial germinativo é elevado (75%) com início entre 10 e 15 dias após a semeadura. No entanto, Backes e Irgang (2002) descreveram que emergência abundante (50 e 80%) ocorre entre 10-60 dias após o semeio, e o plantio definitivo pode ser realizado nove meses após a germinação.

Para a maioria dos atributos morfológicos e fisiológicos das mudas de *Myrocarpus frondosus* (H, DC, AF, CR, MSA, MSPR, MST e IQD), as maiores médias foram observadas com o substrato S4 (40% SC + 60% CAC) e na adubação com fertilizante de liberação controlada (FLC) (Tabela 9). O substrato com maior espaço de aeração e baixa água facilmente disponível foi responsável pela melhor emergência e crescimento, fato esse que

pode ser explicado pela ocorrência natural da espécie associada a cursos d'água. Nesses locais, geralmente os solos são mais arenosos, permitindo maior drenagem.

A casca de arroz carbonizada possui características físicas e químicas desejáveis, como baixa densidade e salinidade, pH levemente alcalino, elevada porosidade caracterizada por alto espaço de aeração e baixa retenção de água além de manutenção da estrutura no decorrer do cultivo (FERMINO; BELLÉ, 2000; KÄMPF, 2005). Além disso, o uso de CAC como componente de substrato para mudas de espécies florestais permite menor custo nas regiões com cultivo de arroz. Entretanto, são necessárias pesquisas para avaliar a proporção ideal para cada espécie, tendo em vista que respostas diferentes são obtidas (GASPARIN et al., 2014).

Em estudo no viveiro com mudas de *Cabralea canjerana*, Gasparin et al. (2014) recomendaram a produção de mudas com substrato composto com 60% de turfa e 40% de casca de arroz carbonizada, tendo em vista o crescimento e a economia que representa no viveiro. Vallone et al. (2004) para mudas de *Coffea arabica* L. observaram que o uso de 60 a 70% de CAC em substituição ao substrato comercial propiciou melhor desenvolvimento das mudas na fase de viveiro.

Com relação à adubação com FLC, resultados sobre a utilização na produção de mudas em viveiro para a família Fabaceae já foram descritos, como no estudo de Moraes Neto et al. (2003). No referido estudo testaram diferentes doses de fertilizantes em mudas de *Peltophorum dubium*, sendo possível observar que os tratamentos com adubação de liberação controlada proporcionaram mudas de boa qualidade. Brondani et al. (2008), testando diferentes doses de FLC no crescimento inicial de mudas de *Anadenanthera colubrina*, observaram que as doses influenciaram a altura, número de folhas, diâmetro do coleto e matéria seca das mudas, obtendo resultados com doses inferiores ($1,53 \text{ g L}^{-1}$), entretanto, produzidas durante o período de inverno. Gasparin et al. (2015) recomendaram 9 g L^{-1} (18-05-09) de substrato para produção de mudas de *Parapiptadenia rigida*.

Os tratamentos SA (sem adubação), FPL e FPLF (fertilizantes de pronta liberação), apresentaram menores médias para todas as variáveis morfológicas e algumas fisiológicas, fato esse que pode estar associado à lixiviação dos nutrientes. Sgarbi et al. (1999), estudando *Eucalyptus urophylla*, verificaram que o uso do fertilizante de liberação controlada proporcionou maior crescimento das mudas em relação à adubação convencional. O suprimento insuficiente de nutrientes, ou de algum elemento essencial pode resultar em distúrbios metabólicos na planta, diagnosticados por sintomas de deficiência (TAIZ; ZEIGER,

2009), limitando seu crescimento e desenvolvimento. Conforme Rose, Hasse e Arellano (2004) o FLC pode ser utilizado em inúmeras espécies nos viveiros e no local do plantio.

Os fertilizantes de liberação controlada podem ter influência principalmente ao reduzir a perda de nitrogênio (N) do substrato por lixiviação. Em estudo realizado por Engelsjord, Fostad e Singh (1997), a perda de nitrogênio por lixiviação foi cerca de 20 vezes maior com a utilização de FPL, quando comparada ao uso de fertilizantes de liberação controlada. A distribuição gradativa é uma alternativa para aumentar a eficiência da fertilização, principalmente do N. Conforme Silva, Silva e Simões (2014) para produzir mudas com qualidade, a estratégia mais adequada é o manejo nutricional, procurando reduzir o desperdício de fertilizante.

Para os parâmetros fisiológicos houve um comportamento semelhante com relação à adubação para a clorofila *a* e clorofila *b*. Os maiores teores de Chl *a* e Chl *b* (Tabela 10) nas mudas representam maior eficiência fotossintética, uma vez que altas concentrações desses pigmentos ocasionam taxas fotossintéticas mais elevadas (MARENCO; LOPES, 2007). A maior média para os carotenoides foi no substrato S2 na adubação FPLF (Tabela 10), o que pode ser explicado conforme Taiz e Zeiger (2009), os quais descreveram que além da função de pigmentos acessórios, os carotenoides desempenham um papel essencial na fotoproteção por meio da rápida dissipação dos estados excitados da clorofila via ciclo xantofila. Assim, tendo em vista o baixo crescimento das mudas na referida condição, esse papel pode ter sido exercido.

Os valores encontrados para a razão F_v/F_m (Tabela 10) sugerem condição de estresse fotoquímico, uma vez que todos apresentaram médias abaixo do recomendado por Araújo e Deminiciis (2009), os quais descrevem que, em condições ótimas, essa razão deve estar próximo a 0,8. Ritchie et al. (2010) indicam valores ideais entre 0,7 e 0,8. Prado e Casali (2006) afirmam que valores máximos em plantas não submetidas a estresses ambientais estão em torno de 0,8 e que a razão F_v/F_m tem sido o parâmetro mais utilizado para a detecção da fotoinibição da fotossíntese. Todavia, estudos com mudas de *Cordia trichotoma* (KELLING et al., 2017) e *Ilex paraguariensis* A. St. Hil. (ZAVISTANOVICZ et al., 2017) apontaram valores entre 0,5 e 0,7 considerados adequados no viveiro.

A maioria dos atributos morfológicos foram fortemente correlacionados (CALLEGARI-JACQUES, 2003), principalmente para as variáveis H, DC e relação H/DC, o que são atributos de fácil mensuração e não-destrutivos, os quais podem indicar a sobrevivência das mudas no campo. Além disso, tal correlação confirma que práticas de manejo adequadas no viveiro podem garantir maiores médias de matéria seca total.

Nesse estudo foi possível observar que *Myrocarpus frondosus* se adapta bem em ambientes não saturados que favorecem o seu crescimento e que a casca de arroz carbonizada pode ser utilizada como componente principal para produção de mudas dessa espécie.

4.5 CONCLUSÃO

Na produção de mudas de *Myrocarpus frondosus*, recomenda-se o uso do substrato comercial Carolina Soil® a base de turfa do tipo *Sphagnum* (40%) com casca de arroz carbonizada (60%) associado à dose de 6 g L⁻¹ de fertilizante de liberação controlada (18-05-09).

5 CAPÍTULO III - INTENSIDADES DE SOMBREAMENTO NO CRESCIMENTO DE MUDAS DE *Myrocarpus frondosus* ALLEMÃO NO VIVEIRO

RESUMO

As espécies arbóreas apresentam respostas diferentes em relação a sua capacidade de adaptação e exigência na disponibilidade de luz. Assim, o objetivo desse estudo foi avaliar o crescimento de mudas de *Myrocarpus frondosus* sob diferentes sombreamentos, em viveiro. O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados em esquema fatorial, correspondendo ao tratamento pleno sol (0%) e três intensidades de sombreamento (30, 50 e 70%) e tempos de avaliações (30, 90, 150, 210, 270, 330 e 390 dias após a emergência - d.a.e.). As avaliações dos atributos morfológicos altura (H) e diâmetro do coleto (DC), obtendo-se a relação H/DC foram realizadas a cada 60 dias. Aos 390 d.a.e. foram avaliados os atributos matéria seca aérea (MSA), matéria seca radicular (MSR), matéria seca total (MST), índice de qualidade Dickson (IQD), área foliar (AF), volume radicular (VR) e comprimento radicular (CR), e os teores de pigmentos da clorofila *a*, clorofila *b*, relação clorofila *a/b*, carotenoides, fluorescência inicial (F_o), fluorescência máxima (F_m), rendimento quântico máximo PSII (F_v/F_m) e taxa de transporte de elétrons (ETR). *Myrocarpus frondosus* necessita de sombreamento na fase inicial de seu crescimento, sendo o sombreamento de 50 e 70% uma alternativa adequada para produção das mudas. O crescimento das mudas da espécie é influenciado negativamente quando cultivadas a pleno sol.

Palavras-chave: Fabaceae. Luminosidade. Produção de mudas. Atributos morfológicos e fisiológicos.

CHAPTER III – INTENSITIES OF SHADING ON THE GROWTH OF SEEDLINGS OF *Myrocarpus frondosus* ALLEMÃO IN THE NURSERY

ABSTRACT

Native tree species present different responses regarding their adaptability and the availability of light. Thus, the objective of this study was to evaluate the growth of seedlings of *Myrocarpus frondosus* under different shadings, in nursery. The experimental design was randomized blocks in factorial scheme, corresponding to the full sun treatment (0%) and three shading intensities (30, 50 and 70%) and evaluation times (30, 90, 150, 210, 270, 330 and 390 days after emergence – d.a.e). The evaluations of the morphological attributes height (H) and stem diameter (SD), obtaining the H/SD ratio were performed every 60 days. At 390 d.a.e the following attributes were evaluated: aerial dry mass (ADM), root dry mass (RDM), total dry mass (TDM), Dickson quality index (DQI), leaf area (LA), root volume (RV) and root length (RL), and the pigment contents of chlorophyll *a*, chlorophyll *b*, chlorophyll *a/b* ration, carotenoids, initial fluorescence (IF), maximum fluorescence (Fm), maximum quantum yield PSII (Fv/Fm) and electrons transport rate (ETR). *Myrocarpus frondosus* requires shading in its initial stage of growth, being shadings of 50 and 70% a suitable alternative for seedling production. The growth of the seedlings of the species is negatively influenced when grown in full sun.

Keywords: Fabaceae. Luminosity. Seedling production. Morphological and physiological attributes.

5.1 INTRODUÇÃO

A intensa exploração por recursos naturais, a expansão agrícola e a urbanização, ocasionaram o desmatamento de grandes áreas florestais nativas, reduzindo assim, os recursos e, principalmente, a biodiversidade (FERRAZ; ENGEL, 2011). Em decorrência dessa redução, o interesse em estudos sobre a recuperação e conservação dessas áreas têm aumentado. Este fato tem ocasionado o aumento na demanda de mudas de espécies arbóreas nativas, destinadas à projetos de recuperação de áreas alteradas e plantios comerciais.

Na produção de mudas em viveiro alguns fatores importantes devem ser considerados como a demanda por luz, pois as espécies arbóreas nativas apresentam respostas diferentes à luminosidade. A eficiência de conversão de energia, maior produção de carboidratos e, conseqüentemente, maior crescimento de uma espécie está diretamente ligada a sua capacidade de adaptação a diferentes condições de luminosidade (DOSSEAU et al., 2007; VALLADARES; NIINEMETS, 2008). Além disso, os níveis de sombreamento podem ocasionar modificações fisiológicas, bioquímicas e anatômicas nas espécies (TAIZ; ZEIGER, 2009). Assim, o estudo da luminosidade e sua relação com os atributos morfológicos e

fisiológicos permitem avaliar o potencial das espécies arbóreas em projetos de recuperação de áreas alteradas e plantios comerciais, principalmente para conhecer a plasticidade das espécies em diferentes condições de luminosidade.

Algumas espécies da família Fabaceae demonstraram desempenho satisfatório sob sombreamento, como *Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake (CARON et al., 2010), *Hymenaea courbaril* L. e *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. (LIMA; ZANELLA; CASTRO, 2010), *Hymenaea stigonocarpa* Mart. ex Hayne (COSTA et al., 2011), *Dipteryx alata* Vog (MOTA; SCALON; HEINZ, 2012), *Caesalpinia ferrea* Mart. ex Tul. (LENHARD et al., 2013) e *Copaifera langsdorffii* Desf. (REIS et al., 2016). A partir dessas pesquisas, determina-se que a demanda de luz pode favorecer ou prejudicar o desenvolvimento inicial e a qualidade morfológica e fisiológica das mudas no viveiro.

Desse modo, estudos sobre a adaptação das espécies arbóreas à disponibilidade de luz no seu ambiente de crescimento são importantes, para contribuir com técnicas de plantio e manejo de mudas, como é o caso da *Myrocarpus frondosus* Allemão (cabreúva) da família Fabaceae e com ocorrência natural na Bolívia, Paraguai e Brasil (TROPICOS, 2018). A espécie é decídua, classificada como secundária inicial (VACCARO; LONGHI; BRENA, 1999) a secundária tardia (DURIGAN; NOGUEIRA, 1990). Além disso, Carvalho (2003) descreve como semi-heliófila que tolera sombreamento de média intensidade. A espécie possui madeira muito resistente com alta densidade (870 a 1.002 kg m⁻³), além do seu uso para fins ecológicos, paisagísticos e medicinal, podendo ser indicada na reconstituição de ecossistemas alterados e mata ciliar, indústria de perfumarias e tinturas (BACKES; IRGANG, 2002; CARVALHO, 2003; SANTI et al., 2017).

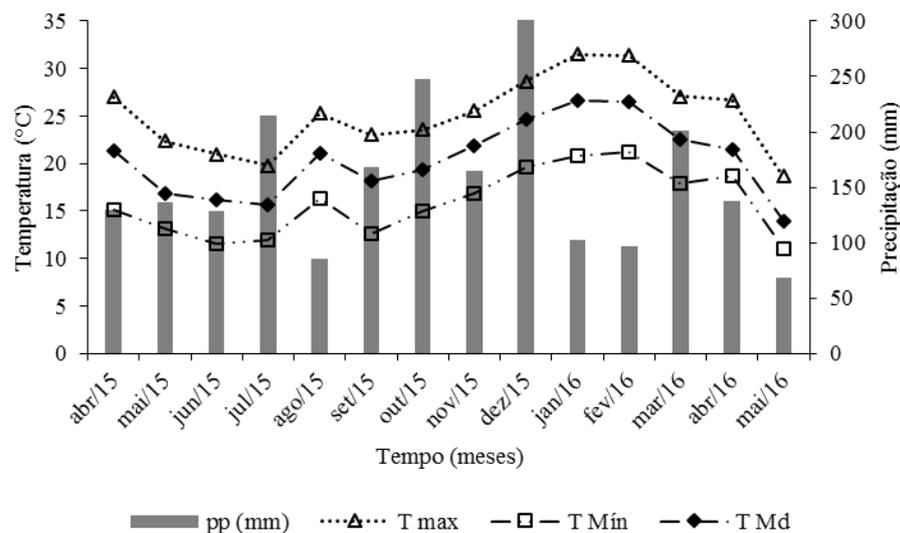
O crescimento das espécies arbóreas nativas têm apresentado respostas diversas, principalmente com relação a adaptação das plantas às condições luminosas do ambiente. Além disso, a utilização de espécies nativas em programas de recuperação e conservação de áreas requer informações sobre a demanda de luminosidade para o sucesso no estabelecimentos das mudas no campo. Nesse sentido, busca-se responder as seguintes questões: a) o sombreamento é capaz de interferir no crescimento de mudas de *Myrocarpus frondosus* no viveiro? b) o crescimento das mudas de *Myrocarpus frondosus* em diferentes níveis de sombreamento 0, 18, 50 e 70% podem interferir na qualidade morfológica e fisiológica das mudas?

5.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em abril de 2015 e conduzido até maio de 2016 no Viveiro Florestal (29° 43' 13'' S e 53° 43' 17'' O) do Departamento de Ciências Florestais, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), no município de Santa Maria, RS. Conforme a classificação de Köppen, o clima da região é subtropical, do tipo “Cfa”, com temperatura média do mês mais frio -3 °C e do mês mais quente superior a 22 °C e precipitação média anual de 1.620 mm (ALVARES et al., 2013). A altitude do local é de 95 m (MORENO, 1961).

Os dados meteorológicos de precipitação, temperatura média, máxima e mínima registradas no município de Santa Maria durante a condução do experimento foram obtidos na Estação Meteorológica de Santa Maria, localizada no Campus da UFSM (Figura 8).

Figura 8 – Precipitação (pp), temperatura máxima (T Max), temperatura mínima (T Mín) e temperatura média mensal (T Md) registradas no município de Santa Maria, RS, durante a condução do experimento no viveiro



Fonte: BDMET/INMET (2018).

Os frutos de *Myrocarpus frondosus* foram coletados em fragmentos florestais em Nova Palma, RS (29°28'25,09'' S e 53°17'50,8'' O) de 12 árvores matrizes com o auxílio de podão, em dezembro de 2014. Após a coleta, os frutos foram levados para o Viveiro Florestal e armazenados em sala seca e fria (18 °C e 49% umidade relativa).

Os recipientes utilizados foram tubetes cônicos de polipropileno com volume de 180 cm³ (50,72 cm de diâmetro superior; 13,5 cm de altura e oito frisos internos), sendo

acondicionados em bandejas com 54 células. Para a produção das mudas foi utilizado substrato comercial Carolina Soil® (a base de turfa do tipo *Sphagnum*, vermiculita expandida, calcário dolomítico e gesso agrícola) e adubação de base com 8 g L⁻¹ de fertilizante de liberação controlada, Osmocote® Mini Prill, na formulação de 18-05-09 (N-P₂O₅-K₂O), conforme as especificações técnicas do fabricante, quando colocado em substrato úmido, a uma temperatura média de 21 °C, a liberação de todos os nutrientes ocorre entre seis a oito meses.

O semeio foi realizado em março de 2015 utilizando dois diásporos em cada recipiente. Após a semeadura, as bandejas foram dispostas em casa de vegetação onde permaneceram por 30 dias até a emergência, após foi realizado o raleio e alternagem e as bandejas foram levadas para área de crescimento. O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados, com cinco blocos, em esquema fatorial 4x7 (sombreamento x tempo). As intensidades de sombreamento foram 30, 50, 70% e 0% (pleno sol) e as avaliações foram realizadas aos 30, 90, 150, 210, 270, 330 e 390 dias após a emergência (d.a.e.). Para o sombreamento foram utilizadas telas de sombreamento de nylon, dispostas sobre estruturas de cano de PVC, formando campânulas de sombreamento (Figura 9).

