

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

HORÁCIA CELINA ARMANDO MULA

**AVALIAÇÃO DE DIFERENTES SUBSTRATOS NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE
Sebastiania commersoniana (Baillon) L. B. Smith & R. J. Downs**

CURITIBA

2011

HORÁCIA CELINA ARMANDO MULA

**AVALIAÇÃO DE DIFERENTES SUBSTRATOS NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE
Sebastiania commersoniana (Baillon) L. B. Smith & R. J. Downs**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Área de Concentração em Silvicultura, Departamento de Ciências Florestais, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Carlos Nogueira

Co-orientador: Nilton José de Sousa

CURITIBA

2011

1269/PR

Ficha catalográfica elaborada por Deize C. Kryczyk Gonçalves – CRB

Mula, Horácia Celina Armando
Avaliação de diferentes substratos na produção de mudas de
Sebastiania commersoniana (Baillon) L. B. Smith & R. J. Downs / Horácia
Celina Armando Mula -2011.
98 f. : il.
Orientador: Prof. Dr. Antonio Carlos Nogueira
Co-orientadora: Prof. Dr. Nilton José de Sousa
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de
Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal.
Defesa: Curitiba, 24/03/2011
Inclui bibliografia
Área de concentração: Silvicultura
1. *Sebastiania commersoniana* - Mudas. 2. Árvores – Mudas. 3. Viveiros
florestais. 4. Teses. I. Nogueira, Antonio Carlos. II. Sousa, Nilton José de. III.
Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de
Pós-Graduação em Engenharia Florestal. IV. Título.

CDD –634.9
CDU – 634.0.232.42

Aos meus pais Armando Tatissane Mula e Maria Teassane Manave.
Ao meu esposo António do Rosário Bernardino Boene (Tony).
Aos meus filhos Ayrton Kennedy Joshua Boene e Miklos Madiba Boene.
Que esta dissertação sirva de inspiração no futuro e
Aos meus irmãos Alcides, Cândida e Hermenegildo.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus pela saúde, benção, proteção, sabedoria, entendimento e acima de tudo pela força que me concedeu para a materialização deste trabalho.

Ao Ministério de Ciência e Tecnologia de Moçambique e ao CNPq pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Prof. Dr. Antonio Carlos Nogueira pela orientação, apoio, incentivos, confiança, pela amizade, conselhos e pelo conhecimento repassado durante 2 anos e acima de tudo pela incansável paciência.

Ao professor Dr. Nilton José de Sousa pela co-orientação, correção do trabalho, pelos conselhos, amizade e pelo companheirismo durante a minha estadia em Curitiba.

Agradecimento ao Instituto Ambiental do Paraná (IAP) por ter cedido as sementes de branquilha.

Ao Prof. Dr. Fernando Grossi por ter cedido o viveiro para realização do experimento.

Ao professor Antônio Motta pela utilização do laboratório de solos estendendo os meus agradecimentos a todos os técnicos do laboratório em especial à Juliana, Graciano, Roberto e a Reginaldo.

Ao professor Renato Marques por ter cedido o laboratório de biogeoquímica da UFPR Departamento de solos pela análise de foliar e em especial ao senhor Aldair por ter me acompanhado em todas as análises.

Ao professor Edelclaiton pelo consentimento para o uso do Laboratório de fitotecnia da UFPR em especial à Maria Emília, pela dedicação, paciência e atenção nunca negada.

Aos professores Dr. Dartagnan Baggio Emerciano, Dr. Nelson Rosot, Dr. Márcio Pereira da Rocha, Dr. Júlio Arce e Dr. Romano Timofeiczky, agradeço pela calorosa recepção, inserção e principalmente pela amizade e a facilidade da minha integração no Brasil e na UFPR.

A todos os professores da área de Silvicultura e Conservação pelos ensinamentos em especial ao professor Antonio Higa pela amizade.

Aos meus pais Armando Mula e Maria Manave por terem contribuído bastante para a minha formação, cuidando dos meus filhos o tempo que estive ausente.

Ao meu esposo António do Rosário Bernardino Boene (Tony), pela força, apoio moral, compreensão, incentivo e contribuição para a minha formação.

Aos meus filhotes Ayrton Kennedy Joshua Boene e Miklos Madiba Boene por terem sabido esperar com muita paciência o tempo todo que estive ausente.

Um agradecimento especial à Dagma Kratz pela amizade, companheirismo e na coleta de dados, Marcos Vinicius pelo companheirismo e auxílio na análise estatística e a Maria da Penha pela recepção, amizade e companheirismo.

Aos meus colegas e amigos Lucas Pimenta, Suelen Rego e Patrícia Pires pela convivência no laboratório e estendendo os agradecimentos a dona Claudete, técnica do laboratório de sementes florestais da UFPR.

Agradeço ao Alberto Manhiça, Cláudio Cuaranhua por terem me recebido aqui no Brasil e a Nocy Bila e Mércia Bié pela convivência e amizade durante a nossa estadia no Brasil.

Aos meus amigos moçambicanos que entraram neste desafio comigo, Jacob Bila, Mário Tuzine, Clemência Chitsondo, Hecralito Mucavele, Rubem Taibo, Miguel Muguio, e o resto da turma moçambicana que reside aqui, pelo apoio e convivência aqui no Brasil.

A Tallyssa e ao Richardson pela correção da língua portuguesa.

Aos professores amigos da Universidade Eduardo Mondlane (UEM) pelo voto de confiança e amizade.

A todos que de maneira direta ou indireta tenham contribuído para a realização deste trabalho

MUITO OBRIGADA!

Eu sentia-me seguro e pensava comigo:
“Nunca serei derrotado.”
Tu foste bom pra mim, Senhor, e deste-me segurança,
Mas, se desvias de mim o teu olhar, fico cheio de medo.