Figura 9 – Área de crescimento de mudas de *Myrocarpus frondosus* a pleno sol (0%) e com diferentes intensidades de sombreamento (30, 50 e 70%), Santa Maria, RS



Fonte: A autora (2018).

Após sete meses foi iniciada a adubação de cobertura conforme recomendação de Gonçalves et al. (2005) com solução preparada a partir da dissolução de 200 g de sulfato de amônio e 150 g de cloreto de potássio em 100 L de água. A aplicação foi realizada a cada dez dias até o final do experimento, intercalando-se em cada aplicação a presença e a ausência do cloreto de potássio na solução, sendo aplicada com regador, nas primeiras horas da manhã.

Os atributos morfológicos altura (H) e diâmetro do coleto (DC) foram avaliados aos 30, 90, 150, 210, 270, 330 e 390 d.a.e., obtendo-se a relação H/DC. A altura foi medida com régua (cm) e o diâmetro do coleto com paquímetro digital (mm), considerando-se oito plantas centrais em cada tratamento, em cinco blocos. Aos 390 d.a.e. foram realizadas as avaliações destrutivas em quatro mudas por bloco de cada tratamento para obtenção da área foliar (AF), volume de raiz (VR), comprimento radicular (CR), matéria seca aérea (MSA), matéria seca radicular (MSR), matéria seca total (MST) e Índice de Qualidade de Dickson (IQD) (DICKSON; LEAF; HOSNER, 1960).

A parte aérea foi separada e as raízes foram lavadas em água corrente com auxílio de peneira. Para a determinação da área foliar e do comprimento radicular as folhas e as raízes foram distribuídas sobre papel branco A4, prensadas por vidro transparente e fotografadas, com câmera digital com zoom de 1.4, apoiada em uma estrutura com altura fixa de 0,18 m. Após as imagens foram processadas no programa Image J[®], obtendo-se a área foliar e o comprimento radicular. O volume de raízes foi obtido colocando-se as mesmas em proveta graduada, contendo volume conhecido de água e, pela diferença, obteve-se a sua resposta direta. Após, as amostras da parte aérea e radicular foram colocadas em embalagens de papel pardo e identificadas, levadas para estufa com circulação de ar forçado a 65 °C até peso constante e pesadas em balança analítica para determinação da matéria seca.

Além dos atributos morfológicos também foram avaliados os fisiológicos fluorescência da clorofila *a* e pigmentos fotossintéticos. Para determinação dos pigmentos fotossintéticos clorofila *a*, clorofila *b* e carotenoides coletou-se a quarta folha expandida de cinco plantas por tratamento que foram congeladas em nitrogênio líquido e, posteriormente armazenadas em ultra freezer à -80 °C, até o momento da quantificação no Laboratório de Fisiologia Vegetal, do Departamento de Biologia da UFSM. Conforme metodologia de Hiscox e Israelstam (1979), as amostras frescas de folhas (0,05 g) foram incubadas a 65 °C com dimetilsulfóxido (DMSO) por duas horas e, após foi realizada a leitura das absorvâncias em espectrofotômetro (Celm E-205D), nos comprimentos de onda 663, 645 e 470 nm, para clorofila *a*, clorofila *b* e carotenoides, respectivamente, após as médias foram estimadas utilizando a fórmula de Lichtenthaler (1987).

A fluorescência da clorofila *a* foi realizada em cinco plantas por tratamento, utilizando fluorômetro portátil de luz modulada Junior-Pam (Walz, Germany). A medição foi realizada entre 7h30min e 10h30min, em dias ensolarados, usando as folhas expandidas localizadas no terço médio das plantas. As folhas foram adaptadas ao escuro por 30 minutos, para medição da fluorescência inicial (F_o), fluorescência máxima (F_m), rendimento quântico máximo PSII (F_v/F_m) que foi obtido por meio da razão da fluorescência variável ($F_v = F_m - F_o$) e taxa de transporte de elétrons (ETR).

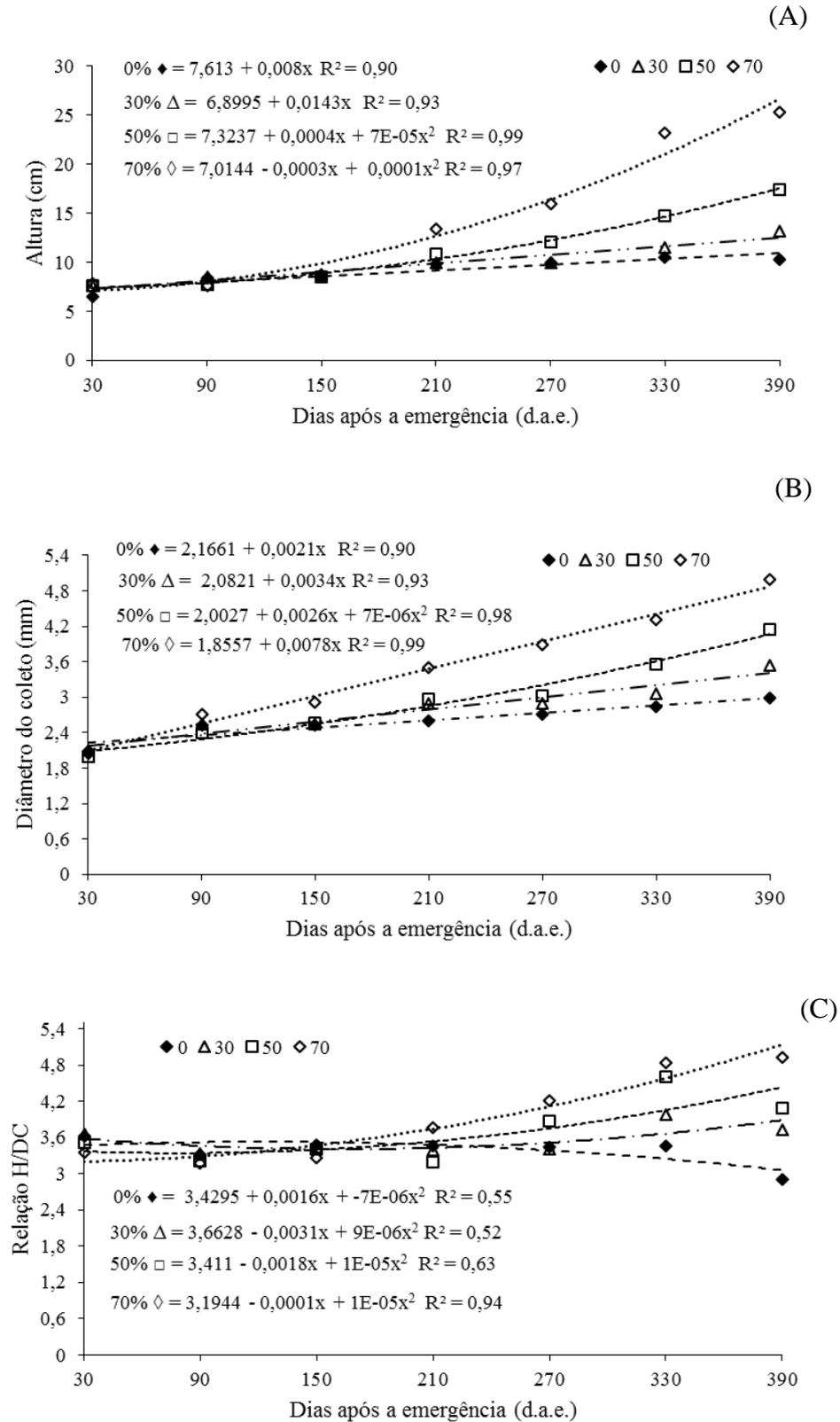
Os dados foram avaliados quanto os pressupostos de normalidade dos resíduos e homogeneidade de variância, pelos testes de Shapiro-Wilk e de Bartlett, respectivamente, com o auxílio do suplemento *Action* (EQUIPE ESTATCAMP, 2014). Quando observada diferença significativa entre os tratamentos pelo teste F, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey e/ou regressão polinomial ($p < 0,05$). Na análise estatística dos dados foi utilizado o pacote estatístico Sisvar v. 5.3 (FERREIRA, 2014).

5.3 RESULTADOS

As mudas de *Myrocarpus frondosus* apresentaram diferenças no crescimento em relação ao sombreamento. Houve interação ($p < 0,05$) entre os fatores (sombreamento x tempo) para os atributos altura (H), diâmetro do coleto (DC) e relação H/DC (Apêndice F). Para H o crescimento foi linear crescente nos tratamentos 0% (pleno sol) e 30% de sombreamento e crescente quadrático com 50 e 70% de sombreamento (Figura 10A). Para o DC apenas o sombreamento com 50% apresentou crescimento quadrático crescente, nos demais tratamentos o crescimento foi linear crescente. Tanto para H quanto para o DC as maiores médias foram observadas no sombreamento com 70% e as menores a pleno sol (Figura 10B).

Para a relação H/DC os sombreamentos com 30, 50 e 70% apresentaram crescimento quadrático crescente e decrescente para o tratamento pleno sol (Figura 10C).

Figura 10 - Altura (A), diâmetro do coleto (B) e relação H/DC (C) de mudas de *Myrocarpus frondosus* em função de diferentes sombreamentos e tempos de avaliação, em viveiro, Santa Maria, RS



Houve efeito significativo do sombreamento ($p < 0,05$) (Apêndice G) para matéria seca aérea (MSA), matéria seca radicular (MSR), matéria seca total (MST), índice de qualidade de Dickson (IQD), volume radicular (VR), área foliar (AF) e comprimento radicular (CR) (Tabela 13). Para os atributos MSA, MSR, MST, IQD, VR, AF as maiores médias foram observadas com 70% de sombreamento e as menores a pleno sol (Tabela 13). Para o CR a maior média também foi com 70% de sombreamento, porém não diferindo do sombreamento com 50%.

Tabela 13 – Matéria seca aérea (MSA), matéria seca radicular (MSR), matéria seca total (MST), índice de qualidade de Dickson (IQD), volume radicular (VR), área foliar (AF) e comprimento radicular (CR), aos 390 dias após a emergência de mudas de *Myrocarpus frondosus* em viveiro, Santa Maria, RS

Níveis de sombreamento (%)	MSA (g)	MSR (g)	MST (g)	IQD	VR (ml)	AF (cm ²)	CR (m)
0	0,2564 c*	0,3049 c	0,5612 c	0,15 c	1,0 c	7,255 c	3,929 c
30	0,3418 c	0,3296 c	0,6714 c	0,14 c	1,1 c	20,015 b	6,390 b
50	0,6171 b	0,5914 b	1,2085 b	0,24 b	2,3 b	45,552 b	7,451 ab
70	1,6170 a	1,0611 a	2,6781 a	0,41 a	3,5 a	171,772 a	13,505 a
Média geral	0,7218	0,5848	1,3067	0,24	2,0	61,149	7,819
CV (%)	16,94	27,61	16,64	19,17	23,45	13,70	13,95

*Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. CV: Coeficiente de variação.

Fonte: A autora (2018).

Para clorofila *a* as maiores médias foram observadas com sombreamento de 70%, não diferindo do sombreamento com 50%, a menor média foi no pleno sol. A clorofila *b* apresentou maior média também no sombreamento com 70% e a menor no pleno sol (Tabela 14). Para a relação clorofila *a/b* a maior média foi observada com 0% (pleno sol), mas não diferindo do sombreamento com 30 e 50%. Os carotenoides foram encontrados em maior quantidade no sombreamento com 70% não diferindo dos tratamentos com 30 e 50%.

Tabela 14 – Clorofila *a*, clorofila *b*, relação clorofila *a*/clorofila *b* e carotenoides, aos 390 dias após a emergência de mudas de *Myrocarpus frondosus*, em viveiro, Santa Maria, RS

Níveis de sombreamento (%)	Clorofila <i>a</i> (mg g MF ⁻¹)	Clorofila <i>b</i> (mg g MF ⁻¹)	Relação clorofila <i>a/b</i>	Carotenoides (mg g MF ⁻¹)
0	0,7294 c*	0,1635 b	4,6773 a	0,2662 b
30	1,0387 bc	0,2509 b	4,2377 a	0,3431 ab
50	1,3871 ab	0,3767 b	3,8315 a	0,4115 ab
70	1,7157 a	0,8338 a	2,1618 b	0,4856 a
Média geral	1,2178	0,4062	3,7271	0,3766
CV (%)	17,16	36,71	15,03	17,30

*Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. CV: Coeficiente de variação.

Fonte: A autora (2018).

Para a fluorescência inicial (F_o), fluorescência máxima (F_m), rendimento quântico máximo PSII (F_v/F_m) e taxa de transporte de elétrons (ETR) também houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre os sombreamentos (Apêndice H). A F_o apresentou maior média com 70% de sombreamento, não diferindo dos demais tratamentos. A F_m apresentou desempenho semelhante, com a maior média com 70% de sombreamento, diferindo apenas do sombreamento com 30% (Tabela 15). O rendimento quântico máximo PSII (F_v/F_m) foi maior com 70% de sombreamento, diferindo dos demais tratamentos, sendo a menor média observada no pleno sol. Para o ETR a maior média foi observada com 50% de sombreamento, não diferindo dos tratamentos com 30 e 70% de sombreamento (Tabela 15).

Tabela 15 – Fluorescência inicial (F_o), fluorescência máxima (F_m), rendimento quântico máximo PSII (F_v/F_m) e taxa de transporte de elétrons (ETR) de mudas de *Myrocarpus frondosus* em diferentes sombreamentos, aos 390 dias após a emergência, em viveiro, Santa Maria, RS

Níveis de sombreamento (%)	F_o	F_m	F_v/F_m	ETR ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)
0	149,20 ab*	118,80 ab	0,37 b	113,35 b
30	137,60 a	64,80 b	0,41 b	198,87 ab
50	142,20 ab	76,20 ab	0,43 b	227,95 a
70	155,00 a	136,60 a	0,60 a	206,76 ab
Média geral	146,00	99,10	0,45	186,73
CV (%)	6,49	46,79	19,98	25,50

*Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. CV: Coeficiente de variação. Fonte: A autora (2018).

5.4 DISCUSSÃO

No viveiro as intensidades de sombreamento influenciaram a maioria dos atributos morfológicos e fisiológicos das mudas de *Myrcarpus frondosus*. A altura e o diâmetro do coleto no sombreamento com 70% foram superiores, indicando que essa condição foi adequada para o crescimento das mudas da espécie (Figura 10). Além disso, o tratamento a pleno sol foi limitante para o crescimento. Resultados semelhantes foram encontrados para *Copaifera langsdorffii* Desf. com sombreamento de 70% (DUTRA; MASSAD; SANTANA, 2012) e para *Cupania vernalis* Cambess. com sombreamento de 50% ou 70% (LIMA JUNIOR et al., 2005).

Conforme Mota, Scalon e Heinz (2012) o crescimento em altura ocorre em resposta ao maior investimento no alongamento celular, sendo bastante comum em plantas sombreadas, pela capacidade dessas espécies em se adaptar e ser uma estratégia para escapar do sombreamento. Por outro lado, nas mudas de cabreúva no pleno sol pode ter ocorrido elevação da temperatura nas folhas, pois conforme Kozlowski, Kramer e Pallardy (1991) isso intensifica a taxa respiratória, reduzindo a fixação de carbono, o que pode ser observado nos atributos morfológicos MSA, MSR e MST (Tabela 13).

As médias da relação H/DC indicam que não ocorreu estiolamento das mudas de cabreúva, fato esse que é comum quando algumas espécies florestais são submetidas ao sombreamento, apresentando maior crescimento em H e menor investimento em DC como estratégia de busca de luz. Para as mudas de cabreúva o maior investimento no crescimento em altura, não comprometeu a alocação de carbono para o aumento do DC e outras variáveis como comprimento radicular e matéria seca radicular (Tabela 13). O valor recomendado para relação H/DC para espécies florestais é menor que 10 (BIRCHLER et al., 1998). No plantio a campo é importante observar essa relação, pois mudas que apresentam maior H/DC muitas vezes ficam estioladas e quando levadas a campo são suscetíveis a tombamento e danos provocados pelo vento, seca e geada (HAASE, 2008). Observou-se para mudas de cabreúva que essa média foi de 4,93 aos 390 d.a.e. com 70% de sombreamento.

Os atributos morfológicos MSA, MSR, MST, IQD, VR e AF (Tabela 13) foram superiores com 70% de sombreamento e inferiores no pleno sol. Lima, Zanella e Castro (2010) e Carvalho et al. (2006) também observaram decréscimo na produção de matéria seca em plantas cultivadas em pleno sol. Portela, Silva e Piña-Rodrigues (2001) descreveram que para mudas de *Clitoria fairchildiana* R. A. Howard. e *Peltophorum dubium*, também houve

influência do sombreamento para H, CR e MSR. O comprimento radicular também foi maior com 50 e 70% de sombreamento (Tabela 13) o que é importante na qualidade das mudas, pois conforme Claussen (1996) as plantas com sistema radicular bem desenvolvido apresentam maior capacidade de sobrevivência e crescimento no campo sob condições adversas, do que aquelas com menor CR. Além disso, a condição de 70% de sombreamento também foi favorável no maior acúmulo de matéria seca, resultando em plantas mais vigorosas. Em ambientes com baixa intensidade luminosa, as plantas tendem a alocar mais biomassa nas folhas que nas raízes (VALLADARES; NIINEMETS, 2008; POORTER et al., 2012).

A área foliar está associada aos teores de clorofila e carotenoides que também apresentaram maiores valores sob 70% e 50% de sombreamento (Tabela 14). Lima, Zanella e Castro (2010), encontraram maiores médias de clorofila *a* nas folhas de *Hymenaea courbaril* com 50 e 70% de sombreamento em relação a 30% e a pleno sol, além disso as médias de clorofila *b* diminuíram nas plantas a pleno sol, o que ocasionou maior relação clorofila *a/b*, e também foi observado para as mudas de cabreúva. Resultados semelhantes também foram observados para *Cupania vernalis* (LIMA JUNIOR et al., 2005).

A área foliar no pleno sol apresentou médias inferiores com relação aos demais tratamentos, o que é descrito por Larcher (2000) como estratégia para diminuir a taxa transpiratória, em função da menor superfície de evaporação. Para o sombreamento com 70% as médias foram maiores, esse fato é explicado pela capacidade que as plantas tem em expandir o limbo foliar para aumentar a captação de luz. O aumento da área foliar com o sombreamento é uma das adaptações que permite as plantas investirem em crescimento da superfície foliar (LENHARD et al., 2013). Conforme Siebeneichlen et al. (2008) há uma tendência dos valores de área foliar serem maiores em ambientes mais sombreados do que a pleno sol, o que ocorreu nesse estudo.

Os resultados dos pigmentos revelam que as plantas desenvolvem diferentes estratégias, no sentido de aumentar a sua eficiência no aproveitamento da radiação difusa sob sombreamento e sua proteção contra a foto-oxidação, em ambientes com maior luminosidade. Assim, é importante conhecer como as plantas respondem e se adaptam em condições estressantes como a disponibilidade de luz (VALLADARES; NIINEMETS, 2008; NIINEMETS, 2010).

Para a fluorescência inicial (F_0) as médias foram próximas nos tratamentos, no entanto os menores valores são ideais, pois o aumento é um indicativo de que o aparato fotoquímico está danificado (ZLATEV; YORDANOV, 2004; PRADO; CASALI, 2006). A fluorescência máxima (F_m) foi maior no sombreamento com 70 e 50%. Os menores valores de F_m , podem

ser relacionados com a redução da quinona A, associada a inativação do PSII nas membranas dos tilacóides, comprometendo o fluxo de elétrons entre os fotossistemas (PRADO; CASALI, 2006), fato não detectado no presente estudo (Tabela 15).

Para o rendimento quântico máximo PSII (F_v/F_m), a maior média foi com 70% de sombreamento (0,60). Conforme Bolhàr-Nordenkampf et al. (1989), esse valor é de 0,75 a 0,85, quando não há nenhum tipo de estresse para as plantas. Os valores inferiores a 0,75 indicam redução do potencial fotossintético da planta (MAXWELL; JOHNSON, 2000). No entanto, pode-se verificar que apesar desse valor estar abaixo do indicado na literatura, as plantas de cabreúva com 70 % de sombreamento apresentaram eficiência de captura ou de uso da luz, o que pode ser comprovado por meio dos demais atributos morfológicos avaliados, já que na condição de maior estresse (pleno sol) essa relação foi inferior, indicando a ocorrência de danos no fotossistema II.

A taxa de transporte de elétrons (ETR) foi mais eficiente nos sombreamentos de 50 e 70% e menos eficiente no pleno sol, esse decréscimo no valor do ETR representa redução na atividade do fotossistema II. A exposição a altas irradiâncias pode ser prejudicial para algumas plantas, pois estas podem absorver mais fótons de luz do que conseguem utilizar, podendo resultar na fotoinibição (DEMMIG-ADAMS; ADAMS, 2006). Assim, a susceptibilidade à fotoinibição e a capacidade das folhas se adaptarem ao aumento da luminosidade desempenham um papel importante na produção de energia, crescimento e competição fotossintética entre as plantas de locais mais sombreados como o sub-bosque (TOBITA et al., 2010). Por outro lado, quando sombreadas, o microclima mais ameno garante menor temperatura foliar e menor taxa transpiratória, assim pode ocorrer maior alocação de carbono para aumentar a superfície foliar, garantindo a captação de luz em condições de menor disponibilidade (GONÇALVES et al., 2010).

A condição de 50 e 70% de sombreamento promoveu alterações nos atributos morfofisiológicos nas mudas de cabreúva, demonstrando que a espécie é adaptada a ambientes sombreados, sendo esta a condição ideal para o seu crescimento e desenvolvimento no viveiro. Assim, o controle da luminosidade com telas de sombreamento permite a produção de mudas com qualidade, garantido maior sobrevivência e crescimento inicial no campo.

Além disso, recomenda-se o uso da espécie em sistemas agroflorestais (SAF's), plantios de enriquecimento de sub-bosque como em capoeiras e em consórcio com outras espécies e como espécie secundária em recuperação de áreas alteradas.

5.5 CONCLUSÃO

Myrocarpus frondosus é uma espécie que necessita de sombreamento na fase inicial de seu crescimento, sendo o sombreamento de 50 e 70% uma alternativa adequada para produção das mudas no viveiro. O crescimento e desenvolvimento das mudas podem ser reduzidos quando essas são expostas a pleno sol.

6 CAPÍTULO IV - QUAL A INTENSIDADE DE SOMBREAMENTO CAPAZ DE POTENCIALIZAR O CRESCIMENTO DE MUDAS DE *Myrocarpus frondosus* ALLEMÃO NO CAMPO?

RESUMO

A luminosidade é um fator ambiental importante no estabelecimento da vegetação, sendo imprescindível o conhecimento do comportamento das espécies em resposta a demanda de luz para sobrevivência e crescimento no campo. Assim, o presente estudo teve como objetivo avaliar a sobrevivência e o crescimento inicial de mudas de *Myrocarpus frondosus* sob diferentes níveis de sombreamento no campo. Os tratamentos utilizados foram: 0% (pleno sol); 18%; 50% e 70% de sombreamento em delineamento blocos ao acaso. A sobrevivência das mudas foi avaliada aos 30 e 540 dias após o plantio (d.a.p.) e os atributos morfológicos altura (H), diâmetro do coleto (DC) e relação H/DC a cada 90 dias. Aos 540 d.a.p. obteve-se a área foliar, matéria seca foliar, matéria seca de caule e ramos e a matéria seca da parte aérea. As análises dos atributos fisiológicos fluorescência da clorofila *a* e os pigmentos fotossintéticos foram realizadas aos 180, 360 e 540 d.a.p. A utilização de sombreamento no plantio de mudas de *Myrocarpus frondosus* influencia a sobrevivência e os atributos morfológicos e fisiológicos da espécie. Os atributos morfológicos e fisiológicos das plantas de *Myrocarpus frondosus* evidenciam que a espécie necessita de sombreamento de 50 a 70% na sua fase inicial de crescimento no campo (540 d.a.p.). Recomenda-se o uso da espécie em plantios de enriquecimento de sub-bosque e em consórcio com outras espécies mais exigentes em luminosidade.

Palavras-chave: Espécie arbórea. Fabaceae. Cabreúva. Luminosidade. Plantio a campo.

CHAPTER IV – WHAT SHADING INTENSITY IS ABLE TO POTENTIATE THE GROWTH OF SEEDLINGS OF *Myrocarpus frondosus* ALLEMÃO IN THE FIELD?

ABSTRACT

The luminosity is an important environmental factor in the establishment of the vegetation, being essential the knowledge of the behavior of the species in response to light demand for survival and growth in the field. Thus, the present study aimed to evaluate the survival and initial growth of *Myrocarpus frondosus* seedlings under different levels of shade in the field. The treatments used were: 0% (full sun); 18%; 50% and 70% shading in a randomized block design. The survival of the seedlings was evaluated at 30 and 540 days after planting (d.a.p.) and the morphological attributes height (H), collection diameter (DC) and H / DC ratio every 90 days. At 540 d.a.p. was obtained leaf area, leaf dry matter, dry matter of stem and branches and dry matter of shoot. The analyzes of the physiological attributes fluorescence of chlorophyll a and photosynthetic pigments were performed at 180, 360 and 540 d.a.p. The use of shading in the planting of *Myrocarpus frondosus* influences the survival and the morphological and physiological attributes of the species. The morphological and physiological attributes of *Myrocarpus frondosus* plants show that the species requires shading of 50 to 70% in its initial growth phase in the field (540 d.a.p.). It is recommended to use the species in sub-forest enrichment plantations and in consortium with other species more demanding in light.

Keywords: Tree species. Fabaceae. Cabreúva. Luminosity. Field planting.

6.1 INTRODUÇÃO

A mudança na legislação florestal Lei nº 12.651 (BRASIL, 2012), a fiscalização dos órgãos ambientais e a conscientização da população ocasionaram um aumento na demanda de mudas de espécies arbóreas nativas destinadas para programas de restauração e recuperação de áreas alteradas e para fins comerciais. Um fator importante para o sucesso em programas de restauração florestal é a utilização de mudas de qualidade de espécies adaptadas as condições edafoclimáticas. Além disso, na escolha da espécie é necessário o conhecimento do comportamento em resposta a fatores ambientais, como a demanda de luz (SABBI; ÂNGELO; BOEGER, 2010). Em ecossistemas naturais a disponibilidade de luz apresenta variações no tempo e espaço, sendo muito importante para o estabelecimento e crescimento das plantas (WALTER, 2008).

As espécies arbóreas apresentam respostas diferentes com relação a luminosidade, sendo muitas destas estratégias ligadas ao seu grupo sucessional (BEGON; TOWNSEND;

HARPER, 2007). A característica do grupo ecológico é responsável pela capacidade de adaptação dessas plantas que colonizam não somente ambientes abertos como clareiras, mas também locais sombreados do sub-bosque (SOUZA et al., 2005; ROZENDAAL; HURTADO; POOTER, 2006). A habilidade de algumas espécies em se manter no sub-bosque das florestas está associada à capacidade de tolerar baixos níveis de sombreamento (WALTERS; REICH, 1999).

Dependendo da condição de luminosidade que as plantas são expostas, podem ocorrer mudanças na morfologia foliar para melhorar a eficiência da captação de luz (LARCHER, 2000; MARTINS et al., 2015) e isso ser suficiente para dar continuidade ao crescimento da planta. Conforme Souza et al. (2009) a capacidade de utilizar e se adaptar a diferentes luminosidades é fundamental para a distribuição das espécies na regeneração de clareiras. No entanto, pouco se conhece sobre as respostas morfológicas e fisiológicas das espécies arbóreas em diferentes condições de luz, observando-se que algumas potencializam seu crescimento em pleno sol ou na sombra.

Nesse sentido, várias espécies com potencial de uso em programas de florestamento e reflorestamento necessitam de pesquisas sobre seu desenvolvimento em diferentes níveis de sombreamento no campo, pois a maioria dos estudos foram desenvolvidos apenas na fase de viveiro, ou seja, na fase em que as plantas são menos susceptíveis a injúrias causadas por fatores ambientais. Como é o caso da espécie *Myrocarpus frondosus* Allemão (Cabreúva), que não possui informações sobre o desenvolvimento inicial de mudas em relação à demanda de luz no campo. A espécie pertence à família Fabaceae, sendo dispersa nas principais formações florestais, exceto no cerrado (LORENZI, 2002). Destaca-se entre as espécies nativas de maior produção comercial de madeira, por ser muito resistente, pela alta densidade e durabilidade, além de ser utilizada na reconstituição de ecossistemas alterados, reposição de mata ciliar, arborização urbana, na indústria de perfumarias, tinturas e medicamentos (BACKES; IRGANG, 2002; CARVALHO, 2003; SANTI et al., 2017).

A cabreúva apresenta diferentes classificações quanto ao seu grupo sucessional como secundária inicial (VACCARO; LONGHI; BRENA, 1999) a secundária tardia (DURIGAN; NOGUEIRA, 1990) e semi-heliófila que tolera sombreamento de média intensidade (CARVALHO, 2003).

Essa divergência na classificação quanto ao grupo sucessional pode ocasionar problemas na sobrevivência e crescimento inicial da espécie, havendo a necessidade de pesquisas que avaliem o comportamento em diferentes sombreamentos, para viabilizar o seu uso

em plantios. Assim, esse estudo teve como objetivo avaliar a sobrevivência e o crescimento inicial de mudas de *Myrocarpus frondosus* no campo, sob diferentes níveis de sombreamento.

6.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi implantado em outubro de 2015 em área próxima ao Viveiro Florestal (29° 43' 13'' S e 53° 43' 17'' O) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), município de Santa Maria, RS. Conforme a classificação de Köppen, o clima da região é subtropical, do tipo “Cfa”, com chuvas bem distribuídas durante todos os meses do ano, apresentando precipitação média anual de 1.620 mm e temperatura média do mês mais frio -3 °C e do mês mais quente superior a 22 °C (ALVARES et al., 2013). A altitude do local é de 95 m (MORENO, 1961).

A principal classe de solo da região pertence à Unidade de Mapeamento Santa Maria, denominado de Argissolo, com relevo suavemente ondulado a ondulado (STRECK et al., 2008). Inicialmente foi realizada a coleta de amostras de solo nas profundidades de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm, para caracterização da área, sendo enviadas para o Laboratório de Análise de Solos da UFSM.

De forma geral, a análise do solo indicou pH muito baixo a médio (5,0 a 5,5), correspondendo a um solo ácido, teor de matéria orgânica (MO) baixo (0,9 a 1,2%), nível de fósforo considerado de muito baixo a médio (2,2 a 8,4 mg.dm⁻³), potássio alto (64 a 72 mg.dm⁻³), magnésio alto (1,5 a 2,0 cmolc.dm⁻³), cálcio de médio a alto (4,0 a 5,9 cmolc.dm⁻³), índice SMP variando de 5,9 a 6,5 e CTC pH7 média (10,4 a 10,5 cmolc.dm⁻³) (CQFS-RS/SC, 2004) (Tabela 16). Apesar do valor baixo de pH (CQFS-RS/SC, 2004) a calagem não foi realizada, tendo em vista que os teores estavam dentro dos previstos para espécies florestais.

Tabela 16 - Atributos do solo no qual foi realizado o plantio das mudas de *Myrocarpus frondosus* sob diferentes intensidades de sombreamento, no campo, Santa Maria, RS*

pH água 1:1	MO (%)	Índice SMP	Textura	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC pH7	P Mehlich 1	K
5,3	1,1	6,3	3	5,2	1,8	0,5	3,3	10,5	4,5	69,3

*Valores representam a média de três repetições. MO = matéria orgânica; Ca = cálcio; Mg = magnésio; Al = alumínio; H+Al = acidez potencial; CTC = capacidade de troca catiônica; P = fósforo; K = potássio.

Fonte: A autora (2018).

6.2.1 Tratamentos, preparo da área e plantio das mudas

O experimento foi conduzido no delineamento em blocos ao acaso, sob esquema fatorial (4x7) sombreamento x tempo, com quatro repetições em cada tratamento. Cada unidade amostral foi representada por seis mudas em espaçamento de 1,0 m x 1,0 m, totalizando 120 plantas. Os níveis do fator sombreamento foram (0% - pleno sol, 18, 50 e 70%) e os níveis no fator tempo foram diferentes avaliações para atributos morfológicos aos 0, 90, 180, 270, 360, 450 e 540 d.a.p., para sobrevivência aos 30 e 540 d.a.p. e atributos fisiológicos aos 180, 360 e 540 d.a.p.

Nos tratamentos com sombreamento foram utilizadas malhas de nylon, dispostas sobre arcos de metal recobertos por canos plásticos com estrutura sustentada por palanques e tramas de madeira. Cada armação foi dimensionada em 2,5 m x 2,5 m na base e 2,20 m de altura em área aberta para não comprometer os tratamentos.

As mudas de *Myrocarpus frondosus* utilizadas no plantio foram produzidas em recipientes de 180 cm³ com substrato Carolina Soil[®] a base de turfa de *Sphagnum* e fertilizante de liberação controlada, Osmocote[®], 18-05-09 (N-P₂O₅-K₂O) na dose de 6 g L⁻¹, no Viveiro Florestal da UFSM, essas foram selecionadas no lote e apresentavam altura média de 20,9 cm e diâmetro do coleto de 4,4 mm. Essas mudas foram produzidas com 50% de sombreamento e rustificadas antes de serem levadas a campo.

Previamente foi realizada a roçada da vegetação herbácea. A abertura das covas para o plantio foi realizada com o auxílio de um perfurador de solo, acoplado a um trator, nas dimensões de 0,3 m de diâmetro x 0,3 m de profundidade (0,02 m³) (Figura 11A e B), após as covas foram preenchidas com o solo.

Na adubação de base foi utilizado oito litros de esterco bovino curtido por planta, conforme recomendação de Nave et al. (2009), esse foi incorporado ao solo na cova. O esterco foi coletado no setor de bovinocultura de leite da UFSM e apresentou os seguintes atributos químicos: nitrogênio = 1,03%; fósforo = 0,38%; potássio = 1,01%; cálcio = 0,72%; magnésio = 0,30%; pH em H₂O = 9,3% e carbono orgânico (17,7%), utilizando o método de análises conforme Tedesco et al. (1995). Após o plantio, as mudas foram irrigadas (Figura 11D), para a acomodação do solo no seu entorno. A irrigação das mudas durante os três primeiros meses foi realizada a cada três dias com regadores, com cerca de 2 L de água por planta, na ausência de precipitação, após esse período não houve mais necessidade de irrigações, devido a precipitação ter sido suficientemente distribuída para manter o solo úmido (Figura 11).

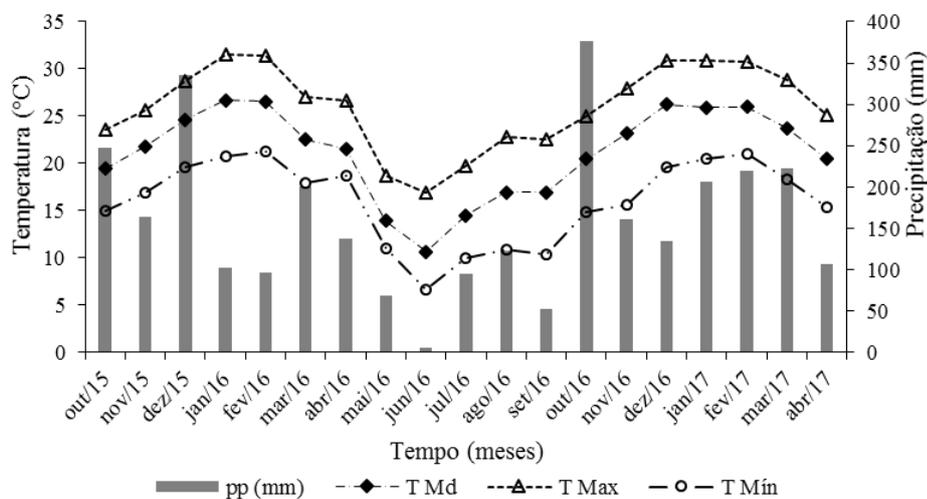
Figura 11 - Detalhes do plantio a campo de *Myrocarpus frondosus*: A - abertura das covas com auxílio de um perfurador de solo; B - covas para plantio; C - plantio e D - irrigação das mudas após o plantio, Santa Maria, RS



Fonte: A autora (2018).

Os dados meteorológicos de precipitação, temperatura média, máxima e mínima registradas no município de Santa Maria foram obtidos na Estação Meteorológica de Santa Maria, localizada no Campus da UFSM (Figura 12).