SALMO 30

RESUMO

Recentemente começaram a surgir novos materiais com propriedades químicas e físicas mais adequadas e favoráveis para um rápido crescimento das mudas. O objetivo deste trabalho foi analisar as características físicas e químicas dos substratos a base de casca de arroz carbonizada, fibra de coco, vermiculita fina e substrato comercial a base de casca de pinus e suas combinações, bem como a sua influência na produção de mudas de qualidade de *Sebastiania commersoniana* em tubetes. O experimento foi conduzido no viveiro da fazenda do Cangurii, localizada no município de Pinhais, Região Metropolitana de Curitiba, estado do Paraná, Brasil, pertencente a UFPR. Foram realizadas semeaduras diretas em tubetes com capacidade volumétrica de 120 mL. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 22 substratos (tratamentos) e 5 repetições com 20 mudas. A cada 30 dias foram feitas avaliações de altura e diâmetro e ao final dos 6 meses, quantificou-se a biomassa fresca e seca aérea e radicial, facilidade de retirada das mudas do tubete, agregação das raízes ao substrato, análise física, química do substrato, nutricional das folhas e mediu-se o comprimento e volume das raízes e finalmente a área foliar usando o programa WhiRhizo. Os resultados foram submetidos ao teste de Bartlett em seguida a análise de variância e o teste de Scott-knott para observar a diferença entre as médias. Desta análise estatística observou-se que houve diferença significativa entre as variáveis morfológicas analisadas. Entre os substratos testados os melhores resultados para produção de mudas de *Sebastiania commersoniana* foram o substrato comercial a base da casca de pinus e pequenas quantidades de casca de arroz carbonizada misturado com pequenas proporções de fibra de coco, casca de arroz carbonizada pura não foi viável para produção de mudas, pois as suas propriedades físicas e químicas não se mostraram favoráveis, apresentando pH alto acima de 7 e densidade baixa. A agregação das raízes ao substrato não foi boa, facilitando assim a retirada da muda do tubete, as mudas que não agregam perfeitamente o substrato forma um torrão mole e dificulta a expedição da mesma. A área foliar, comprimento e volume da raiz se correlacionaram. A caracterização física dos substratos permite a análise da disponibilidade de ar e água para as plantas, proporcionando uma criteriosa recomendação do manejo da irrigação a ser utilizado, a caracterização química do substrato é importante para a adubação do mesmo, pois nenhum substrato é fértil, deste trabalho concluí-se que o substrato comercial a base de casca de pinus é o melhor, a mistura de substrato com vermiculita fina não foi favorável para produção de mudas e a casca de arroz carbonizada pura é ineficiente, a correlação para os parâmetros morfológicos foi muito forte, as propriedades físicas não podem ser analisadas individualmente e as químicas servem para ajudar na adubação do substrato.

Palavra-chave: mudas florestais, branquilha, viveiro florestal, substratos

ABSTRACT

Recently began to emerge new materials with chemical and physical properties more suitable and favorable for a faster seedling growth. The main objective of this study was to analyze the physical and chemical characteristics of substrates composed of rice hulls, coir, vermiculite and fine commercial substrate of pine bark and their combinations, as well as their influence on seedling production of *Sebastiania commersoniana* in tubes. The experiment was held in the Cangurii farm, located in the city of Pinhais, on the Metropolitan Region of Curitiba, Parana State, Brazil, and property of UFPR. Direct sowings were made in tubes with a volume capacity of 120 ml, 5 times daily watering, staying in the nursery for 6 months. The experimental design was completely randomized with 22 substrates (treatments) and 5 replicates of 20 seedlings. Every 30 days assessments were made of height and diameter, and after 6 months, it was quantified fresh and dry biomass and root air, it was easy to remove the seedlings from the tube, the root was aggregated to the substrate, physical and chemical analysis of the substrate, nutritional status of leaves and measured the length and volume of roots and finally the leaf area using the program WhiRhizo. The results were tested using the bartlett test, then the variance analysis with the Scott-Knott test to observe the difference between averages. This statistical analysis has shown significant differences between the morphological variables analyzed. Among the substrates tested the best outcome for the production of *Sebastiania commersoniana* was the commercial substrate made of pine bark, and it was noticed that pure CAC is not viable for seedling production, because its physical and chemical properties haven't shown favorable results, with high pH – above 7 – and very low densities. The aggregation of roots to the substrate was not good, facilitating, this way, the removal of the seedlings out of the tube; the seedlings that do not add perfectly the substrate form a soft lump, making it hard to be removed. Physical characterization of the substrate allows the analysis of the availability of air and water for plants, providing an conscientious recommendation of irrigation management to be used, the chemical characterization of the substrate is important for its fertilization, since no substrate is fertile, this study concluded that the commercial substrate of pine bark is the best; mixing the substrate with fine vermiculite was not favorable for seedling production and the CAC alone is ineffective, the correlation with morphological parameters was very strong. Physical properties are important for characterizing the substrate, but cannot be studied individually and the smaller the aggregation of the substrate, the easiest is to remove it out of the tube.

Keyword: seedling, branquilha, forest nursery, substrates

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - LOCALIZAÇÃO DA FAZENDA EXPERIMENTAL DO CANGURI.....	31
FIGURA 2 – PARTE AÉREA E RADICIAL DA MUDA DE <i>Sebastiania commersoniana</i> (A), FOLHAS DE <i>Sebastiania commersoniana</i> (B).....	36
FIGURA 3 - MÁQUINA DO SCANNER WINRHIZO (A), LEITURA DO SCANNER DAS FOLHAS (B)	37
FIGURA 4 – RAÍZES DE <i>Sebastiania commersoniana</i> (A), CONSERVAÇÃO DAS RAÍZES EM ALCOOL 50% (B)	37
FIGURA 5 - RAÍZES IMERSAS EM ÁGUA PARA A LEITURA DO VOLUME E COMPRIMENTO (A); LEITURA DO VOLUME E COMPRIMENTO DAS RAÍZES (B)	38
FIGURA 6 - ESCALA DE AGREGAÇÃO DAS RAÍZES AO SUBSTRATO	39

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1 - CORRELAÇÃO DE VARIÁVEIS QUÍMICAS FOLIARES COM VARIÁVEIS QUÍMICAS DO SUBSTRATO	94
ANEXO 2 – CORRELAÇÃO ENTRE AS PROPRIEDADES FÍSICAS DO SUBSTRATO E AS VARIÁVEIS MORFOLÓGICAS DAS MUDAS DE <i>Sebastiania commersoniana</i>	95
ANEXO 3 – CORRELAÇÃO ENTRE AS VARIÁVEIS FÍSICAS E QUÍMICAS DOS SUBSTRATOS	96
ANEXO 4 - <i>Sebastiania commersoniana</i> (branquilha)	97
ANEXO 5 - SUBSTRATOS PUROS UTILIZADOS PARA A PRODUÇÃO A FORMULAÇÃO DOS TRATAMENTOS	98

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1– RELAÇÃO ENTRE A ALTURA E DIÂMETRO <i>Sebastiania commersoniana</i> AVALIADAS AOS 180 DIAS	54
GRÁFICO 2– RELAÇÃO DA BIOMASSA SECA DA PARTE AÉREA E RADIACIAL DAS MUDAS DE <i>Sebastiania commersoniana</i> AOS 180 DIAS.....	59
GRÁFICO 3 - ÍNDICE DE QUALIDADE DE DICKSON (IQD) EM MUDAS DE <i>Sebastiania commersoniana</i>	61
GRÁFICO 4 - FACILIDADE DE RETIRADA (FRT) E AGREGAÇÃO DAS RAÍZES (AGR) DE <i>Sebastiania commersoniana</i> DO TUBETE EM RESPOSTA AOS SUBSTRATOS TESTADOS.....	66