Figura 12 – Precipitação (pp), temperatura média (T Md), temperatura máxima (T Max) e temperatura mínima (T Min) registradas no município de Santa Maria, RS, durante a condução do experimento de mudas de *Myrocarpus frondosus* no campo



Fonte: BDMET/INMET (2018).

O controle de formigas cortadeiras foi constantemente realizado, quando necessário aplicando-se formicida granulado (à base de Fipronil e Sulfluramida). O controle da matocompetição, no entorno das mudas, foi realizado com capina manual (coroamento) e entre os blocos com roçada semi-mecanizada (moto-roçadeira costal).

A adubação de cobertura foi realizada aos 180 d.a.p. com oito litros de esterco bovino curtido por planta, sendo o mesmo da adubação de base. Porém, aos 360 d.a.p., não foi possível obter esse esterco no local, assim foi realizada adubação química com fertilizante de liberação controlada Polyblen® (N-P-K 18-08-18 + enxofre e boro), com cerca de 130 gramas por muda.

6.2.2 Avaliação da sobrevivência e atributos morfológicos

A sobrevivência das mudas foi avaliada aos 30 e 540 d.a.p. e aos 0, 90, 180, 270, 360, 450 e 540 d.a.p. foram realizadas as medições dos atributos morfológicos altura (H) com régua milimetrada (cm) e diâmetro do coleto (DC) com paquímetro digital de precisão (mm). A partir dessas variáveis foi possível obter a relação H/DC.

Além disso, aos 540 d.a.p. foram obtidos os atributos da área foliar (AF), matéria seca das folhas (MSF), matéria seca de caule e ramos (MSCR) e matéria seca da parte aérea (MSPA). As coletas foram feitas considerando a H e o DC médios de cada repetição, amostrando uma planta de cada. Os caules das plantas foram cortados na altura do coleto, com o auxílio de serrote e as folhas foram separadas da haste principal e ramos e utilizadas para a determinação da AF.

Para AF foram coletadas aleatoriamente 30 folhas das plantas, essas foram distribuídas sobre papel branco A4 com escala milimétrica, prensadas por vidro transparente e fotografadas com câmera digital com zoom de 1,4. As imagens foram processadas com auxílio do software Image J. Após o material foi acondicionado em sacos de papel Kraft e levado para estufa com circulação de ar a 65 °C até peso constante e, posteriormente pesadas em balança analítica (0,001g), para determinação da MSF, MSCR e MSPA. A AF foi obtida conforme adaptações da metodologia descrita por Coelho Filho et al. (2012), utilizando a seguinte fórmula:

$$AF = \frac{(MSTF * AF30F)}{MS30F}$$

Em que: AF= área foliar; MSTF= matéria seca de todas as folhas; AF30F= área foliar de 30 folhas; e MS30F= matéria seca de 30 folhas.

6.2.3 Avaliação dos atributos fisiológicos

As análises fisiológicas fluorescência da clorofila *a* e quantificação dos pigmentos fotossintéticos foram realizadas aos 180, 360 e 540 d.a.p. no campo. A quantificação dos pigmentos fotossintéticos clorofila *a* (Chl *a*), clorofila *b* (Chl *b*), relação chl*a*/chl*b* e carotenoides foi realizada no Laboratório de Fisiologia Vegetal, do Departamento de Biologia da UFSM. Coletou-se a quarta folha expandida de três plantas por tratamento que foram congeladas em nitrogênio líquido e, posteriormente, armazenadas em ultra freezer à -80 °C, até o momento da quantificação.

A quantificação dos pigmentos fotossintéticos foi realizada conforme metodologia de Hiscox e Israelstam (1979), onde amostras frescas de folhas (0,05 g) foram incubadas a 65 °C com dimetilsulfóxido (DMSO) por duas horas, após foi realizada a leitura das absorbâncias em espectrofotômetro (Celm E-205D), nos comprimentos de onda 663, 645 e 470 nm, para Chl *a*, Chl *b* e carotenoides, respectivamente. Após as médias foram estimadas utilizando a fórmula de Lichtenthaler (1987).

A fluorescência da clorofila *a* foi avaliada em cinco plantas por tratamento, utilizando fluorômetro portátil de luz modulada Junior-Pam (Walz, Germany). A medição foi realizada em dias ensolarados (entre 7h30min e 10h30min), no terço médio da planta nas folhas expandidas representativas de cada tratamento. As folhas foram adaptadas ao escuro por 30 minutos com papel alumínio, para medição da fluorescência inicial (F_o) e, posteriormente submetidas a pulso de luz saturante ($10.000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) por 0,6 s, determinando-se assim a fluorescência máxima (F_m). O rendimento quântico máximo PSII (F_v/F_m) foi obtido por meio da razão da fluorescência variável ($F_v = F_m - F_o$) e a fluorescência máxima. Além disso, foi obtida a taxa de transporte de elétrons (ETR).

Os dados foram avaliados quanto os pressupostos de normalidade dos resíduos, pelo teste Shapiro-Wilk e homogeneidade de variância, pelo teste de Bartlett com o auxílio do suplemento *Action* (EQUIPE ESTATCAMP, 2014). Quando observada diferença significativa entre os tratamentos pelo teste F, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey e/ou regressão polinomial, ao nível de 5% de probabilidade de erro. Na análise estatística dos dados foi utilizado o pacote estatístico Sisvar v. 5.3 (FERREIRA, 2014).

6.4 RESULTADOS

A taxa de sobrevivência das mudas de *Myrocarpus frondosus* no campo, aos 30 dias após o plantio (d.a.p.) foi de 100% nos tratamentos com 18, 50 e 70% de sombreamento, diferindo do tratamento a pleno sol (97% de sobrevivência). Aos 540 d.a.p. a sobrevivência foi menor nos tratamentos a pleno sol (75% de sobrevivência), diferindo do sombreamento com 18 e 50% (92% de sobrevivência) e do sombreamento com 70%, que apresentou maior sobrevivência (96%) (Tabela 17).

Tabela 17 – Taxa de sobrevivência de mudas de *Myrocarpus frondosus*, aos 30 e 540 dias após o plantio no campo, em função de diferentes níveis de sombreamento, Santa Maria, RS

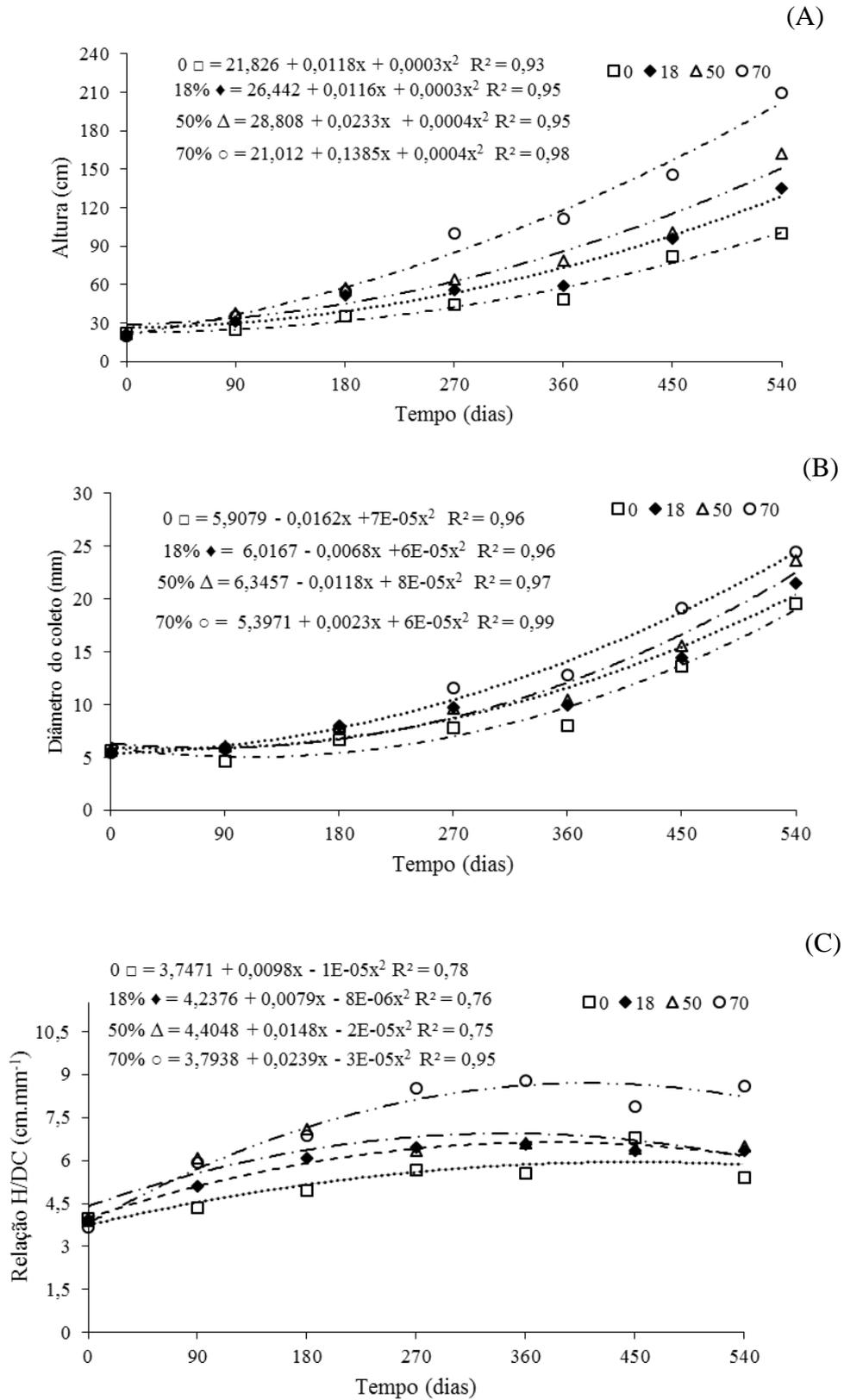
Níveis de sombreamento (%)	Sobrevivência dias após o plantio (%)	
	30	540
0	97 b*	75 c
18	100 a	92 b
50	100 a	92 b
70	100 a	96 a
Média geral	99,25	88,7
CV (%)	0,88	33,46

*Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. CV: Coeficiente de variação.

Fonte: A autora (2018).

Houve interação ($p < 0,05$) para os atributos altura (H), diâmetro do coleto (DC) e relação H/DC (Figura 13) (Apêndice I). Para H o crescimento foi quadrático crescente em todos os níveis de sombreamento (Figura 13A), com as maiores médias observadas sob 70% e as menores no pleno sol. Aos 540 d.a.p. a média de altura foi de 209,7 cm com 70% de sombreamento, enquanto no pleno sol a média foi de 100,1 cm. Para DC também foi observado crescimento quadrático crescente, em que as maiores médias foram observadas com 70% de sombreamento e as menores no pleno sol (Figura 13B). Aos 540 d.a.p. as médias foram 24,4 mm no sombreamento com 70% e 19,6 mm no pleno sol. Para a relação H/DC o crescimento foi quadrático decrescente em todos os sombreamentos (Figura 13C). As maiores médias foram observadas com 70% de sombreamento e as menores a pleno sol.

Figura 13 - Crescimento em altura (A), diâmetro do coleto (B) e relação H/DC (C) de mudas de *Myrcarpus frondosus*, em diferentes intensidades de sombreamento e tempos de avaliação, no campo, Santa Maria, RS



Fonte: A autora (2018).

Para os atributos área foliar (AF), matéria seca das folhas (MSF), matéria seca de caule e ramos (MSCR) e matéria seca da parte aérea (MSPA) houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre os sombreamentos (Apêndice J). A maior AF foi observada com 70% de sombreamento, não diferindo dos sombreamentos com 18 e 50%, a menor média foi no pleno sol, diferindo dos demais sombreamentos (Tabela 18). A MSF, MSCR e a MSPA apresentaram comportamento semelhantes nos diferentes sombreamentos, as maiores médias foram encontradas no sombreamento com 70%, não diferindo do tratamento com 50% e as menores médias foram observadas no tratamento a pleno sol (Tabela 18).

Tabela 18 – Área foliar (AF), matéria seca das folhas (MSF), matéria seca de caule e ramos (MSCR) e matéria seca da parte aérea (MSPA) de plantas de *Myrocarpus frondosus*, aos 540 dias após o plantio no campo, Santa Maria, RS

Níveis de Sombreamento (%)	AF (m ²)	MSF (g)	MSCR (g)	MSPA (g)
0	1,310 b*	115,018 b	244,500 b	359,518 b
18	3,178 a	192,360 b	340,667 b	533,027 b
50	2,915 a	257,214 a	466,833 a	724,047 a
70	4,368 a	354,668 a	648,500 a	1.003,169 a
Média geral	2,94	229,815	425,125	654,940
CV (%)	26,04	5,96	5,20	4,77

*Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. CV: Coeficiente de variação.

Fonte: A autora (2018).

Para os atributos clorofila *a*, clorofila *b* e razão clorofila *a/b* não houve interação, apenas efeito significativo ($p < 0,05$) isolado para os fatores (Apêndice L). A taxa de transporte de elétrons (ETR) não apresentou diferença significativa para o sombreamento ($p = 0,9944$) apenas para o tempo aos 360 d.a.p. (Tabela 19). A clorofila *a* foi maior com 50 e 70% de sombreamentos, diferindo dos demais tratamentos e a menor média foi no pleno sol (Tabela 19). No tempo, as maiores médias foram observadas aos 180 e 360 d.a.p. Para clorofila *b* a maior média foi observada com 70% de sombreamento e nas avaliações aos 180 e 360 d.a.p. A razão clorofila *a/b* também apresentou a mesma tendência no tempo, porém as maiores médias foram observadas com 50 e 70% de sombreamento. Para os carotenoides não houve diferença significativa para o sombreamento ($p = 0,0988$), apenas para os tempos de avaliação, sendo que a maior média foi observada aos 540 d.a.p. (Tabela 19).

Tabela 19 – Taxa de transporte de elétrons (ETR), clorofila *a*, clorofila *b*, razão clorofila *a*/clorofila *b* e carotenoides de mudas de *Myrocarpus frondosus* em diferentes sombreamentos e tempos de avaliação no campo, Santa Maria, RS

Níveis de sombreamento (%)	Taxa de Transporte de Elétrons – ETR ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	Clorofila <i>a</i> (mg g MF ⁻¹)	Clorofila <i>b</i> (mg g MF ⁻¹)	Razão clorofila <i>a/b</i>	Carotenoides (mg g MF ⁻¹)
0	139,353 ^{ns}	1,357 b	0,411 b	3,181 b	0,436 ^{ns}
18	139,799	1,402 b	0,417 b	3,272 b	0,444
50	133,466	1,530 a	0,506 b	3,672 a	0,480
70	135,864	1,550 a	0,615 a	3,921 a	0,474
Tempo (dias)					
180	77,242 b*	1,569 a	0,583 a	3,892 a	0,446 b
360	265,598 a	1,556 a	0,530 a	3,765 a	0,444 b
540	68,521 b	1,253 b	0,348 b	2,878 b	0,486 a
Média geral	137,120	1,459	0,487	3,511	0,459
CV (%)	2,77	12,17	29,15	15,57	10,83

*Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. ^{ns} = não significativo e CV: Coeficiente de variação.

Fonte: A autora (2018).

Houve interação ($p < 0,05$) entre os fatores sombreamento x tempo para a fluorescência inicial (F_o), fluorescência máxima (F_m) e rendimento quântico máximo PSII (F_v/F_m). Para F_o houve apenas diferença no sombreamento com 50% e 70% aos 540 d.a.p. Com relação aos tempos de avaliação as maiores médias foram observadas aos 540 d.a.p. para pleno sol, 50 e 70% de sombreamento, não diferindo do 18% aos 180 d.a.p. (Tabela 20). Para F_m as maiores médias foram observadas aos 180 e 540 d.a.p. a pleno sol e com 18% de sombreamento não diferindo dos sombreamentos aos 540 d.a.p. (Tabela 20). A maiores médias de F_v/F_m foram observadas aos 360 d.a.p. em todos os sombreamentos, diferindo apenas no tratamento a pleno sol aos 180 d.a.p.

Tabela 20 – Fluorescência inicial (F_o), fluorescência máxima (F_m) e rendimento quântico máximo PSII (F_v/F_m) de mudas de *Myrocarpus frondosus* no campo em diferentes sombreamentos e tempos, Santa Maria, RS

Atributos	Níveis de sombreamento (%)	Tempo (dias)		
		180	360	540
F_o	0	192,0 Ba*	153,5 Ba	244,2 Ab
	18	226,7 Aa	142,25 Ba	309,5 Ab
	50	240,7 Ba	154,5 Ca	460,0 Aa
	70	177,7 Ba	157,25 Ba	537,3 Aa
Média geral		216,31		
CV (%)		6,76		
F_m	0	533,5 Aa	186,5 Ba	353,2 Ac
	18	544,0 Aa	184,0 Ba	705,0 Ab
	50	591,5 Ba	238,7 Ca	919,0 Aa
	70	561,5 Ba	248,0 Ca	1165,0 Aa
Média geral		519,1		
CV (%)		5,48		
F_v/F_m	0	0,73 Aa	0,71 Aa	0,31 Bb
	18	0,59 Ba	0,78 Aa	0,53 Ba
	50	0,60 Ba	0,76 Aa	0,45 Ca
	70	0,69 Ba	0,78 Aa	0,54 Ba
Média geral		0,62		
CV (%)		15,26		

*Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúsculas na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. CV: Coeficiente de variação.

Fonte: A autora (2018).

6.5 DISCUSSÃO

No estabelecimento inicial a campo das mudas de *Myrocarpus frondosus* é necessário sombreamento para ocorrer maior sobrevivência (Tabela 17). A taxa de sobrevivência inicial observada pode ser considerada alta para espécies nativas, demonstrando adequado estabelecimento das mudas no campo. Resultados semelhantes foram observados em estudos com sombreamento para *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F.Macbr. (AIMI et al., 2017), *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart. (AIMI, 2014) e *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud. (KELLING, 2015).

No entanto, para *Cedrela fissilis* Vell. (SANTOS et al., 2006) e *Schinus terebinthifolius* Raddi (SABBI; ÂNGELO; BOEGER, 2010) a melhor condição de crescimento foi a pleno sol. Nesse sentido, destaca-se o comportamento variado das espécies

florestais arbóreas, quanto as condições de sombreamento, e a necessidade de estudos considerando a luminosidade como um fator de seleção na floresta, durante os estágios sucessionais (FREITAS et al., 2012).

Para os atributos morfológicos H, DC e relação H/DC foram observadas as maiores médias para plantas submetidas a 70% de sombreamento (Figura 14). Aos 540 d.a.p. as mudas apresentaram média de H de 210 cm, o que está de acordo com Lorenzi (2002) que descreve a espécie com crescimento médio de 2,5 m aos dois anos. Além disso, quanto maior a H e o DC melhor será a capacidade de sobrevivência e estabelecimento das mudas em campo (CARNEIRO, 1995; GOMES; PAIVA, 2011).

A maior capacidade de crescimento das plantas em ambientes sombreados é um mecanismo importante da adaptação da espécie para sobreviver nessa condição de menor intensidade luminosa (SIEBENEICHLEN et al., 2008). Entretanto, quando isso ocorre, não necessariamente representa que a muda demanda sombreamento durante o plantio, mas que até determinado ponto responde favoravelmente a tal condição, como observado para as mudas de cabreúva aos 540 d.a.p. A partir disso, outros atributos morfológicos avaliados podem ser utilizados para verificar a qualidade das plantas, o que pode ser comprovado com a área foliar e matéria seca aérea (Tabela 18).

As médias dos atributos morfológicos nos maiores níveis de sombreamento (50 e 70%) demonstraram que as plantas de cabreúva não apresentaram estiolamento, que é uma resposta morfogênica que ocorre pela menor condição de luminosidade durante o crescimento vegetal e inclui o alongamento caulinar ao invés de aumentar a espessura (TAIZ; ZEIGER, 2009). Além disso, essa alteração ocorre principalmente nas espécies arbóreas com pouca tolerância ao sombreamento na floresta, que dessa forma alcançam, com maior rapidez, superar em altura as plantas que as sombreiam (POORTER, 1999).

A AF e a MSA também foram maiores no sombreamento com 50 e 70%, o que pode ser explicado pelo fato da necessidade de aumentar a captação de luz ocasionando folhas com área foliar maior (LARCHER; BOEGER, 2009). Geralmente, o incremento da AF com o sombreamento é uma das maneiras da planta aumentar a superfície fotossintética, assegurando um aproveitamento mais eficiente das menores intensidades luminosas e, compensando as baixas taxas de fotossíntese nas folhas de sombra (JONES; MCLEOD, 1990). No pleno sol foram encontradas as menores médias para AF e MSA (Tabela 18), assim a maior disponibilidade de luz nas folhas reflete no espessamento e menor área foliar, pois a luz não é fator limitante (LARCHER; BOEGER, 2009). Lima, Zanella e Castro (2010) também observaram menor produção de matéria seca nas plantas em pleno sol. O aumento na

espessura da folha em espécies em pleno sol ocorre devido à maior quantidade de células que formam a camada paliçádica, protegendo a folha contra possíveis danos causados pela elevada luminosidade (LARCHER, 2000; TAIZ; ZEIGER, 2009).

Para a clorofila *a* e clorofila *b* as maiores médias foram observadas com 50 e 70% de sombreamento. De forma geral, as clorofilas e os carotenoides tendem a aumentar com a redução da intensidade luminosa (LEXENGEL; POGGIANI, 1991). A clorofila *a* é o principal pigmento utilizado na etapa fotoquímica da fotossíntese, pois constitui o centro de reação do fotossistema, enquanto a clorofila *b* atua no complexo antena coletor luz, auxiliando na absorção e transferência de energia para o PSII (STREIT et al., 2005). O aumento das clorofilas nos níveis de maior sombreamento pode ser devido à compensação da espécie à menor quantidade de radiação disponível. Em folhas sombreadas, como é o caso das espécies não pioneiras em seu estágio inicial de crescimento, pode ocorrer alongamento do parênquima lacunoso. E, também, aumento na síntese de clorofila *b* e carotenoides, intensificando a capacidade de absorção de luz no ambiente sombreado (REGO; POSSAMAI, 2006; VALLADARES et al., 2005; TAIZ; ZEIGER, 2009). Para os carotenoides não houve diferença entre os sombreamentos, apenas para o tempo (Tabela 19). Normalmente, os carotenoides tendem a aumentar com a redução da intensidade luminosa e durante a fotossíntese podem desempenhar duas funções distintas: absorção de luz (pigmentos acessórios) e foto protetores do aparato fotoquímico (KERBAUY, 2004).

Conforme Streit et al. (2005) pela estrutura química ser instável, as clorofilas são facilmente degradadas e sintetizadas, na mesma proporção. Assim, folhas de sombra apresentam maior quantidade de pigmentos, por unidade de massa, do que as folhas à pleno sol.

A menor média da fluorescência inicial da clorofila *a* (F_o), obtida com 70% de sombreamento aos 180 d.a.p. com 18% de sombreamento aos 360 d.a.p. e ao pleno sol aos 540 d.a.p. demonstram melhores condições fotossintéticas das mudas em relação aos demais sombreamentos, pois quanto menor o valor de F_o , menor é a perda de energia (PRADO; CASALI, 2006). O aumento nos valores de F_o ao 180 e 540 d.a.p. (Tabela 20) indica diminuição na capacidade de transferência da energia do complexo antena para os centros de reações (BAKER; ROSENQVIST, 2004). Além disso, o aumento na F_o indica que houve dano na proteína D1 do centro de reação do PSII (DIAS; MARENCO, 2007), ocasionando danos irreversíveis ao complexo de evolução do oxigênio (BARBER; ANDERSSON, 1992; BERTAMINI; MUTHUCHELIAN; NEDUNCHEZHIAN, 2004).

Com relação a fluorescência máxima (F_m), aos 180 d.a.p. esses valores permaneceram próximos em todos os sombreamentos, mas no decorrer do tempo houve alterações e as menores médias foram observadas com 18% de sombreamento e pleno sol, principalmente aos 540 d.a.p. (Tabela 20). A redução de F_m tem sido atribuída à dissipação não-fotoquímica principalmente por meio do ciclo da xantofila. Dessa forma, o excesso de energia absorvida pela folha é drenado para os carotenoides do ciclo da xantofila, que a dissipa na forma de calor, protegendo o fotossistema II contra possíveis danos oxidativos causados pela exposição a pleno sol radiação solar plena (DEMMIG-ADAMS; ADAMS, 2006).

A redução do F_v/F_m pode estar associada ao tempo de avaliação, pois aos 540 d.a.p. correspondeu ao mês de abril, ou seja, logo após o término do verão, período com menor incidência de luz e temperaturas (Figura 13). Essa redução indicou menor quantidade de energia absorvida pelos pigmentos fotossintéticos no complexo antena da planta, que é utilizada para reduzir o carbono e produzir matéria seca. Em plantas saudáveis essa relação deve estar entre 0,75 e 0,85, valores inferiores a 0,75 indicam redução do potencial fotossintético da planta em função de alguma situação de estresse (MAXWELL; JOHNSON, 2000; BAKER, 2008; ARAÚJO; DEMINICIS, 2009; RITCHIE et al., 2010).

Em plantas da espécie *Cordia superba* com 12 meses de idade em dois ambientes com diferentes luminosidades (pleno sol e 85% de sombreamento), Souza et al. (2009) verificaram que as folhas no ambiente sombreado mostraram maiores valores para F_v/F_m do que no sol, considerando assim, uma característica desejável em ambiente com baixa disponibilidade de luz. Decréscimos do F_v/F_m após a exposição à alta irradiância de plantas aclimatadas à condição de sombreamento também foram observados em outras espécies arbóreas (KITAO et al., 2006; GUO; CAO; XU, 2006; TOBITA et al., 2010; KELLING, 2015; AIMI et al., 2017). A redução do valor do ETR aos 540 d.a.p. (Tabela 20) pode indicar decréscimo na atividade do fotossistema II, com aumento da fotoinibição.

A cabreúva é uma planta decídua (LORENZI, 2002), o que pode explicar essa variação nas médias de fluorescência da clorofila *a*. Aos 360 d.a.p. as avaliações foram realizadas em outubro (inverno-primavera), enquanto as avaliações aos 180 e 540 d.a.p. foram realizadas em abril (verão-outono).

As plantas decíduas são aquelas que evolutivamente foram sensíveis à redução do fotoperíodo e desencadeiam mecanismos de abscisão das folhas no inverno (LARCHER, 2000). Com o aumento do período de luz na primavera, as plantas liberam as folhas novas, produzidas no final do outono e mantidas protegidas por brácteas durante todo o inverno, iniciando um novo período de primavera e verão de intensa atividade fotossintética (TAIZ;

ZEIGER, 2009). Nesse estudo não foi observado perda de folhas das plantas de cabreúva, porém aos 360 d.a.p. houve maior taxa de transporte de elétrons (Tabela 19) e relação F_v/F_m (Tabela 19).

Em ambientes florestais, o aparato fotossintético deve ser capaz de utilizar a energia luminosa disponível de forma eficiente, uma vez que essa disponibilidade se altera de acordo com o período de exposição e a intensidade luminosa (WAY; PEARCY, 2012). Conforme Taiz e Zeiger (2009) essa utilização eficiente da luz está relacionada à manutenção da capacidade de ativação do aparato fotossintético, e envolve fatores bioquímicos e estomáticos, uma vez que a luz atua na ativação de enzimas relacionadas à fixação de carbono e no controle da abertura e fechamento dos estômatos.

A cabreúva é classificada como secundária inicial (VACCARO; LONGHI; BRENA, 1999) a secundária tardia (DURIGAN; NOGUEIRA, 1990) e semi-heliófila que tolera sombreamento de média intensidade (CARVALHO, 2003), essa plasticidade possivelmente esteja associada a sua ampla distribuição geográfica. No entanto, em regiões com as quatro estações definidas, a espécie apresentou melhor crescimento com 50 e 70% de sombreamento (Figura 14 e Tabela 18, 19 e 20). Assim, recomenda-se o uso da espécie em plantios de enriquecimento de sub-bosque como em capoeiras e em consórcio com outras espécies.

6.6 CONCLUSÕES

A utilização de sombreamento no plantio de mudas de *Myrocarpus frondosus* favoreceu a sobrevivência e os atributos morfológicos e fisiológicos.

Os atributos morfológicos e fisiológicos das plantas evidenciaram que a espécie necessita de sombreamento de 50 a 70% na sua fase inicial de crescimento no campo (540 d.a.p.).

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os diásporos de cabreúva podem ser armazenados em ambiente seco e frio (18 °C e 49% UR) para conservação até 360 dias, quando ainda é possível obter 57% de germinação, considerando uma germinação inicial média de 85%. Além disso, recomenda-se a utilização do substrato entre areia, para o teste de germinação, pois apesar de demonstrar mesmo comportamento do substrato vermiculita, a areia é de fácil manuseio, baixo custo e disponível na região.

A espécie apresenta comportamento intermediário em relação ao armazenamento, garantindo a produção de mudas durante todo ano. No ambiente sala seca e fria os gêneros *Fusarium*, *Aspergillus*, *Alternaria*, *Penicillium*, *Rhizopus* e *Cladosporium* podem ter aumentado a deterioração dos diásporos após 180 dias de armazenamento.

Assim, sugere-se pesquisas futuras como a criopreservação, liofilização e o uso de atmosfera modificada, para disponibilizar sementes, em anos que não houver frutificação, pois conforme observado, nessa região, a espécie apresenta comportamento sazonal, ou alternância de produção.

Além disso, devido a incidência de patógenos, recomenda-se estudos com relação ao tratamento aliado a assepsia de sementes antes do armazenamento, pois alguns fungos de armazenamento podem ser evitados, e diferentes embalagens, diminuindo assim o processo de deterioração e garantindo viabilidade dos diásporos por mais tempo.

O uso de insumos adequados (substrato, adubação e sombreamento) foi capaz de garantir mudas com adequada qualidade morfológica e fisiológica. Na produção de mudas recomenda-se o uso do substrato comercial Carolina Soil® a base de turfa do tipo *Sphagnum* (40%), com casca de arroz carbonizada (60%) e dose de 6 g L⁻¹ de fertilizante de liberação controlada (18-05-09). Associado ao sombreamento de 50 e 70% na fase inicial de seu crescimento como uma alternativa adequada para produção das mudas no viveiro. Desse modo, aumenta-se a importância da qualidade das mudas produzidas no viveiro, que irão favorecer a sobrevivência e o crescimento das mudas no campo. Sugere-se novas pesquisas com substratos alternativos, provenientes de resíduos agroindustriais e doses de fertilizante de liberação controlada inferiores e superiores às utilizadas nesse estudo, bem como malhas de sombreamento com diferentes cores com o objetivo de reduzir os custos de produção das mudas.

A utilização de sombreamento no plantio de mudas de *Myrocarpus frondosus* favorece a sobrevivência e os atributos morfológicos e fisiológicos da espécie. Os atributos morfológicos e fisiológicos das plantas de *Myrocarpus frondosus* evidenciam que a espécie necessita de sombreamento de 50 a 70% na sua fase inicial de crescimento no campo (540 d.a.p.). Recomenda-se o uso da espécie em plantios de enriquecimento de sub-bosque e em consórcio com outras espécies mais exigentes em luminosidade.

As plantas de *Myrocarpus frondosus* apresentaram maior acúmulo de pigmentos fotossintéticos quando expostas aos ambientes de menor intensidade luminosa, sendo essa uma estratégia relacionada à maior captação de luz em ambientes onde esse recurso é escasso. Embora os conteúdos dos pigmentos tenham sido menores no pleno sol, a quantidade de carotenoides diminuiu, sugerindo a participação desses na dissipação do excesso de energia que as folhas receberam.

Nas avaliações fisiológicas no plantio das mudas de cabreúva foi possível comprovar que há alterações no metabolismo das plantas, conforme a época de avaliação. Esse fato foi descrito por Ritchie et al. (2010) como uma condição instantânea da planta, assim medidas realizadas em uma única ocasião, podem não refletir o real estado fisiológico, sendo necessárias avaliações constantes para determinar a qualidade. Assim, na comparação de pesquisas deve-se tomar cuidado para não ocorrer conclusões equivocadas sobre os atributos fisiológicos, sendo extremamente importante avaliar também os atributos morfológicos. Nesse sentido, a análise desses atributos é muito importante para determinar a qualidade das mudas no viveiro, favorecendo a sobrevivência e o crescimento inicial no campo.

A sobrevivência da espécie em condições adequadas é alta e o crescimento é médio a rápido no campo. No entanto, há necessidade de acompanhar por mais tempo e realizar essa avaliação em outras regiões com condições edafoclimáticas diferentes.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBADE, L.; TAKAKI, M. Tetrazolium test for quality assessment of seeds of *Tabebuia roseoalba* (Ridl.) Sandwith Bignoniaceae, subjected to storage. **Revista Árvore**, v. 38, n. 2, p. 233-240, 2014.

ABREU, A. H. M. et al. Produção de mudas e crescimento inicial em campo de *Enterolobium contortisiliquum* produzidas em diferentes recipientes. **Floresta**, v. 45, n.1, p. 141-150, 2015.

ADAM, F.; CHUA, J. H. The adsorption of palmytic acid on rice husk ash chemically modified with Al (III) ion using the sol-gel technique. **Journal of colloid and interface science**, v. 280, n. 1, p. 55-61, 2004.

AFONSO, M. V. et al. Composição do substrato, vigor e parâmetros fisiológicos de mudas de timbaúva (*Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 36, n. 6, p. 1019-1026, 2012.

AGUIAR, I. B. Conservação de sementes. In: SILVA, A.; PINÃ-RODRIGUES, F. C. M.; FIGLIOLIA, M. B. (Coord.). **Manual técnico de sementes florestais**. São Paulo: Instituto Florestal, 1995. p. 33-44. (Série Registros, 14).

AIMI, S. C. et al. Shading as a conditioning factor to forest species planting: a study with *Apuleia leiocarpa*. **Bosque** (Valdivia), v. 38 n. 2, p. 371-379, 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 (Valdivia)**, v. 37, n. 2, p. 401-407, 2016a.

AIMI, S. C. et al. Teste de sanidade e germinação em sementes de *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 4, p. 1361-1370, 2016b.

AIMI, S. C. **Tecnologia de sementes e crescimento inicial de mudas de *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart.** 2014. 130 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2014.

ALMEIDA, S. M. Z. et al. Alterações morfológicas e alocação de biomassa em plantas jovens de espécies florestais sob diferentes condições de sombreamento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n.1, p. 62-68, 2005.

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

AMPESE, M. **Análise do uso de diferentes madeiras locais em vinho tinto**. Trabalho de Conclusão de Curso em Tecnologia em Viticultura e Enologia, IFRS, Bento Gonçalves, RS. 50 p, 2011.

ANDRÉO, Y., NAKAGAWA, J.; BARBEDO, C. J. Mobilização de água e conservação da viabilidade de embriões de sementes recalcitrantes de ingá (*Inga vera* Will. subsp. *affinis* (DC.) T. D. Pennington). **Revista Brasileira de Botânica**, 29:309-318, 2006.

ARAUJO, M. N. et al. Seed quality of *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm. (Fabaceae) is influenced by storage condition. **J. Seed Sci.**, Londrina, v. 39, n. 4, p. 401-409, 2017.

ARAUJO, S. A. C.; DEMINICIS, B. B. Fotoinibição da fotossíntese. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 7, n. 4, p. 463-472, 2009.

BACKES, P.; IRGANG, B. **Árvores do Sul**: Guia de Identificação e Interesse Ecológico. As principais espécies nativas sul-brasileiras. Santa Cruz do Sul. Instituto Sousa Cruz, 2002. 326 p.

BAKER, B. Chlorophyll Fluorescence: A Probe of Photosynthesis In Vivo. **Annual Review of Plant Biology**, Boca Raton, v.59, p.89-113, 2008.

BAKER, N., ROSENQVIST, E. Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 55, p. 1607-1621, 2004.

BARBEDO, C. J.; MARCOS FILHO, J. Tolerância à dessecação em sementes. **Acta Botânica Brasílica**, v. 12, p. 145-164, 1998.

BARBER, J.; ANDERSSON, B. Too much of a good thing: light can be bad for photosynthesis. **Trends Biochem Sci**, v. 17, p. 61-66, 1992.

BARNETT, H. L.; HUNTER, B. B. **Ilustred genera of imperfect fungi**. 3 Ed. Minnesota: Burgess Publishing Company, 1999. 241 p.