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – COMPOSIÇÃO RELATIVA DOS NUTRIENTES PRESENTES NA MATÉRIA SECA DAS PLANTAS.....	13
TABELA 2 - ESCALA DE VALORES IDEAIS PARA INTERPRETAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DE SUBSTRATOS USADOS PARA PRODUÇÃO DE MUDAS DE ESPÉCIES FLORESTAIS.....	25
TABELA 3 - PROPORÇÕES (%) DE SUBSTRATOS UTILIZADOS PARA COMPOSIÇÃO DOS TRATAMENTOS PARA PRODUÇÃO DE MUDAS DE <i>Sebastiania commersoniana</i>	32
TABELA 4 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA H30, H60, H120 E H180 DAS MUDAS DE <i>Sebastiania commersoniana</i> PRODUZIDAS EM DIFERENTES SUBSTRATOS.....	44
TABELA 5 - ALTURA DAS MUDAS DE <i>Sebastiania commersoniana</i> AVALIADOS DURANTE 180 DIAS	45
TABELA 6 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA O DIÂMETRO AOS D60, D120, D180 DE MUDAS DE <i>Sebastiania commersoniana</i> PRODUZIDAS EM DIFERENTES SUBSTRATOS.....	50
TABELA 7 - DIÂMETRO DO COLO DAS MUDAS DE <i>Sebastiania commersoniana</i> AVALIADOS DURANTE 60, 120 E 180 DIAS	51
TABELA 8 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA A RELAÇÃO ALTURA E DIÂMETRO (H/D) AOS 60, 120, 180 PARA AS MUDAS DE <i>Sebastiania commersoniana</i> PRODUZIDAS EM DIFERENTES SUBSTRATOS.....	53
TABELA 9 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA BIOMASSA SECA AÉREA (BsPA), BIOMASSA SECA RADICIAL (BsPR), % DE RAIZES E O ÍNDICE DE QUALIDADE (IQD) DE MUDAS DE <i>Sebastiania commersoniana</i> PRODUZIDAS EM DIFERENTES SUBSTRATOS.....	56
TABELA 10 - BIOMASSA SECA DA PARTE AÉREA, RADICIAL E TOTAL, PERCENTAGEM DAS RAIZES DAS MUDAS DE <i>Sebastiania commersoniana</i> AOS 180 DIAS.....	57
TABELA 11- CORRELAÇÃO ENTRE AS VARIÁVEIS MORFOLOGICAS E FISIOLÓGICAS DE QUALIDADE DE MUDAS	60

TABELA 12 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA A ÁREA FOLIAR, COMPRIMENTO DA RAIZ E VOLUME DA RAIZ DE MUDAS DE <i>Sebastiania commersoniana</i> PRODUZIDAS EM DIFERENTES SUBSTRATOS.	62
TABELA 13- COMPRIMENTO DA RAÍZ E ÁREA FOLIAR DE <i>Sebastiania commersoniana</i>	63
TABELA 14- CORRELAÇÃO ENTRE A AREA FOLIAR, COMPRIMENTO DA RAÍZ E VOLUME DAS RAIZES DE <i>Sebastiania commersoniana</i>	65
TABELA 15 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA A AGREGAÇÃO DAS RAÍZES AO SUBSTRATO E PARA A FACILIDADE DE RETIRADA DAS MUDAS DE <i>Sebastiania commersoniana</i> DOS TUBETES	66
TABELA 16 – CORRELAÇÃO ENTRE AS VARIÁVEIS MORFOLOGICAS E FISIOLÓGICAS COM A FACILIDADE DE RETIRADA DO TUBETE E AGREGAÇÃO DAS RAÍZES AO SUBSTRATO.	68
TABELA 17 - ANÁLISE FOLIAR DE MUDAS DE <i>Sebastiania commersoniana</i> PARA O Cu – COBRE, Mn – MANGANÊS, Fe – FERRO, Zn – ZINCO, K - POTÁSSIO, Ca – CALCIO, Mg – MAGNÉSIO, P – FÓSFORO.....	69
TABELA 18 - RESULTADOS ANALÍTICOS DA CARATERIZAÇÃO QUIMICA DAS DIFERENTES COMPOSIÇÕES DE SUBSTRATO	75
TABELA 19 - CORRELAÇÃO ENTRE AS VARIÁVEIS DE QUALIDADE DE MUDA E OS ELEMENTOS QUIMICOS DO SUBSTRATO.....	78
TABELA 20 - RESULTADOS DAS PROPRIEDADES FISICAS DOS DIFERENTES SUBSTRATOS USADAS PARA PRODUÇÃO DE MUDAS DE <i>Sebastiania commersoniana</i>	79
TABELA 21 – CORRELAÇÃO ENTRE AS PROPRIEDADES FÍSICAS DO SUBSTRATO PARA PRODUÇÃO DE MUDAS DE <i>Sebastiania commersoniana</i>	83

LISTA DE ABREVIATURAS

- AD – Água disponível
AFD – Água facilmente disponível
AGR – Agregação das raízes aos substrato
AT – Água tamponante
BfrPA – Biomassa fresca da parte aérea
BfrPR – Biomassa fresca da parte radicial
BsPA – Biomassa seca aérea
BsPR – Biomassa seca radicial
BsT – Biomassa seca total
CAC – Casca de arroz carbonizada
CE – Condutividade elétrica
CTC – Capacidade de troca catiônica
CRA – Capacidade de retenção de água
DAP – Diâmetro altura do peito
D – Diâmetro do colo
DIC – Delineamento inteiramente casualizado
DS – Densidade seca
DU – Densidade úmida
EA – Espaço de aeração
FC – Fibra de coco
FRT – Facilidade de retirada do tubete
H – Altura
ha - hectar
H/D – Relação altura e diâmetro
IAF – Índice de área foliar
IQD – Índice de qualidade de Dickson
K – Potássio
Mn – Manganês
Mg – Magnésio
P – Fósforo
PT – Porosidade total

PSA – Peso seco aéreo
PSR – Peso seco radicial
S – Enxofre
VF – Vermiculita fina
Zn – Zinco

LISTA DE SIGLAS

ANOVA – Análise de variância

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

UFPR - Universidade Federal do Paraná

IAP – Instituto ambiental do Paraná

MAPA - Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 OBJETIVO GERAL.....	2
1.1.1Objetivos específicos	2
2. REVISÃO DA LITERATURA	3
2.1 <i>Sebastiania commersoniana</i> (Baillon) Smith & Downs.....	3
2.2 QUALIDADE DE MUDAS DE ESPÉCIES FLORESTAIS	4
2.3 ÁREA FOLIAR, COMPRIMENTO E VOLUME DAS RAÍZES DAS MUDAS.....	9
2.4 DETERMINAÇÃO DA RETIRADA DO TUBETE E AGREGAÇÃO DA RAIZ AO SUBSTRATO.....	10
2.5 AVALIAÇÃO DO ESTADO NUTRICIONAL DAS MUDAS.....	11
2.6 SUBSTRATOS.....	14
2.6.1 Propriedades físicas.....	17
2.6.2 Propriedades químicas.....	22
2.6.2.3 Salinidade e Condutividade elétrica (CE).....	24
2.6.3 Características dos substratos	25
2.7 RECIPIENTE PARA PRODUÇÃO DE MUDA - TUBETE (POLIPROPILENO)	30
3. MATERIAL E MÉTODOS	31
3.1 LOCAL DE REALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO.....	31
3.2 FORMULAÇÃO DE DIFERENTES PROPORÇÕES DE SUBSTRATO PARA PRODUÇÃO DE MUDAS DE <i>Sebastiania commersoniana</i>	32
3.3 AQUISIÇÃO DE SEMENTES, PRODUÇÃO E RALEIO DE MUDAS	33
3.4 AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS MORFOLÓGICOS E FISIOLÓGICOS DAS MUDAS DE <i>Sebastiania commersoniana</i>	34
3.4.1 Determinação da área foliar, comprimento e volume das raízes das mudas.....	36
3.5 DETERMINAÇÃO DA FACILIDADE DE RETIRADA DO TUBETE E AGREGAÇÃO DAS RAÍZES AO SUBSTRATO.....	38
3.6 ANÁLISES QUÍMICAS DOS TEORES DE NUTRIENTES FOLIARES DA <i>Sebastiania commersoniana</i>	39
3.7 CARACTERIZAÇÃO DOS SUBSTRATOS	40