BARRETO, R. W. **Fungos Fitopatogênicos**. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Brasil, 2001, 48 p.

BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. **Seeds**: ecology, biogeography and evolution of dormancy and germination. San Diego: Academic Press, 2014. 1573 p.

BEGON, M.; TOWNSEND, C. R.; HARPER, J. L. **Ecologia: de indivíduos a populações**. Porto Alegre: Artmed, 2007. 752 p.

BELLOTE, A. F. J.; SILVA, H. D. Técnicas de amostragem e avaliações nutricionais em plantios de *Eucalyptus* spp., In: Gonçalves, J. L. M.; Benedetti (Eds.). **Nutrição e fertilização florestal**. v.2. Piracicaba: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, Piracicaba, São Paulo, p.105-133, 2005.

BENETTI, S. C. et al. Levantamento de fungos em sementes de Cedro e avaliação da patogenicidade de *Fusarium* sp. e *Pestalotia* sp. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n. 58, p. 81-85, 2009.

BERGHETTI, Á. L. P. et al. Growth of *Cordia trichotoma* seedlings in different sizes of recipients and doses of fertilizer. **Afr. J. Agric. Res.** n. 11 v. 28, p. 2450-2455, 2016.

BERTAMINI, M.; MUTHUCHELIAN, K.; NEDUNCHEZHIAN, N. Photoinhibition of photosynthesis in sun and shade grown leaves of grapevine (*Vitis vinifera* L.). **Photosynthetica**, v. 42, p. 7-14, 2004.

BEWLEY, J. D., BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination** 2.ed. New York. Plenum, 1994. 445 p.

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Physiology and biochemistry of seeds in relation to germination: Viability, dormancy, and environmental control**. vol. 2. Springer Science & Business Media, 2012.

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.

BLOOR, J. M. G. Light responses of shade-tolerant tropical tree species in northeast Queensland: a comparison of forest- and shadehouse-grown seedlings. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 19, p. 163-170, 2003.

BOLHÀR-NORDENKAMPF, H. R. et al. Chlorophyll fluorescence as probe of the photosynthetic competence of leaves in the field: A review of current instrument. **Functional Ecology**, v. 3, p. 497-514, 1989.

BRANCALION, P. H. S.; MONDO, V. H. V.; NOVENBRE, A. D. da L. C. Escarificação química para a superação da dormência de sementes de saguaraji-vermelho (*Colubrina glandulosa* Perk. - Rhamnaceae). **Revista Árvore**, v. 35, n. 1, p. 119-124, 2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 1992. 365 p.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regra para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária, Brasília: MAPA/ACS, 2009a. 399 p.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Manual de análise sanitária de sementes** – Anexo do capítulo 9 – Teste de sanidade de sementes das Regras para análise de sementes. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária, Brasília: MAPA/ACS, 2009b. 202 p.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instruções para análise de sementes de espécies florestais**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária, Brasília: MAPA/ACS, 2013. 98 p.

BRASIL. **Decreto nº 5.153, de 23 de julho de 2004**. Regulamentação da Lei nº 10.711, de 5 de agosto de 2003, que dispõe sobre o Sistema Nacional de Sementes e Mudas - SNSM, e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder executivo, Brasília, DF, 23 jul. 2004.

BRASIL. **Legislação brasileira sobre sementes e mudas**; Lei nº 10.711, de 05 de agosto de 2003. Diário Oficial da União, Brasília, Seção 1, p.1, 2003.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. **Instrução normativa SDA n. 17**. Diário Oficial da União- Seção 1, nº 99, 24 de maio de 2007. Métodos Analíticos Oficiais para Análise de Substratos para Plantas e Condicionadores de Solo. Brasília, 2007.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução normativa nº 44**. Brasília: Mapa, 2010, 2p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução normativa nº 34**. Brasília: Mapa, 2011, 1p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução normativa nº 26**. Brasília: Mapa, 2012, 4p.

BRASIL. **Lei nº 12.727**, de 17 de outubro de 2012. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 18 out 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução normativa nº 56**. Brasília: Mapa, 2011, 14p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução normativa nº 17**. Brasília: Mapa, 2017, 38p.

BRENA, D. A.; LONGHI, S. J. **Inventário florestal da Região da Quarta Colônia de Imigração Italiana do Rio Grande do Sul**. Santa Maria: PRODESUS-PEDPNMA/UFDSM, 1998. 213 p.

BRONDANI, G. E. et al. Fertilização de liberação controlada no crescimento inicial de angico-branco. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 9, n. 2, p. 167-176, 2008.

BRÜNING, F. O.; LÚCIO, A. D.; MUNIZ, M. F. B. Padrões para germinação, pureza, umidade e peso de mil sementes em análises de sementes de espécies florestais nativas do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 2, p. 193-202, 2011.

BUDOWSKY, G. Distribution of tropical American rain forest species in the light of succession process. **Turrialba**, Costa Rica, v. 15, p. 40-42, 1965.

BUNT, A. C. Some physical and chemical characteristics of loamless pot-plant substrates and their relation to plant growth. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n. 37, p. 1954-1965, 1974.

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.

CAÇOLA, A. V. et al. Qualidade fisiológica de sementes de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze submetidas a diferentes condições de armazenamento e escarificação. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 4, p. 391-398, 2006.

CALEGARI, L. et al. Caracterização de povoamentos de *Myrocarpus frondosus* M. Allemão na região central do Rio Grande do Sul. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, Garça, SP. Ano VIII, n. 14, 2009.

CALLEGARI-JACQUES, S. M. **Bioestatística: princípios e aplicações**. Porto Alegre: Artmed, 2003. 255 p.

CAMPOE, et al. Atlantic forest tree species responses to silvicultural practices in a degraded pasture restoration plantation: from leaf physiology to survival and initial growth. **Forest Ecology Management**, v. 313, p. 233-242, 2014.

CAMPOS, M. A. A.; UCHIDA, T. Influência do sombreamento no crescimento de mudas de três espécies amazônicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**: PAB, Brasília: EMBRAPA, v. 37, n. 3, p. 281-288, 2002.

CAMPOSTRINI, E. **Fluorescência da clorofila a: Considerações teóricas e aplicações práticas**. Universidade Estadual do Norte Fluminense. Apostila, 2001.

CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de mudas florestais**. Curitiba: UFPR/FUPEF, 1995. 451 p.

CARON, B. O. et al. Crescimento em viveiro de mudas de *Schizolobium parahyba* (Vell.) S. F. Blake. submetidas a níveis de sombreamento. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 4, p. 683-689, 2010.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4 ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000, 588 p.

CARVALHO, N. O. S. et al. Crescimento inicial de plantas de licuri (*Syagrus coronata* (Mart.) Becc.) em diferentes níveis de luminosidade. **Revista Árvore**, v. 30, p. 351-357, 2006.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies Arbóreas Brasileiras**. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica. Colombo, PR: EMBRAPA Florestas, 2003, v. 1, 1039 p.

CARVALHO, W. L. de; MUCHOVEJ, J. J. Fungos associados a sementes de essências florestais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 15, n. 2, p. 173-178, 1991.

CHAZDON, R. L. et al. **Photosynthetic responses of tropical forest plants to contrasting light environments**. In: MULKEY, S. S.; CHAZDON, R. L.; SMITH, A. P. (Eds.), *Tropical Forest Plant Ecophysiology*. Chapman and Hall, New York, p. 5-55, 1996.

CHEROBINI, E. A. I.; MUNIZ, M. F. B.; BLUME, E. Avaliação da qualidade de sementes e mudas de cedro. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 18, n. 1, p. 65-73, 2008.

CLAUSSEN, J. W. Acclimation abilities of three tropical rainforest seedlings to an increase in light intensity. **Forest Ecology and Management**, v. 80, p. 245:255, 1996.

COELHO FILHO, M. A. et al. Método para estimativa do IAF de árvores isoladas ou de plantações com dossel fechado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 5, p. 529–538, 2012.

COSTA, E. et al. Desenvolvimento inicial de mudas de jatobazeiro do Cerrado em Aquidauana - MS. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 1, p. 215- 226, 2011.

COUTO, M.; WAGNER JÚNIOR, A.; QUEZADA, A. C. Efeito de diferentes substratos durante a aclimatização de plantas micropropagadas do porta-enxerto mirabolano 29c (*Prunus cerasifera* ehrh.) em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 9, n. 2, p. 125-128, 2003.

CQFS-RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10.ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/Núcleo Regional Sul, 2004. 400 p.

CSPMA – **Canadian Sphagnum Peat Moss Association**. Harvesting Peat. Disponível em: <<http://peatmoss.com/what-is-peat-moss/peat-moss-formation-and-types>> Acesso em: 20 ago. 2017.

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.

DECKER, V. et al. Avaliação da intensidade luminosa no desenvolvimento inicial de *Leucena* (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit.). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 4, p. 609-618, 2011.

DELAGRANGE, S. Light-and seasonal-induced plasticity in leaf morphology, N partitioning and photosynthetic capacity of two temperate deciduous species. **Environmental and Experimental Botany**, v. 70, n. 1, p. 1-10, 2011.

DEMMIG-ADAMS, B.; ADAMS, W. W. Photoprotection in an ecological context: the remarkable complexity of thermal energy dissipation. **New Phytologist**, v. 172, p. 11-21, 2006.

DIAS, D. P.; MARENCO, R. A. Efeito da nebulosidade nos parâmetros da fluorescência em *Minuartia guianensis* Aubl. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, supl. 2, p. 54-56, 2007.

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.

DOSSEAU, S. et al. Influência de diferentes condições de sombreamento sobre o crescimento de *Tapira guianensis* Alb. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, p. 477-479, 2007.

DURIGAN, G.; NOGUEIRA, J. C. B. **Recomposição de matas ciliares**. São Paulo: Instituto Florestal, 1990. 14 p. (IF. Série Registros, 4).

DUTRA, T. R.; MASSAD, M. D.; SANTANA, R. C. Physiological parameters in seedlings of copaiba under different shade conditions and substrates. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 7, p. 1212-1218, 2012.

ELLIS, R. H.; HONG, T. D.; ROBERTS, E. H. An intermediate category of seed storage behavior? coffee. **Journal of Experimental Botany**, Lancaster, v. 41, n. 9, p. 1.167-1.174, 1990.

ENGELSJORD, M. E.; FOSTAD, O.; SINGH, B. R. Effects of temperature on nutrient release from slow-release fertilizers. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 46, p. 179-187, 1997.

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

FERMINO, M. H.; BELLÉ, S. Substratos hortícolas. In: **Plantas Ornamentais: aspectos da produção**. Passo Fundo: EDIUPE, p. 29-40. 2000.

FERMINO, M. H. **Métodos de análise para caracterização de física de substratos**. 89 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

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

FERRAZ, A. V.; ENGEL, V. L. Efeito do tamanho de tubetes na qualidade de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L. Var. stilbocarpa (Hayne) Lee et Lang.), ipê-amarelo (*Tabebuia chrysotricha* (Mart. ex DC.) Sandl.) e guarucaia (*Parapiptadenia rigida* (Benth.) renan). **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 35, n. 3, p. 413-423, maio/jun. 2011.

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

FERRETTI, A. R. **Modelos de Plantio para a Restauração**. In: GALVÃO, A. P. M.; MEDEIROS, A. C. de S. (eds). A restauração da Mata Atlântica em áreas de sua primitiva ocorrência natural. Colombo: Embrapa Florestas, 2002. p. 35-43.

FIGLIOLIA, M. B.; OLIVEIRA, E. C.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M. Análise de sementes. In: AGUIAR, I. B.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; FIGLIOLIA, M. B. **Sementes florestais tropicais**. Brasília, DF: Abrates, 1993. cap. 4, p. 137-174.

FIGLIOLIA, M. B.; PINA-RODRIGUES, F. C. M.; NOGUEIRA, É. de S. Controle de qualidade de sementes florestais: Propostas de parâmetros técnicos. In: PINA-RODRIGUES, F. C. M.; FREIRE, J. M.; LELES, P. S. dos S.; BREIER, T. B. **Parâmetros técnicos para produção de sementes florestais**. 1. ed. Seropédica: EDUR, 2007. cap. 5, p. 143-188.

FITTER, A. Characteristics and functions of root systems. In: WAISEL, Y.; ESHEL, A.; KAFKAFI, U. (Eds.) **Plant roots: the ridden half**. 2. ed. New York: Marcel Dekker, 1996. p. 1-20.

FONSECA, M. R. G. **Isolantes térmicos a partir de cinza de casca de arroz: obtenção, caracterização de propriedades e sua relação com a microestrutura**. 1999. 84f. Tese de Doutorado, Porto Alegre, Brasil: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1999.

FOWLER, J. A. P. Superação de dormência e armazenamento de sementes de espécies florestais. In: GALVÃO, A. P. M (Org.). **Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais: um guia para ações municipais e regionais**. Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia. Colombo, Embrapa Florestas, 2000. p.77-99.

FOWLER, J. A. P.; CARPANEZZI, A. A. Conservação de sementes de angico-gurucaia (*Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan). **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 36, p. 5-10, 1998.

FREITAS, G. A. et al. Influência do sombreamento na qualidade de mudas de *Sclerolobium paniculatum* Vogel para recuperação de área degradada. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 3, n. 3, p. 5-12, 2012.

GANDOLFI, S. **História natural de uma floresta estacional semidecidual no município de Campinas (São Paulo, Brasil)**. 2000, 520 f. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) – Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.

GARCIA, C. et al. Conservação da viabilidade e vigor de sementes de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze durante o armazenamento. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 4, p. 857-867, 2014.

GASPARIN, E. et al. Identificação de substrato adequado para germinação de sementes de *Allophylus edulis* (A. St.-Hil., A. Juss. & Cambess.) Radlk. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 3, p. 625-630, 2012.

GASPARIN, E. et al. Substrates for germination and physiological quality of storage seeds of *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 35, n. 1, p. 77-85, 2013.

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**, Santa Maria, v. 24, n. 3, p. 553-563, 2014.

GASPARIN, E. et al. Controlled release fertilizer and container volumes in the production of *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan seedlings. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 37 n. 4, p. 473-481, 2015.

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

GONÇALVES, J. F. C. et al. Análise dos transientes da fluorescência da clorofila *a* de plantas jovens de *Carapa guianensis* e de *Dipteryx odorata* submetidas a dois ambientes de luz. **Acta Amazonica**, v. 40, n. 1, p. 89-98, 2010.

GONÇALVES, J. L. M. et al. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (Eds.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2005. p. 309-350.

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.

GONZALES, J. L. S.; PAULA, R. C de; VALERI, S. V. Electrical conductivity test in *Albizia hassleri* (Chodat) burkart. fabaceae-mimosoideae seeds. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 4, p. 625-634, 2009.

GROSSNICKLE, S. C. Why seedlings survive: influence of plant attributes. **New Forests**, Springer, Netherlands, v. 43, p. 711–738, 2012.

GUEDES, R. S. et al. Substratos e temperaturas para testes de germinação e vigor de sementes de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 1, p. 57-64, 2010.

GUEDES, R. S. et al. Storage of *Tabebuia caraiba* (Mart.) Bureau seeds in different packaging and temperatures. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, n. 3, p. 433-440, 2012.

GUO, X. R.; CAO, K. F.; XU, Z. F. Acclimation to irradiance in seedlings of three tropical rain forest *Garcinia* species after simulated gap formation. **Photosynthetica** v. 44, n. 2, p. 193-201, 2006.

HAASE, D. Understanding forest seedling quality: measurements and interpretation. **Tree Planter's Notes**. United States: Department of Agriculture/ Forest Service, v. 52, n. 2, p. 24-30, 2008.

HEISKANEN, J. Effects of compost additive in sphagnum peat growing medium on Norway spruce container seedlings. **New Forests**, n. 44, p. 101-118, 2013.

HISCOX, J. D.; ISRAELSTAM, G. F. A method for the extraction of chlorophyll from leaf tissue without maceration. **Canadian Journal of Botany**, v. 57, p. 1332-1334, 1979.

HONG, T. D.; ELLIS, R. H. A protocol to determine seed storage behaviour. Rome: International Plant Genetic Resources Institute, 1996. 55 p. (IPGRI. Technical Bulletin, 1).

IRGA – Instituto Rio-Grandense do Arroz. Dados de safra: Série histórica da área plantada, produção e rendimento. http://www.irga.rs.gov.br/upload/20131024101611producao_rs_e_brasil.pdf. 13 Mar. 2017.

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.

JONES, R. H.; MCLEOD, K. W. Responses to a range o light environments in Chinese Tallowtree and Carolina Ash seedlings. **Forest Science**, v. 36, p. 851-62, 1990.

JOSÉ, A. C.; DAVIDE, A. C.; OLIVEIRA, S. L. Efeito do volume do tubete, tipo e dosagem de adubo na produção de mudas de aroeira (*Schinus terebinthifolia* Raddi). **Revista Agrarian**, Dourados, v. 2, n. 3, p. 73-86, 2009.

KÄMPF, A. N. Seleção de materiais para uso como substrato. In: KÄMPF, A. N.; FERMINO, M. H. (Ed.). **Substratos para plantas: a base da produção vegetal em recipientes**. Porto Alegre: Gênese, 2000. p. 139-145.

KÄMPF, A. N. et al. **Floricultura: técnicas de preparo de substratos**. Brasília, DF: LK Editora e Comunicação, 2006. 132 p.

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

KARRFALT, R. P. Seed testing. In: BONNER, F. T.; KARRFALT, R. P. (Ed.). **The woody plant seed manual**. Agriculture Handbook 727. Washington, DC, U.S.: Department of Agriculture, Forest Service, 2008. p. 97-115.

KELLING, M. B. et al. Regímenes de riego y dosis de polímero hidrorretenedor sobre características morfológicas y fisiológicas de plantas de *Cordia trichotoma*. **Revista Bosque**, Chile, v. 38, n. 1, p. 123-131, 2017.

KELLING, M. B. **Produção de mudas e crescimento inicial a campo de *Cordia trichotoma* submetidas a diferentes condições de irrigação, polímero hidrorretentor, sombreamento e umidade do solo**. 2015. 193f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2015.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia Vegetal**. 1 Ed. Guanabara Koogan, 2004. 472 p.

KIMATI, H. et al. **Manual de fitopatologia**. Doenças das plantas cultivadas. Ed Ceres, Piracicaba São Paulo, 1997, 398 p.

KISSMANN, C. et al. Germinação e armazenamento de sementes de *Albizia hassleri*. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 31, n. 2, p. 104-115, 2009.