3.7.1 Análises físicas dos substratos	40
3.7.2 Análises químicas do substrato.....	40
3.8 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	42
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	43
4.1 ANÁLISE FÍSICA DA SEMENTE	43
4.2 PARÂMETROS MORFOLÓGICOS E FISIOLÓGICOS DAS MUDAS DE <i>Sebastiania commersoniana</i>	43
4.2.1 Altura das mudas (H)	43
4.2.2 Diâmetro do colo.....	50
4.2.3 Relação da parte aérea e diâmetro do colo (relação H/D)	53
4.2.4 Biomassa seca e fresca da parte aérea e radicial	55
4.2.5 Índice de qualidade de mudas (IQD).....	60
4.2.6 Área foliar, comprimento e volume das raízes das mudas de <i>Sebastiania commersoniana</i>	62
4.3 AVALIAÇÃO DA RETIRADA DAS MUDAS DE <i>Sebastiania commersoniana</i> DO TUBETE E DA AGREGAÇÃO DAS RAÍZES AO SUBSTRATO TESTADOS	65
4.4 ANÁLISES DAS VARIÁVEIS QUÍMICAS FOLIARES DA <i>Sebastiania commersoniana</i>	68
4.5 PROPRIEDADES DO SUBSTRATO	74
4.5.1 Análise das variáveis químicos do substrato	74
4.5.2 Análise física do substrato	78
4.5.3 Correlação entre as propriedades físicas	83
5. CONCLUSÃO	85
REFERÊNCIAS	86
ANEXOS	93

1. INTRODUÇÃO

O conhecimento silvicultural sobre a produção de mudas nativas é escasso, principalmente das espécies que são utilizadas para recuperação de áreas degradadas, e dentre estas, está a *Sebastiania commersoniana*. Essa espécie é conhecida popularmente como branquilha, e está presente nos ambientes ciliares da Floresta Ombrófila Mista (CARVALHO, 1994, p. 481).

No que se refere à produção de mudas, vários fatores devem ser considerados, a fim de obter mudas com qualidade, e dentre estes está o substrato. Segundo Wendling; Dutra; Grossi (2006, p. 12) a principal função do substrato é sustentar a muda e fornecer condições adequadas para o desenvolvimento e funcionamento do sistema radicial, assim como os nutrientes necessários ao crescimento da planta, ser isento de sementes de plantas invasoras, pragas e fungos patogênicos, evitando-se assim a necessidade de sua desinfestação.

A produção de mudas de espécies florestais tem se aperfeiçoado bastante com o surgimento de novas tecnologias e de substratos renováveis a base de cascas de árvores. Esses substratos possuem propriedades adequadas e favoráveis para um rápido crescimento de mudas florestais. Segundo Kratz (2011, p.16) a utilização destes materiais renováveis para formulação de substratos é de fundamental importância, visto ao aumento da produção de mudas, que deve seguir os padrões de sustentabilidade, ou seja, ecologicamente correta, economicamente viável e socialmente justa.

Dentre os substratos utilizados atualmente, o de casca de pinus semidecomposta, pode não atender a demanda do mercado, visto que a utilização deste produto está aumentando, não somente devido ao aumento da produção de mudas florestais, mas também a sua utilização em diversas áreas agrícolas.

Desta forma, há necessidade de ampliar as pesquisas em relação aos substratos com a finalidade de apresentar novas formulações para serem usados em substituição do substrato comercial para a obtenção de mudas de boa qualidade, que resistam a adversidades ambientais após o plantio e que reduzam o custo de sua produção e aquisição.

1.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar as características dos diferentes substratos e suas combinações, bem como a sua influência na produção de mudas de *Sebastiania commersoniana* em tubetes.

1.1.1 Objetivos específicos

- Avaliar os parâmetros morfológicos e fisiológicos de qualidade de mudas de *Sebastiania commersoniana* em diferentes substratos formulados com substrato comercial a base de casca de pinus, casca de arroz carbonizada, fibra de coco e vermiculita fina.
- Avaliar a facilidade de retirada do tubete e a agregação das raízes ao substrato.
- Determinar os teores foliares médios de alguns macros e micronutrientes das mudas de *Sebastiania commersoniana* e
- Analisar as propriedades químicas e físicas do substrato comercial a base de casca de pinus, casca de arroz carbonizada, fibra de coco e vermiculita fina.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 *Sebastiania commersoniana* (Baillon) Smith & Downs

Sebastiania commersoniana é uma espécie da família Euphorbiaceae, possui vários nomes vulgares, como branquilha, branquinha e branquinho, no entanto mais conhecida como branquilha no sul de Paraná (LORENZI, 1992, p. 111).

Esta espécie é uma árvore que pode ser descrita botanicamente como caducifólia, geralmente podendo atingir até 10 m de altura e 20 cm de diâmetro a altura do peito (DAP), podendo atingir até 20 m de altura e 50 cm de DAP dependendo das condições onde se encontra. climáticas do local. A espécie apresenta-se geralmente como uma árvore com tronco tortuoso e provido de numerosos espinhos quando jovem; fuste normalmente curto, podendo atingir até 10 m de comprimento. A ramificação é racemosa, quase horizontal até pendente; copa alongada ou arredondada, com folhagem bastante densa (CARVALHO, 1994, p. 481).

A espécie possui folhas simples, alternas, espiraladas, elíptico-lanceolada, com até 6 cm de comprimento e 4 cm de largura, ápice com um pequeno múcron. A casca tem até 3 mm de espessura total. A casca externa é cinza-escura, quase lisa, com escamas pequenas e retangulares, desprendendo em ripas, a interna é marrom, exsudando pouco látex branco amarelado. Flores muito pequenas, verde-amareladas, pouco aparentes, reunidas em densos cachos pendentes dos ramos. Os seus frutos são cápsulas esféricas tricoca com deiscência explosiva, seco, verde quando imaturo e castanha quando maduro, com 5 mm de diâmetro. A semente é lisa, ovolada, marron-clara e escura, o seu comprimento vai até 6 mm e largura 3 mm (CARVALHO, 1994, p. 481).

Segundo Carvalho, (1994, p. 481), *Sebastiania commersoniana* ocorre naturalmente na Latitude 20°S (MG) a 30°15'S (RS) no Brasil, chegando a 35°S no Uruguai. No Brasil, em diferentes estados, como Minas Gerais (sul), Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e São Paulo (Leste), Segundo LORENZI (1992, p. 111), também ocorre no Rio de Janeiro e nas matas ciliares de várias formações florestais). CARVALHO (1994, p. 482), cita que sua ocorrência natural é em solos

temporariamente alagados e com lençol freático superficial. Ocorrem ainda em solos rasos com afloramento de rocha, baixada com solos férteis com drenagem regular, terrenos inclinados e erodidos.

Sua madeira é classificada como moderadamente pesada com densidade de 0.63 a 0.77 g/cm³ a 15% de umidade, compacta, pouco elástica, macia, de baixa durabilidade quando exposta as intempéries. Ela pode ser usada como lenha e carvão, mas também é empregada para caibros e cabos de ferramentas (LORENZI, 1992, p.111).

A árvore apresenta características ornamentais, principalmente pela coloração azulada da folhagem, podendo ser usada na arborização urbana. Também é muito indicada para a composição de reflorestamentos mistos destinados à recomposição de áreas degradadas ao longo das margens de rios e reservatórios, dada sua preferência por solos úmidos e brejosos (LORENZI, 1992, p.111).

2.2 QUALIDADE DE MUDAS DE ESPÉCIES FLORESTAIS

Para o sucesso de um reflorestamento ou plantio definitivo, a sobrevivência, o estabelecimento, a frequência dos tratos culturais e o crescimento inicial das árvores são avaliações necessárias e imprescindíveis. A determinação da qualidade das mudas é baseado em parâmetros morfológicos e fisiológicos (GOMES *et al.* p. 656).

Segundo Gomes e Paiva (2006, p. 94) os parâmetros morfológicos são os mais utilizados na determinação da qualidade de mudas, mas estes, porém têm algumas vantagens e desvantagens, pois não permitem conclusões definitivas a respeito do estágio de crescimento do processo de produção de mudas, e também este parâmetro utilizado isolado como, por exemplo a altura, sem o fisiológico, (teor de nutrientes) depende muito do nível da qualidade que se pretende obter, de acordo com o objetivo da produção de mudas.

Mudas de baixo padrão de qualidade se desenvolvem em altura num ritmo menos acentuada, apresentam menores taxas de incremento/hectare/ano. O padrão de qualidade de mudas varia entre espécies e, para uma mesma espécie, entre sítios. O objetivo é atingir uma qualidade em que as mudas apresentem características que possam oferecer resistência às condições adversas que poderão

ocorrer posteriormente, mesmo tendo sido o plantio efetuado em período de condições favoráveis (CARNEIRO, 1995, p. 58).

A qualidade das mudas pertence a um dos mais importantes problemas dos trabalhos de reflorestamento. Em primeiro lugar, é uma questão biológica, mas dela também resultam grandes custos de reflorestamento. Uma alta qualidade das mudas garante que os custos do reflorestamento sejam os menores possíveis. Uma má qualidade das mudas tem como consequência medidas adicionais de tratamento, melhorias posteriores e, no pior dos casos, a repetição do reflorestamento (PARVIAINEN, 1981, p. 59).

Pelas facilidades de medições os parâmetros morfológicos mais utilizados na determinação da qualidade de mudas de espécies florestais são: altura da parte aérea (H), diâmetro de colo (D), biomassa seca total (BsT), biomassa fresca da parte aérea (BfrPA), biomassa fresca da parte radicial (BfrPR), biomassa seca da parte aérea (BsPA), biomassa seca da parte radicial (BsPR), relação altura da parte aérea e diâmetro do colo (H/D) e o índice de qualidade de Dickson (IQD) (GOMES *et al.* 2002 p. 657).

2.2.1 Altura

A altura e o diâmetro do colo das mudas são parâmetros utilizados com muita eficiência para estimar o padrão de qualidade das mudas de espécies florestais nos viveiros (GOMES; PAIVA 2006, p. 95). O uso da altura das mudas de espécies florestais como único meio de avaliação do padrão de qualidade, pode apresentar deficiências no julgamento quando se espera um alto desempenho dessas, principalmente nos primeiros meses após o plantio. Porém para mudas sem nenhuma restrição ao crescimento normal, a altura ainda é um excelente parâmetro em todo tipo de viveiro (GOMES, 2001, p.7).

Muitos viveiristas aplicam adubação nitrogenada em quantidades acima do necessário, visando maior crescimento em altura, tal medida resulta, contudo, no enfraquecimento do estado fisiológico com consequências negativas na sobrevivência ao plantio (CARNEIRO, 1981, p. 41).

2.2.2 Diâmetro do colo

Conforme Carneiro (1995, p. 73), o diâmetro de colo é a variável mais importante a ser avaliada na fase de produção de mudas, visto que ela está diretamente relacionada com o índice de sobrevivência e crescimento inicial das plantas em campo. Este parâmetro por ser obtido sem destruição da planta está sendo considerado como um dos mais importantes também, pois exprime a sobrevivência, logo após o plantio de mudas de diferentes espécies florestais. O diâmetro sozinho ou combinado a com a altura, é uma das melhores características morfológicas para predizer o padrão de qualidade da muda (GOMES; PAIVA, 2006, p. 97).

De acordo com Carneiro (1995, p. 74), os incrementos iniciais e a sobrevivência das mudas em campo estão fortemente correlacionados com as dimensões do diâmetro, tomados no momento do plantio.

Gomes e Paiva (2006, p. 95) ressaltam que as mudas devem apresentar o diâmetro do colo maior para melhor equilíbrio de crescimento da parte aérea, principalmente quando se exige maior rustificação delas. O padrão de qualidade das mudas prontas para o plantio possui alta correlação com o diâmetro do colo e isso pode ser observado nos aumentos das taxas de sobrevivência e crescimento das mudas no campo.

O diâmetro do colo e a altura estão diretamente correlacionados com o seu peso da biomassa seca, deve-se então deste modo considerar separadamente o total, o da parte aérea e o das raízes. Existe uma ligação direta entre o peso da biomassa seca das raízes e o da parte aérea das mudas, por essa razão pode-se deste modo ser medido apenas com o peso da biomassa seca da parte aérea (GOMES; PAIVA, 2006, p. 98).

2.2.3 Relação entre a altura da parte aérea e o diâmetro do colo

A relação altura da parte aérea e diâmetro do colo (H/D) exprimem o equilíbrio de crescimento das mudas no viveiro, por conjugar estes dois parâmetros de uma só vez. Esta relação mostra que quanto menor for o seu valor, maior será a capacidade de as mudas sobreviverem e se estabelecerem em campo (CARNEIRO 1995, p. 79). O valor resultante da divisão da altura da parte aérea pelo respectivo diâmetro do colo exprime um equilíbrio de crescimento, relacionando esses dois importantes parâmetros morfológicos num só índice. Este parâmetro é considerado como um dos mais importantes, pois fornece informação de quanto delgada está a muda.