KITAO, M. et al. Susceptibility to photoinhibition in seedlings of six tropical fruit tree species native to Malaysia following transplantation to a degraded land. **Trees**, v. 20, p. 601-610, 2006.

KNAPIK, J. G. et al. Produção de mudas de *Mimosa scabrella* Benth (Bracatinga), *Schinus terebinthifolius* Raddi (Aroeira) e *Allophylus edulis* (St. Hil.) Radl. (Vacum) sob diferentes regimes de adubação. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 51, p. 33-44, 2005.

KOZLOWSKI, T. T.; KRAMER, P. J.; PALLARDY, S. G. **The physiological ecology of woody plants**. New York: Academic Press, 1991. 657 p.

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

KRATZ, D. et al. Substratos renováveis na produção de mudas de *Eucalyptus benthamii*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 4, p. 607-621, 2013b.

KRATZ, D. **Substratos renováveis para produção de mudas de *Eucalyptus benthamii* Maiden et cange e *Mimosa scabrella* Benth.** Curitiba: UFPR, 2011. 118f. Dissertação (Engenharia Florestal). Universidade Federal do Paraná, PR, 2011.

KRATZ, D.; WENDLING, I.; PIRES, P. P. Miniestaquia de *Eucalyptus benthamii* x *E. dunnii* em substratos a base de casca de arroz carbonizada. **Scientia Forestalis** (IPEF), v. 40, p. 547-556, 2012.

LANDIS, T. D.; DUMROESE, R. K. Using polymer-coated controlled-release fertilizers in the nursery and after out planting. **Forest Nursery Notes**. United States, Department of Agriculture, Forest Service, p. 5-11. 2009.

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.

LANDIS, T. D.; DUMROESE, R. K.; HAASE, D. L. **The Container Tree Nursery Manual**. Volume 7, Seedling Processing, and Outplanting. Agriculture Handbook 674, Washington, DC. Department of Agriculture Forest Service. 200 p, 2010.

LARCHER, L.; BOEGER, M. R. T. Arquitetura foliar de *Odontonema strictum* (Ness) O. Kuntze (Acanthaceae) em duas condições de luminosidade. **Hoehnea**, v.36, p.321-327, 2009.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: RiMa, 2000. 531 p.

LAZAROTTO, M. et al. Sanidade, transmissão via semente e patogenicidade de fungos em sementes de *Cedrela fissilis* procedentes da região sul do Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 3, p. 493-503, jul.-set., 2012.

LAZAROTTO, M.; MUNIZ, M. F. B.; SANTOS, A. F. Detecção, transmissão, patogenicidade e controle químico de fungos em sementes de paineira (*Ceiba speciosa*). **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 36, n. 2, p. 134-139, 2010.

LEMAIRE, F. Physical, chemical and biological properties of growing medium. **Acta Horti.**, Wageningen, v. 396, p. 273-284, 1995.

LENHARD, N. et al. Crescimento de mudas de pau-ferro sob diferentes níveis de sombreamento. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. vol. 43, n. 2, p. 178-186, 2013.

LEXENGEL, V.; POGGIANI, F. Estudo da concentração de clorofila nas folhas e seu espectro de absorção de luz em função do sombreamento em mudas de quatro espécies florestais nativas. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Brasília, v. 3, n. 1, p. 39-45, 1991.

LICHTENTHALER, H. K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. **Methods Enzymol**, v. 148, p. 350–382, 1987.

LIMA JUNIOR, E. C.; et al. Trocas gasosas, características das folhas e crescimento de plantas jovens de *Cupania vernalis* Camb. submetidas a diferentes níveis de sombreamento. **Ciência Rural**, v. 35, n. 5, p. 1092-1097, 2005.

LIMA JUNIOR, M. J. V. (Ed.). **Manual de procedimentos para análise de sementes florestais**. Manaus: UFAM, 2010. 146 p.

LIMA, A. L. da S.; ZANELLA, F.; CASTRO, L. D. M. de. Crescimento de *Hymenaea courbaril* L. var. *stilbocarpa* (Hayne) Lee et Lang. e *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong (Leguminosae) sob diferentes níveis de sombreamento. **Acta Amazonica**, v. 40, n. 1, p. 43-48, 2010.

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.

LUNA, T.; LANDIS, T. D.; DUMROESE, R. K. Containers. In: DUMROESE, R. K.; LUNA, T.; LANDIS, T. D. (Eds). **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, 2009. p. 95-111.

MACHADO, J. C. **Patologia de sementes fundamentos e aplicações**. Brasília: MEC/ESAL/FAEPE, 1988. 106 p.

MACIEL, C. G. et al. Detecção, transmissão e patogenicidade de fungos em sementes de angico-vermelho (*Parapiptadenia rigida*). **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 38, n. 4, p. 323-328, 2012.

MAGUIRE, J. D. Speeds of germination-aid selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v. 2, p. 176-177, 1962.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: Fealq, 2005. 495 p.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia vegetal**: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral. Viçosa: Ed. da UFV, 2007. 469 p.

MARQUES, M. A.; PAULA, R. C.; RODRIGUES, T. J. D. Adequação do teste de condutividade elétrica para determinar a qualidade fisiológica de sementes de jacarandá-dabáhia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr.All.ex. Benth). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 24, n. 1, p. 271-278, 2002.

MARTÍNEZ, P. F. Manejo de substratos para horticultura. IN: FURLANI, A. M. C. et al. **Caracterização, manejo e qualidade de substratos para a produção de plantas**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas. 2002. p. 53-76.

MARTINS, A. C. F et al. Capacidade adaptativa de espécies do cerrado utilizadas em áreas de recuperação ambiental. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 39, n. 3, p. 543-550, 2015.

MARTINS, C. C. et al. Método de colheita de dormência na qualidade fisiológica de sementes de *Cassia ferruginea*. **Semina**, v. 33, n. 2, p. 491-498, 2012.

MARTINS-NETTO, D. A.; FAIAD, M. G. R. Viabilidade e sanidade de sementes de espécies florestais. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 17, n. 1, p. 75-80, 1995.

MAXWELL, K.; JOHNSON, G. Chlorophyll fluorescence-a practical guide. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 51, p. 659-668, 2000.

MELO G. H. B.; BORTOLOZZO, A. R.; VARGAS, L. Substratos. In: **Produção de Morangos no Sistema Semi-hidropônico**. Sistemas de Produção, 15. 2006.

MEXAL, J. G.; LANDIS, T. D. Target seedling concepts: height and diameter. In: Target Seedling Symposium: Proceedings combined meeting of the western forest nursery associations, 1990, Oregon. **Proceedings**...Oregon: USDA, 1990. cap. 3. p. 17-37.

MIELKE, M. S.; SCHAFFER, B. Photosynthetic and growth responses of *Eugenia uniflora* L. seedlings to soil flooding and light intensity. **Environmental and Experimental Botany**, Amsterdam, v. 68, p. 113-121, 2010.

MIETH, P. **Caroço de pêssego triturado: alternativa de substrato para produção de muda**. 2016. 100f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2016.

MORAES NETO, S. P. et al. Produção de mudas de espécies arbóreas nativas com combinações de adubos de liberação controlada e prontamente solúveis. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 6, p. 779-789, 2003.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 83 p.

MOTA, L. H. S.; SCALON, S. P. Q.; HEINZ, R. Sombreamento na emergência de plântulas e no crescimento inicial de *Dipteryx alata* Vog. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 3, p. 423-431, 2012.

MUNIZ, M. F. B.; SILVA, L. M.; BLUME, E. Influência da assepsia e do substrato na qualidade de sementes e mudas de espécies florestais. **Revista Brasileira de sementes**, v. 29, n° 1, p. 140-146, 2007.

NASCIMENTO, W. M. O. et al. Qualidade sanitária e germinação de sementes de *Pterogyne nitens* Tull. (Leguminosae - Caesalpinioideae). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 28, n. 1, p. 149-153, 2006.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. In: VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. **Teste de vigor em sementes**. Jaboticabal: Funep, 1994. p. 49-86.

NAVE, A. G. et al. Descrição das ações operacionais de restauração. In: RODRIGUES, R. R.; BRANCALION, P. H. S.; ISERHAGEN, I. **Pacto pela restauração da Mata Atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal**. 1. ed. São Paulo: LERF/ESALQ: Instituto BioAtlântica, 2009. v. 1. p. 178-238.

NERY, M. C. et al. Classificação fisiológica de sementes florestais quanto a tolerância à dessecação e ao armazenamento. **Cerne**. vol. 20, n. 3, p. 477-483, 2014.

NGUYEN, T. P. et al. A role for seed storage proteins in *Arabidopsis* seed longevity. **Journal of Experimental Botany**, v. 66, n. 20, p. 6399-6413, 2015.

NIINEMETS, U.: Mild versus severe stress and BVOCs: thresholds, priming and consequences, **Trends Plant Sci.**, v. 15, p. 145–153, 2010.

PENNINGTON, R. T.; STIRTON, C. H.; SCHRIRE, B. D. Tribe Sophorae, In: LEWIS, G. P.; SCHRIRE, B. D.; MACKINDER, B. A.; LOCK, M. (eds.). **Legumes of the World**. Kew: Royal Botanic Gardens. p. 227-249, 2005.

PETRY, C. **Plantas Ornamentais: Aspectos para a produção**. Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 2008. 201 p.

PIVETA, G. et al. Qualidade sanitária e fisiológica de sementes de aroeira-preta (*Lithraea molleoides*) submetidas a métodos de superação de dormência. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 2, p. 289-297, 2014.

PIÑA-RODRIGUES, F. C. M. et al. **Parâmetros técnicos para produção de sementes florestais**. Seropédica: Edur, 2007. 188 p.

PODE, R. Potential applications of rice husk ash waste from rice husk biomass power plant. **Renew Sustain Energy**, Rev, 53, p. 1468–1485, 2016.

POORTER, H. et al. Biomass allocation to leaves, stems and roots: meta-analyses of interspecific variation and environmental control. **New Phytologist**, v. 193, n. 1, p. 30-50, 2012.

POORTER, L. Growth responses of 15 rain-forest tree species to a light gradient: the relative importance of morphological and physiological traits. **Functional Ecology**, v. 13, p. 396-410, 1999.

PORTELA, R. C. Q.; SILVA, I. L.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M. Crescimento inicial de mudas de *Clitoria fairchildiana* Howard e *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. em diferentes condições de sombreamento. **Ciência Florestal**, v. 11, n. 2, p. 163-170, 2001.

PRADO, C. H. B. A.; CASALI, C. A. **Fisiologia vegetal: práticas em relações hídricas, fotossíntese e nutrição mineral**. Barueri, SP, Editora Manole Ltda., 2006. 466 p.

RAVEN, P.H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S.E. **Biologia Vegetal**, 7^a.ed.. Ed. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro. 2007. 738 p.

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.

REGO, G. M; POSSAMAI, E. Efeito do sombreamento sobre o teor de clorofila e crescimento inicial do jequitibá-rosa. **Bol. Pesq. Fl.**, Colombo, n. 53, p. 179-194, 2006.

REIS, S. M. et al. Desenvolvimento inicial e qualidade de mudas de *Copaifera langsdorffii* Desf. sob diferentes níveis de sombreamento. **Ciência Florestal**, Santa Maria, vol. 26, n. 1, p. 11-20, 2016.

RIBEIRO-OLIVEIRA, J. P.; RANAL, M. A. Sementes florestais brasileiras: início precário, presente inebriante e o futuro, promissor? **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 3, p. 771-784, 2014.

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.

ROBERTS, E. H. Predicting the storage life of seeds. **Seed Science and Technology**, v. 1, p. 499-514, 1973.

ROCHA, C. R. M. et al. Morfobiometria e germinação de sementes de *Parkia multijuga* Benth. **Nativa**, Sinop, v. 2, n. 1, p. 42- 47, 2014.

ROSE, R.; CARLSON, W. C.; MORGAN, P. The target seedling concepts. In: Target Seedling Symposium: proceedings combined meeting of the western forest nursery associations, 1990, Oregon. **Proceedings**...Oregon: USDA, 1990. cap. 1. p. 13-17.

ROSE, R.; HAASE, D. L.; ARELLANO, E. Fertilizer entrega controlada: potencial para melhorar a produtividade de reflorestamento. **Bosque (Valdivia)**, vol. 25, n. 2, p. 89-100, 2004.

ROSSA, Ü. B. et al. Fertilizante de liberação lenta no crescimento de mudas de *Araucaria angustifolia* e *Ocotea odorifera*. **Floresta**, Curitiba, v. 41, n. 3, p. 491-500, 2011.

ROZENDAAL, D. M. A.; HURTADO, V. H.; POOTER, L. Plasticity in leaf traits of 38 tropical tree species in response to light: relationships with demand and adult stature. **Functional Ecology**, v. 20, p. 207-216, 2006.

SABBI, L. B. C.; ÂNGELO, A. C.; BOEGER, M. R. Influência da luminosidade nos aspectos morfoanatômicos e fisiológicos de folhas de *Schinus terebinthifolius* Raddi (*Anacardiaceae*) implantadas em duas áreas com diferentes graus de sucessão, nas margens do Reservatório Iraí, Paraná, Brasil. **Iheringia Série Botânica**, Porto Alegre, v. 65, n. 2, p. 171-181, 2010.

SALVADOR, P. V. et al. Nursery cultivation regimes, plant functional attributes, and field performance relationships in the Mediterranean oak *Quercus ilex* L. **Forest Ecology and Management**, v. 196, p. 257–266, 2004.

SANTI, I. I. et al. Chemical Composition, Antioxidant and Antimicrobial Activity of the Oil and Plant Extract *Myrocarpus frondosus* Allemão. **American Journal of Plant Sciences**, v. 8, p. 1560-1571, 2017.

SANTOS A. F.; MEDEIROS A. C. S.; SANTANA D. L. Fungos associados a espécies arbóreas da Mata Atlântica. Colombo: Embrapa-CNPQ. **Boletim de Pesquisa Florestal**, v. 42, p. 57-70, 2001.

SANTOS, A. F dos; GRIGOLETTI JÚNIOR, A.; AUER, C. G. Transmissão de fungos por sementes de espécies florestais. **Revista Floresta**, Paraná: v. 30, n. 1/2, p. 119-128, 2000.

SANTOS, D. L. et al. Morphological and physiological responses of *Cedrela fissilis* Vellozo (Meliaceae) seedlings to light. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 49, n. 1, p. 171-182, 2006.

SANTOS, S. R. G.; PAULA, R. C. Teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Sebastiania commersoniana* (BAIL) Smith & Downs – Euphorbiaceae. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 27, n. 2, p. 136-145, 2005.

SARTORI, A. L. B.; TOZZI, A. M. G. de A. Revisão taxonômica de *Myrocarpus* Allemão (Leguminosae, Papilionoideae, Sophoreae). **Acta Botânica Brasileira**. v. 18, n. 3, p. 521-535, 2004.

SCALON, S. P. Q. et al. Crescimento inicial de mudas de *Bombacopsis glabra* (Pasq.) A. Robyns sob condição de sombreamento. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 6, p. 753-758, 2003.

SCHEER, M. B.; CARNEIRO, C.; SANTOS, K. G. Substratos à base de lodo de esgoto compostado na produção de mudas de *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 38, n. 88, p. 637-644, 2010.

SCHMIDT, L. **Tropical forest seed**. New York: Springer, 2007. 409 p.

SCHMITZ, J. A. K.; SOUZA, P. V. D.; KÄMPF, N. A. Propriedades químicas e físicas de substratos de origem mineral e orgânica para o cultivo de mudas em recipientes. **Ciência Rural**, v. 32, n. 6, p. 937-944, 2002.

SCIVITTARO, W. B.; OLIVEIRA, R. P.; RADMANN, E. B. Doses de fertilizante de liberação lenta na formação do porta-enxerto 'Trifoliata'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 3, p. 520-523, 2004.

SCREMIN-DIAS, E. et al. **Produção de mudas de espécies florestais nativas: manual**. Campo Grande, MS. Série: rede de sementes do Pantanal. Ed. UFMS. 59 p, 2006. Disponível em: <<http://sementesdopantanal.dbi.ufms.br/menuhorizontal/pdf/manual2>> Acesso em: 05 de jan. 2017.

- SENEME, A. M. et al. Germinação, qualidade sanitária e armazenamento de sementes de canafístula (*Peltophorum dubium*). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 36, n. 1, p. 01-06, 2012.
- SGARBI, F. et al. Influência da aplicação de fertilizante de liberação controlada na produção de mudas de um clone de *Eucalyptus urophylla*. In: Simpósio sobre fertilização e nutrição florestal, 2, Piracicaba. **Anais**. Piracicaba: IPEF, ESALQ, 1999. p. 120-125.
- SIEBENEICHLEN, S.C. et al. Características morfofisiológicas em plantas de *Tabebuia heptaphylla* (Vell.) Tol. em condições de luminosidade. **Acta Amazonica**, Manaus, AM, v. 38, n. 3, p. 467-472, 2008.
- SILVA, R. B. G. da; SILVA, M. R. da; SIMÕES, D. Substrates and controlled-release fertilizations on the quality of eucalyptus cuttings. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 11, p. 1124-1129, 2014.
- SINGH, B. P.; SINJU, U. M. Soil physical and morphological properties and root growth. **Hort. Sci**, Alexandria, v. 33, p. 966-971, 1998.
- SOSBAI - Sociedade Sul Brasileira de Arroz Irrigado. **Arroz irrigado: Recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil**, 29. Itajaí: SOSBAI, 2012. 177 p.
- SOUZA, G. M. et al. Network connectance autonomy analyses of the photosynthetic apparatus in tropical tree species from different successional groups under contrasting irradiance conditions. **Revista Brasil. Bot.** v. 28, n. 1 p. 47-59, 2005.
- SOUZA, E. B. et al. Germinação de sementes de *Adenanthera pavonina* L. em função de diferentes temperaturas e substratos. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 3, p. 437-443, 2007.
- SOUZA, G. M. et al. Estratégias de utilização de luz e estabilidade do desenvolvimento de plântulas de *Cordia superba* Cham. (Boraginaceae) crescidas em diferentes ambientes luminosos. **Acta Botanica Brasilica**, v. 23, n. 2, p. 474-485, 2009.
- STRECK, E. V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2ª ed. Porto Alegre: EMATER/RS-ASCAR, 2008. 222 p.
- STREIT, N. M. et al. As clorofilas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 3, p. 748-755, 2005.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4 ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 848 p.
- TAYLOR, A. G. et al. Aminoacid leakage from aged vegetable seeds. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 23, p. 113-122, 1995.
- TEDESCO, M. J. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2.ed. Porto Alegre, Departamento de Solos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1995. 174 p. (Boletim Técnico de Solos, 5).
- TOBITA, H. et al. Variation in photoinhibition among *Sasa senanensis*, *Quercus mongolica*, and *Acer mono* in understory of a deciduous broad-leaved Forest exposed to canopy gaps caused by typhoons. **Trees**, v. 24, p. 307-319, 2010.