2.2.4 Biomassa seca da parte aérea e radicial

Os fatores que influenciam o comprimento da parte aérea das plantas atuam também sobre seu peso. A procedência e o peso das sementes, a latitude e altitude dos viveiros, assim como a disponibilidade de elementos nutritivos no solo, exercem nítida influência sobre o peso das plantas e sobre o desenvolvimento da parte aérea. O desenvolvimento da parte aérea depende também da adubação que favorece o crescimento das raízes (CARNEIRO, 1981, p. 44).

A biomassa seca tem sido considerada como um parâmetro para caracterizar a qualidade de mudas; muitas vezes este parâmetro não é viável, pois requer a destruição de mudas, além de ser necessário o uso de estufa e balança de precisão, mas mesmo assim, indica a rusticidade das mudas (GOMES; PAIVA, 2006, p. 97-98). Este parâmetro é uma boa indicação de capacidade de resistência das plantas (CARNEIRO, 1981, p. 44).

Gomes e Paiva (2004, p. 98), tem sido reconhecida a biomassa seca radicial como um dos melhores e mais importantes parâmetros para estimar a sobrevivência e o crescimento inicial das mudas em campo, onde a sobrevivência é maior quanto mais abundante o sistema radicial, independentemente da altura da parte aérea, havendo uma correlação entre o peso de matéria seca das raízes e a altura da parte

aérea. A percentagem de raízes é a participação, em peso do sistema radicial sobre o peso total das plantas.

Na pesquisa entre a relação biomassa seca da parte aérea e biomassa da parte radicial podem ser considerados comprimento, peso seco e peso verde (CARNEIRO, 1981, p. 45). O índice obtido pela da relação biomassa seca da parte aérea e biomassa seca das raízes é considerado eficiente e seguro para expressar o padrão de qualidade das mudas, pois reflete o comportamento da planta nas condições a que esta está submetida, indicando o quanto estes fatores estão influenciando o crescimento das mudas (GOMES; PAIVA, 2006, p. 100).

Poucas vezes esta relação é expressa de forma inversa, a relação raiz/parte aérea reflete nitidamente as diferenças entre grupos de mudas produzidas por diferentes métodos. Esta relação raiz/parte aérea não expressa a área real de absorção de sistema radicial, pois o número de raízes pequenas e das micorrizas no sistema radicial, pode variar bastante, sem que isto seja percebido no peso seco do sistema radicial (PARVIAINEN, 1981, p. 63).

2.2.5 Índice de qualidade de Dickson (IQD)

O IQD é considerado também um parâmetro importante, porque é um bom indicador de qualidade de mudas, pois considera a robustez e o equilíbrio da distribuição da biomassa da muda, ponderando vários parâmetros considerados importantes como a altura, diâmetro e biomassa seca (JOHNSON; CLINE¹, 1991 citado por GOMES; PAIVA, 2006, p. 100). Segundo esses mesmos autores o valor mínimo é de 0,20, porém é importante lembrar que este valor foi baseado na qualidade de mudas de *Pseudotsuga menziessi* e *Picea abies* (GOMES; PAIVA, 2006, p. 100).

¹ JOHNSON, J. D.; CLINE, P. M. Seedling quality of Southern pines In: DUREYA, M. L.; DOUGHERTY, P. M. (eds). Forest regeneration manual, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1991. p. 143-162.

2.3 ÁREA FOLIAR, COMPRIMENTO E VOLUME DAS RAÍZES DAS MUDAS

Segundo Monteiro *et al.* (2005 p. 16), a área foliar de uma planta depende do número e do tamanho das folhas, bem como do seu tempo de permanência na planta. As folhas são as principais responsáveis pela captação de energia solar e pela produção de matéria orgânica por meio da fotossíntese. Na avaliação do crescimento de comunidades vegetais emprega-se a área de terreno disponível às plantas como base para expressar a área foliar; assim, a área foliar por unidade de área de terreno define o índice de área foliar (IAF), que representa sua capacidade em explorar o espaço disponível.

A variação temporal da área foliar em uma planta depende das condições edafoclimáticas e da densidade populacional, entre outros fatores. Geralmente, a área foliar aumenta até um máximo, decrescendo após algum tempo, sobretudo em função da senescência das folhas mais velhas. Quanto mais rápido a planta atingir o ótimo índice de área foliar e quanto mais tempo à área foliar permanecer ativa, maior será sua produtividade biológica (MONTEIRO *et al.*, 2005 p. 16).

A avaliação do crescimento da área foliar pode ser usada para investigar sua adaptação ecológica a novos ambientes, sua competição com outras espécies, os efeitos de seu manejo e tratamentos silviculturais, a identificação da capacidade produtiva de seus diferentes genótipos e o efeito do ataque de doenças (MONTEIRO *et al.*, 2005, p.16).

O desenvolvimento radicial de uma muda produzida em viveiro difere regularmente do desenvolvimento radicial de uma muda em condições naturais de crescimento. Os diferentes métodos de produção de mudas têm por objetivo orientar o desenvolvimento da muda e de seu sistema radicial numa direção favorável para o plantio definitivo. Somente o sistema radicial de uma muda de raiz nua, não repicada e não podada, pode desenvolver-se livre e naturalmente no viveiro. (PARVIAINEN, 1981, p. 111).

Em mudas produzidas nos tubetes, o desenvolvimento da raiz é determinado, em primeiro plano, pelo recipiente, seu material e sua forma. As medidas de produção nem sempre trazem o sucesso desejado, uma série de riscos para o êxito do plantio, representam as deformações das raízes e suas conseqüências que vão surgindo com tempo. A embalagem pode influenciar e

acelerar a ramificação das raízes e a formação de novas raízes. A produção de mudas em paredes lisas, redondas, feitas de material sintético causa problemas no desenvolvimento radicial. Quando as raízes encostam-se à parede do recipiente, elas passam a crescer horizontalmente, ao longo da parede (PARVIAINEN, 1981, p. 111, 117).

O crescimento das raízes pode ocorrer independentemente ou não da parte aérea. Os fatores determinantes do crescimento radicial são complexos e envolvendo estado nutricional, disponibilidade de oxigênio no solo, hormônios de crescimento, suprimento de carboidratos e sua alocação relativa na raiz e parte aérea. Isto resulta de expressões singulares do material genético. A temperatura do substrato e do ar são importantes reguladores da atividade radicial. Na época em que aumenta a disponibilidade de água e a temperatura do solo, a produção de raízes é acelerada suportando incrementos das taxas de crescimento da parte aérea (GONÇALVES; MELLO, 2000, p. 241, 244 e 246).

O comprimento e superfície da raiz podem controlar fatores de absorção de água e nutrientes, sendo assim, é importante quantificá-las. WinRhizo, um produto da 'Regent Instruments, inc.', é um software de análise de imagens desenhado para este tipo de análises. WinRhizo permite a aquisição de imagens de raízes lavadas e medição do comprimento da raiz, diâmetro da raiz e superfície da raiz. A distribuição do comprimento da raiz por classes de diâmetro e topografia da raiz também são quantificados. Usa-se o WinRhizo para medir o comprimento de raízes de plantas cultivadas na casa de vegetação, em cultura de solução e amostras de solo coletados em campos de experimentação (RÉGENT INSTRUMENTS INC., 2004).

2.4 DETERMINAÇÃO DA RETIRADA DO TUBETE E AGREGAÇÃO DA RAIZ AO SUBSTRATO

A facilidade de retirada do tubete (FRT) e a agregação das raízes ao substrato (AGR) são técnicas para avaliar a qualidade da muda no momento da expedição e manuseamento da mesma. A FRT e a AGR são fatores importantes consideradas na escolha do tipo de substrato a ser adotado em escala comercial na produção de mudas, visto que determina a rapidez de sua preparação antes do

plantio ou venda, além de que, em substratos difíceis de serem retirados da embalagem, ocorre a desintegração do torrão. (WENDLING; GUASTALA; DOMINGOS, 2006, p. 30). Quanto mais agregado o substrato está ao sistema radicial, mais fácil se tornam todas as etapas posteriores, além do fato que um sistema radicial bem agregado ao substrato resulta em pegamento maior e crescimento mais rápido no plantio.

Segundo Sturion; Graça; Antunes (2000, p. 13), a FRT e AGR são técnicas que para além de propiciar boas condições para o adequado crescimento das mudas, o substrato deve apresentar uma estrutura que não dificulte sua retirada no momento do plantio das mudas e que o torrão não se destrua.

2.5 AVALIAÇÃO DO ESTADO NUTRICIONAL DAS MUDAS

A nutrição da planta estabelece quais são os elementos essenciais para o ciclo de vida da planta, como são absorvidos, translocados e acumulados, suas funções, exigências e os distúrbios que causam quando em quantidades excessivas ou deficientes. A nutrição de plantas apresenta aspectos ligados desde aquisição do nutriente pelas raízes e a ciência do solo, como as funções que desempenham nas plantas, relacionados aos aspetos da bioquímica e da fisiologia vegetal (PRADO, 2008, p. 8-9).

Segundo Minami (2000, p. 151), o substrato afeta diretamente a nutrição das plantas pela sua própria composição, com níveis de nutrientes estando mais ou menos disponíveis, conforme maior ou menor quantidade de adubo adicionado. Alguma matéria-prima usada na formulação de um substrato podem dispor de nutrientes, a medida que vão se decompondo ou se transformando. De acordo com o mesmo autor a outra influência do substrato na nutrição é a sua capacidade de reter água. Os substratos que retém água em insuficiência provocam freqüentemente estresse hídrico, quando não há monitoramento freqüente de irrigação. Isso provoca interrupção no fluxo de nutrientes do substrato para a planta.

Por outro lado, se a água disponível no substrato decresce, a concentração relativa dos sais aumenta, podendo provocar toxidez ou retirada de água da planta. Quando os substratos retêm excessiva quantidade de água, há redução na aeração

e acúmulo de CO₂. A respiração das raízes é afetada provocando redução na absorção de nutrientes. A adubação deve prever estes casos, para que não se tenha problemas posteriormente (MINAMI, 2000, p. 151).

A identificação de sintomas e deficiências e ou excessos dos nutrientes como método diagnóstico revela muitas vezes tardiamente os eventuais problemas de ordem nutricional e, além disso, a correta interpretação destes sintomas é difícil, pois diversos fatores não nutricionais podem estar contribuindo para determinada manifestação sintomatológica (MALBURG, 1988, p. 4).

O estado nutricional de uma planta tem relação direta com a sua capacidade e desempenho produtivo. Esta análise tem por objetivo determinar em que condições nutricionais uma planta se encontra, de modo a solucionar vários problemas, como por exemplo, o crescimento em diâmetro e altura, ajudam a entender os mecanismos fisiológicos que regem o ciclo de vida de uma planta (CARNEIRO, 2001, p. 4).

Na determinação do estado nutricional de uma planta, é importante a idade e a posição da copa, pois cada elemento requer um determinado tipo de folha para melhor representar a condição nutricional em que se encontra na planta, cada elemento tem sua concentração diferenciada em função da idade e posicionamento na planta, entre outros (CARNEIRO, 2001, p. 4).

Segundo Malburg (1988, p. 13), as ações e interações dos diversos nutrientes entre si condicionam suas concentrações nos tecidos e interferem de forma global sobre as funções fisiológicas e sobre a morfologia das plantas. As concentrações ótimas, relativas e ou absolutas, sofrem influencias do meio, principalmente pelos efeitos do clima, disponibilidade no solo e adubação.

Prado (2008, p. 16), citou que as análises química do material vegetal são expressos com base na matéria seca, pois essa é mais estável que a fresca, que varia de acordo com o meio, ou seja, com a hora do dia, com água disponível no solo, temperatura entre outros.

O carbono provém da atmosfera na forma de gás carbônico; hidrogênio e oxigênio provêm da água; enquanto que os minerais (macro e micronutrientes) provém do solo, direta ou indiretamente; Assim, 92% da matéria seca das plantas provém dos sistemas ar e água, apenas 8% provém do solo; embora este último seja menos importante, quantitativamente, em relação aos demais, é o mais

discutido nos estudos de nutrição de plantas e, também, o mais dispendioso aos sistemas de produção agrícola (PRADO, 2008, p. 16).

A TABELA 1 apresenta a composição dos macro e micronutriente presentes nas folhas das plantas.

TABELA 1 – COMPOSIÇÃO RELATIVA DOS NUTRIENTES PRESENTES NA MATÉRIA SECA DAS PLANTAS

Classificação	Nutriente	Participação (g.kg ⁻¹)	Total (%)
Macronutrientes orgânicos	Carbono (C)	420	92
	Oxigênio (O)	440	
	Hidrogênio (H)	60	
Macronutrientes	Nitrogênio (N)	20	7
	Fósforo (P)	4	
	Potássio (K)	25	
	Cálcio (Ca)	13	
	Magnésio (Mg)	4	
	Enxofre (S)	4	
Micronutrientes	Cl, Fe, Mn, Zn, B, Cu, Mo		1
Total geral			100

Fonte: Prado (2008, p. 17)

Cl – Cloro, Fe – Ferro, Mn – Manganês, Zn – Zinco, B – Boro, Cu – Cobre, Mo - Molibidênio

Existem algumas interferências que podem ocorrer, segundo Perkin-Elmer (1973), durante o processo de determinação do macro e micro nutrientes da planta, o processo de determinação de potássio sofre interferência na ionização dos átomos, para corrigir este caso, deverá ser utilizada uma chama de menor intensidade; a sensibilidade do Ca é diminuída na presença de Si, Al, PO₄³⁻ e SO₄²⁻, para controlar esta interferência seria importante a adição de Sr ou La em concentrações de 0,1 a 1,0% à amostra e soluções padrão controlará esta interferência; o silício e alumínio diminuem a absorção de magnésio em chama de ar-acetileno, neste caso o controle é feito utilizando uma chama de maior temperatura para dissociação; o Mn, Zn e Cu são elementos que não sofrem interferência no seu processo de leitura, mas o Cu possui vários comprimentos de onda em que pode ser lido; o Ni e HNO₃ podem reduzir a sensibilidade nas leituras do Fe e esta interferência pode ser controlada usando chama altamente oxidante.