TONETTO, T. da S. et al. Storage and germination of seeds of *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 37, n. 1, p. 040-046, 2015.

TONETTO, T. da S. **Tecnologia de sementes e desenvolvimento de mudas de *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos sob diferentes formas de manejo no viveiro e no campo**. 2014. 147f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2014.

TROPICOS: Missouri Botanical Garden. 2018. Disponível em: <<http://www.tropicos.org/Name/20400624>. Acesso em: 30 jan. 2018.

VACCARO, S.; LONGHI, S. J.; BRENA, D. A. Aspectos da composição florística e categorias sucessionais do estrato arbóreo de três sub seres de uma floresta estacional decidual, no Município de Santa Tereza – RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 9, n. 1, p. 1-18, 1999.

VALERI, S. V.; CORRADINI, L. Fertilização em viveiros para produção de mudas de *Eucalyptus* e *Pinus*. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (Ed.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2005. p. 67-190.

VALLADARES, F. et al. Shade tolerance, photoinhibition sensitivity and phenotypic plasticity of *Ilex aquifolium* in continental Mediterranean sites. **Tree Physiology**, v. 25, p. 1041-1052, 2005.

VALLADARES, F.; NIINEMETS, Ü. Shade tolerance, a key plant trait of complex nature and consequences. **Annual Review of Ecology, Systematics and Evolution**, v. 39, p. 237-257, 2008.

VALLONE, H. S. et al. Substituição do substrato comercial por casca de arroz carbonizada para a produção de mudas de cafeeiro em tubetes na presença de polímero hidroretentor. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 28, n. 3, p. 598-604, 2004.

VALLONE, H. S. et al. Recipientes e substratos na produção de mudas e no desenvolvimento inicial de cafeeiros após o plantio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 5, p. 1327-1335, 2009.

VICENTE, D. et al. Viabilidade de Sementes de *Ocotea puberula* (Rich.) Ness ao longo do armazenamento. **Floresta Ambiente**, vol. 23, n. 3, p. 418-426, 2016.

VIEIRA, R. D.; KRZYZANOWSKI, F. C. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: Abrates, 1999. cap. 4, p. 1-26.

VILLELA, F. A.; PERES, W. B. Coleta, beneficiamento e armazenamento. In: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. (Org.). **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 265-281.

WALTER, A. Plant Growth Dynamics: Analysis of basic and temporal growth patterns on the background of photosynthetic energy gain and interactions with the environment. **Plant Cell Monographs**, v. 10, p. 63-88, 2008.

WALTERS, C. Orthodoxy, recalcitrance and in-between: describing variation in seed storage characteristics using threshold responses to water loss. **Planta**, v. 242, p. 397-406, 2015.

WALTERS, M. B.; REICH, P. B. Low-light carbon balance and shade tolerance in the seedlings of woody plants: do winter deciduous and broad-leaved evergreen species differ? **New Phytologist**, v. 143, p. 143-154, 1999.

WAY, D. A.; PEARCY, R. W. Sunflecks in trees and forests: from photosynthetic physiology to global change biology. **Tree Physiology**, v. 32, p. 1066-1081, 2012.

WENDLING, I.; DUTRA, L. F.; GROSSI, F. **Produção de mudas de espécies lenhosas**. Colombo: Embrapa Florestas, Documentos 130. 2006.

WENDLING, I.; DUTRA, L. F. Produção de mudas de eucalipto por sementes. In: WENDLING, I.; DUTRA, L. F. **Produção de mudas de eucalipto**. Colombo: Embrapa Florestas, 2010. p. 13-47.

WIELEWICKI, A. P. et al. Proposta de padrões de germinação e teor de água para sementes de algumas espécies florestais presentes na região Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, vol. 28, n. 3, p. 191-197, 2006.

ZAVISTANOVICZ, T. C. et al. Morphophysiological responses of *Ilex paraguariensis* seedlings to different substrates and fertilizations. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 21, n. 2, p. 111-115, 2017.

ZLATEV, Z. S.; YORDANOV, I. T. Effects of soil drought on photosynthesis and chlorophyll fluorescence in bean plants. **Bulgarian Journal of Plant Physiology**, v. 30, p. 3-18, 2004.

APÊNDICES

CAPÍTULO I

APÊNDICE A - Resultado da Análise de Variância (Quadrados médios) para germinação (%), índice de velocidade de germinação (IVG), plântulas anormais e diásporos mortos em diferentes substratos com diásporos de *Myrocarpus frondosus*, Santa Maria, RS

Fonte de Variação	GL	Quadrados médios (significância)			
		Germinação	IVG	Plântulas Anormais	DM
Substrato	4	1083,2*	0,32*	49,20*	849,20*
Resíduo	-	89,60	0,028	15,20	85,60
CV (%)	-	15,37	17,54	44,46	33,6
Média geral	-	61,6	0,97	5,40	9,99

^{ns} F não-significativo a 5% de probabilidade; *F significativo a 5% de probabilidade; CV = Coeficiente de variação.

APÊNDICE B - Resultado da Análise de Variância (Quadrados médios) para germinação (%), índice de velocidade de germinação (IVG), plântulas anormais, comprimento de plântulas (CP), matéria seca de plântulas (MSP), diásporos mortos e condutividade elétrica (CE) de diásporos de *Myrocarpus frondosus* em diferentes ambientes e tempos de avaliação, Santa Maria, RS

Fonte de Variação	GL	Quadrados médios (significância)						
		Germinação (%)	IVG	Plântulas Anormais	CP	MSP	Diásporos mortos	CE
Armazenamento (A)	3	9753,8*	2,591*	43,20 ^{ns}	66,71*	18298,19*	10823,24*	400,67*
Tempo (T)	4	15266,5*	3,841*	17,30 ^{ns}	61,05*	8281,49*	15544,49*	3624,28*
A x T	12	933,97*	0,247*	37,70 ^{ns}	9,46*	5258,21*	940,95*	243,00*
Resíduo	-	48,20	0,0223	20,93	0,28	1004,73	79,78	41,12
CV (%)	-	21,53	29,14	49,64	17,51	65,56	13,64	19,38
Média geral	-	32,25	0,52	2,40	3,03	48,35	65,46	33,09

^{ns} F não-significativo a 5% de probabilidade; *F significativo a 5% de probabilidade; CV = Coeficiente de variação.

APÊNDICE C - Resultado da Análise de Variância (Quadrado médio) dos gêneros *Alternaria*, *Aspergillus*, *Colletotrichum*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Mucor* e *Rhizopus* encontrados em diásporos de *Myrocarpus frondosus* em diferentes ambientes de armazenamento e tempos de avaliação, Santa Maria, RS

Fonte de Variação	GL	Quadrados médios (significância)							
		<i>Alternaria</i> spp.	<i>Aspergillus</i> spp.	<i>Colletotrichum</i> spp.	<i>Cladosporium</i> spp.	<i>Fusarium</i> spp.	<i>Penicillium</i> spp.	<i>Mucor</i> spp.	<i>Rhizopus</i> spp.
Armazenamento (A)	3	270,9*	2050,4*	81,0 ^{ns}	4939,6*	28360,7*	3820,0*	2172,9*	861,7*
Tempo (T)	3	340,9*	2106,9*	81,0 ^{ns}	12500,9*	4610,7*	7236,7*	2970,2*	94,3*
A x T	9	99,4*	1289,4*	85,0*	1611,8*	731,8*	2649,6*	2172,9*	174,6*
Resíduo	-	23,4	134,2	17,0	172,9	226,0	91,2	347,7	90,33
CV (%)	-	6,58	14,69	4,56	17,38	29,23	14,66	5,14	11,90
Média geral	-	3,81	57,52	1,12	39,92	50,25	20,50	6,81	5,37

^{ns} F não-significativo a 5% de probabilidade; *F significativo a 5% de probabilidade; CV = Coeficiente de variação.

CAPÍTULO II

APÊNDICE D - Resultado da Análise de Variância (Quadrado médio) para emergência (E), altura (H), diâmetro do coleto (DC), relação H/DC, área foliar (AF), comprimento radicular (CR), matéria seca aérea (MSA), matéria seca radicular (MSR), matéria seca total (MST) e índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de *Myrocarpus frondosus* produzidas em diferentes substratos e adubações no viveiro, Santa Maria, RS

Fonte de Variação	GL	Quadrados médios (significância)									
		E	H	DC	H/DC	AF	CR	MSA	MSR	MST	IQD
Substrato (S)	3	997,1*	11,3*	0,60*	0,05 ^{ns}	4807,0*	155,3*	0,57*	0,72*	2,38*	0,11*
Adubação (A)	3	54,5 ^{ns}	395,8*	19,6*	3,37*	62756,5*	53,8*	11,83*	10,1*	43,60*	1,68*
S x A	9	343,4*	4,64*	0,09 ^{ns}	0,14 ^{ns}	1437,5*	53,3*	0,55*	0,31*	1,54*	0,04*
Resíduo	-	120,3	0,71	0,06	0,08	512,9	16,0	0,19	0,03	0,25	0,004
CV (%)		14,85	10,74	10,69	9,05	12,11	33,14	44,21	28,79	38,78	25,26
Média geral		73,89	7,85	2,34	3,22	51,18	12,07	0,70	0,59	1,29	0,26

^{ns} F não-significativo a 5% de probabilidade; * F significativo a 5% de probabilidade; CV(%) = Coeficiente de variação.

APÊNDICE E - Resultado da Análise de Variância (Quadrado médio) para clorofila *a*, clorofila *b*, carotenoides, fluorescência inicial (F_o), fluorescência máxima (F_m), rendimento quântico máximo do fotosistema II (F_v/F_m) e taxa de transporte de elétrons (ETR) de mudas de *Myrocarpus frondosus* produzidas em diferentes substratos e adubações no viveiro, Santa Maria, RS

Fonte de Variação	GL	Quadrados médios (significância)						
		Clorofila <i>a</i>	Clorofila <i>b</i>	Carotenoides	F_o	F_m	F_v/F_m	ETR
Substrato (S)	3	0,09 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,04*	177252,2*	424848,8*	0,05*	130,3 ^{ns}
Adubação (A)	3	0,02 ^{ns}	0,004 ^{ns}	0,02 ^{ns}	110408,8*	199754,0 ^{ns}	0,059*	269,9 ^{ns}
S x A	9	0,17*	0,06*	0,04*	50432,7*	234079,9 ^{ns}	0,037*	334,9 ^{ns}
Resíduo	-	0,06	0,03	0,01	12927,1	119241,5	0,009	189,4
CV (%)	-	35,08	37,92	33,69	21,29	32,36	20,28	23,61
Média geral	-	0,72	0,46	0,314	534,1	1067,2	0,47	32,63

^{ns} F não-significativo a 5% de probabilidade; * F significativo a 5% de probabilidade; CV(%) = Coeficiente de variação.

CAPÍTULO III

APÊNDICE F - Resultado da Análise de Variância (Quadrado médio) para altura (H), diâmetro do coleto (DC) e relação H/DC de mudas de *Myrocarpus frondosus* produzidas em diferentes sombreamentos e tempos de avaliação no viveiro, Santa Maria, RS

Fonte de Variação	GL	Quadrados médios (significância)		
		H	DC	H/DC
Sombreamento (S)	3	189,9*	4,6*	1,8*
Tempo (T)	6	219,7*	8,6*	2,3*
S x T	18	43,8*	0,93*	0,75 ^{ns}
Bloco	4	2,3 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,41 ^{ns}
CV (%)		19,03	12,41	16,10
Média geral		10,84	2,91	3,65

^{ns} F não-significativo a 5% de probabilidade; * F significativo a 5% de probabilidade; CV(%) = Coeficiente de variação.

APÊNDICE G - Resultado da Análise de Variância (Quadrado médio) para matéria seca aérea (MSA), matéria seca radicular (MSR), matéria seca total (MST), índice de qualidade de Dickson (IQD), volume radicular (VR), área foliar (AF) e comprimento radicular (CR) de mudas de *Myrocarpus frondosus* produzidas em diferentes níveis de sombreamento no viveiro, Santa Maria, RS

Fonte de Variação	GL	Quadrados médios (significância)						
		MSA	MSR	MST	IQD	VR	AF	CR
Sombreamento	3	1,91*	0,59*	4,62*	0,08*	6,52*	28462,2*	82,71*
Bloco	4	0,011 ^{ns}	0,003 ^{ns}	0,022 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,69 ^{ns}	233,6 ^{ns}	20,57 ^{ns}
Resíduo	-	0,015	0,03	0,05	0,002	0,223	372,8	14,76
CV (%)	-	16,94	27,61	16,64	19,17	23,45	13,70	13,95
Média geral	-	0,72	0,58	1,31	0,24	2,02	61,15	7,82

^{ns} F não-significativo a 5% de probabilidade; * F significativo a 5% de probabilidade; CV(%) = Coeficiente de variação.

APÊNDICE H - Resultado da Análise de Variância (Quadrado médio) para clorofila *a*, clorofila *b*, relação clorofila *a/b*, carotenoides, fluorescência inicial (F_o), fluorescência máxima (F_m), rendimento quântico máximo do fotossistema II (F_v/F_m) e taxa de transporte de elétrons (ETR) de mudas de *Myrocarpus frondosus* produzidas em diferentes níveis de sombreamento no viveiro, Santa Maria, RS

Fonte de Variação	GL	Quadrados médios (significância)							
		Cloro fila <i>a</i>	Clorofi la <i>b</i>	Relação clorofila <i>a/b</i>	Caroteno ides	F_o	F_m	F_v/F_m	ETR
Sombreamento	3	0,91*	0,44*	6,04*	0,04*	293,7*	5825,4*	0,05*	12721,1*
Bloco	4	0,03 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,002 ^{ns}	80,1 ^{ns}	2259,8 ^{ns}	0,002 ^{ns}	3453,3 ^{ns}
Resíduo	-	0,04	0,02	0,31	0,004	89,9	2150,4	0,008	3488,7
CV (%)	-	17,16	36,71	15,03	17,30	6,49	46,79	19,98	25,50
Média geral	-	1,22	0,41	3,73	0,38	146,0	99,1	0,45	186,7

^{ns} F não-significativo a 5% de probabilidade; *F significativo a 5% de probabilidade; CV(%) = Coeficiente de variação.

CAPÍTULO IV

APÊNDICE I - Resultado da Análise de Variância (Quadrado médio) para altura (H), diâmetro do coleto (DC) e relação H/DC de mudas de *Myrocarpus frondosus* em diferentes sombreamentos e tempos de avaliação no campo, Santa Maria, RS

Fonte de Variação	GL	Quadrados médios (significância)		
		H	DC	H/DC
Sombreamento (S)	3	10080,8*	43,9*	23,7*
Tempo (T)	6	31483,2*	602,8*	16,4*
S x T	18	1425,3*	10,1*	2,67*
Bloco	3	11341,8*	151,7*	15,8*
Resíduo	-	509,4	8,15	0,58
CV (%)	-	32,20	26,49	12,89
Média geral	-	70,09	10,78	5,91

^{ns} F não-significativo a 5% de probabilidade; * F significativo a 5% de probabilidade; CV(%) = Coeficiente de variação.

APÊNDICE J - Resultado da Análise de Variância (Quadrado médio) para área foliar (AF), matéria seca das folhas (MSF), matéria seca de caule e ramos (MSCR), matéria seca da parte aérea (MSPA) de plantas de *Myrocarpus frondosus*, aos 540 dias após o plantio no campo em diferentes níveis de sombreamento, Santa Maria, RS

Fonte de Variação	GL	Quadrados médios (significância)			
		AF	MSF	MSCR	MSPA
Sombreamento	3	6,32*	41227,1*	121859,5*	304234,5*
Bloco	3	2,70 ^{ns}	12529,1 ^{ns}	51916,9 ^{ns}	115284,2 ^{ns}
Resíduo	-	0,96	6691,60	22429,3	53253,9
CV (%)	-	33,27	35,59	35,23	35,23
Média geral	-	2,94	229,81	425,12	654,9

^{ns} F não-significativo a 5% de probabilidade; * F significativo a 5% de probabilidade; CV(%) = Coeficiente de variação.

APÊNDICE K - Resultado da Análise de Variância (Quadrado médio) para clorofila *a* (Chl *a*), clorofila *b* (Chl *b*), relação clorofila *a/b*, carotenoides (Car), fluorescência inicial (F_0), fluorescência máxima (F_m), rendimento quântico máximo do fotossistema II (F_v/F_m) e taxa de transporte de elétrons (ETR) de mudas de *Myrocarpus frondosus* em diferentes sombreamentos e tempos de avaliação no campo, Santa Maria, RS

Fonte de Variação	G	Quadrados médios (significância)							
		Cl <i>a</i>	Cl <i>b</i>	Relação clorofila <i>a/b</i>	Car	F_0	F_m	F_v/F_m	ETR
Sombreamento (S)	3	0,12*	0,11*	1,44*	0,006 ^{ns}	25249,1*	204735,7*	0,02 ^{ns}	108,3 ^{ns}
Tempo (T)	2	0,51*	0,24*	4,89*	0,009*	451836,1*	132354,8*	0,37*	198382,2*
S x T	6	0,03 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,50 ^{ns}	0,002 ^{ns}	25378,8*	137977,1*	0,02*	3322,5 ^{ns}
Bloco	3	0,05*	0,05 ^{ns}	0,68 ^{ns}	0,004 ^{ns}	12962,6 ^{ns}	7953,9 ^{ns}	0,05*	8579,1 ^{ns}
Resíduo	-	0,03	0,02	0,30	0,002	6472,7	32268,7	0,009	4061,4
CV (%)	-	12,17	29,15	15,57	10,83	6,76	5,48	15,26	2,77
Média geral	-	1,46	0,49	3,51	0,46	216,31	519,1	0,62	137,1

^{ns} F não-significativo a 5% de probabilidade; * F significativo a 5% de probabilidade; CV(%) = Coeficiente de variação.