A digestão via seca mediante a incineração do material em fornos muflas é um processo bastante eficiente de oxidação da porção orgânica, é relativamente mais simples quando comparado a via úmida (CARNEIRO, 2001, p. 40). É importante que se tenha o cuidado com o material a ser usado durante a digestão

via seca, pois os cadinhos podem influenciar nos teores encontrados, principalmente quando estes apresentam fissuras podem liberar o boro e sódio às cinzas. Já Al pode ser liberado quando o cadinho é de porcelana. A temperatura de incineração comumente utilizada nos dias de hoje é 450-500°C e o tempo mínimo de 3 horas (JONES JR.; CASE², 1990 citado por CARNEIRO, 2001, P. 40).

Segundo Haynes (1980), o tempo de incineração depende muito do material a ser oxidado, em geral 3h, e quando os cadinhos possuírem tampa o tempo recomendado é de 1 a 2 horas. Na maioria das vezes, um processo de requeima é realizado, consistindo deste modo, após a primeira queima, adicionar ao cadinho uma solução de H₂SO₄ 10%, HCL 3 mol/L ou HNO₃ diluído para auxiliar o processo de incineração. O processo de requeima é necessário quando o material incinerado não atinge aspecto claro, cor branca resultando numa oxidação incompleta.

2.6 SUBSTRATOS

Um dos fatores que condicionam de forma limitante os padrões de qualidade das mudas no viveiro é o tipo de substrato. KAMPF (2000, p. 139), define substrato como sendo um produto usado em substituição ao solo, para produção vegetal. Por sua vez, WENDLING e GATTO (2002, p. 12), definem que o substrato é qualquer material em que as sementes são postas para germinar, as estacas enraizadas ou outras plantas crescem e se desenvolvem exercendo a função semelhante a do solo, ou seja, dar sustentação à planta e fornecer água, nutrientes e oxigênio. Segundo CARNEIRO (1995, p. 248), o substrato é o meio em que as raízes proliferam-se, para fornecer suporte estrutural à parte aérea das mudas e também as necessárias quantidades de água, oxigênio e nutrientes.

Para a produção de mudas, os substratos utilizados podem ser divididos quanto à origem, em orgânicos e inorgânicos. Os de origem orgânica são húmus, casca de arroz carbonizada, casca de pinus, turfas, xaxim e fibra de coco. Os de

² JONES JUNIOR, J. B.; CASE, V. W. Sampling handling and analyzing plant tissue simple. In WESTERMAN *et. al.* (eds). Soil testing and plant analysis, madisson: SSSA book, 1990, p.389-427 (series 3).

origem inorgânica são vermiculita, areia de rio, lã de rocha e espuma fenólica (SANTOS³, 2002 citado por CAVALHEIRO, 2007, p. 2).

Os substratos orgânicos devem ser estáveis biologicamente, ou seja, bem decompostos. Materiais com altas relações C/N (>30), normalmente, apresentam alta atividade de microorganismos, que podem competir com as mudas por nutrientes, principalmente N e S e, como consequência, as mudas podem sofrer com a deficiência destes nutrientes (GONÇALVES *et al.*, 2000, p. 320).

Segundo KAMPF (2000, p. 144), para um material ser selecionado e usado como substrato, é importante considerar o tipo de planta que será cultivada e o tempo para o seu crescimento, que esta diretamente relacionada com o tamanho de recipiente utilizado. O recipiente determina a limitação para o crescimento das raízes e neste caso o substrato precisa se adaptar a essas condições.

É importante que o substrato utilizado na produção de mudas apresente boa aeração, estrutura, capacidade de retenção de água e baixo grau de infestação de patógenos, dentre outras características, que podem variar de um substrato para outro. Estas podem favorecer ou prejudicar a germinação das sementes, enraizamento de estacas ou o crescimento da muda (KAMPF, 2000, p. 144).

Uma vantagem que existe entre a análise do substrato e análise foliar é que esta pode ser feita antes da produção de mudas e a foliar não. O objetivo da análise do substrato é a determinação adequada de nutrientes disponíveis e fornecer orientação na quantidade de fertilizantes a ser aplicada, requerendo a calibração das análises (CARNEIRO, 1995, p. 277).

De acordo com Carneiro (1995, p. 277) uma boa muda resulta da qualidade de substrato, dos fatores ambientais e técnicas de manejo de viveiro. A análise do substrato não pode, por si só, servir como informação segura para a produção de mudas com alta qualidade morfofisiológica.

O desconhecimento dos níveis críticos dos elementos no substrato e o das exigências das espécies pode impor limitações a qualquer método de diagnose de deficiências nutricionais. Uma análise do substrato deve ser feita para determinar as quantidades dos macro e micronutrientes presentes no substrato. Esta análise pode ser comparada com outra da mesma espécie ou de outras espécies desde que

³ SANTOS, O. (Editor). Cultivo sem solo: hidroponia. 2ª. Reimpressão. Santa Maria: UFSM/CCR, 2002, 107p.

tenham as mesmas características e serem produzidas nas mesmas condições (SCHUBERT; ADAMS⁴, 1971 citado por CARNEIRO, 1995, p. 276).

Segundo Almeida (2005, p. 10), o conhecimento das características do substrato é de extrema importância, uma vez que ele deve compensar o volume reduzido em que as plantas se encontram quando são produzidas em recipientes.

Para WENDLING e GATTO (2002, p. 12), na escolha de um substrato é importante considerar os fatores de ordem econômica que estão diretamente ligados aos custos, disponibilidade, qualidade e facilidade de manuseio; os de ordem química relacionam-se, principalmente do pH e do nível de fertilidade do material. Já os de ordem física referem-se às características desejáveis do próprio material, como textura e densidade que estes interferem na aeração, capacidade de retenção de umidade e agregação do substrato.

As propriedades de um substrato são resultantes da interação, ao longo de décadas, de forças climáticas e de organismos vivos que atuam sobre o material de origem, formando um sistema composto por três fases: uma fase sólida que são as partículas minerais e orgânicas; uma fase líquida que é a água a qual se encontram os nutrientes, denominada solução do substrato e finalmente uma solução gasosa que é o ar. Todos os elementos essenciais absorvidos são derivados dos componentes minerais e orgânicos do substrato (CARNEIRO, 1995 p. 248).

De acordo com Minami (2000, p. 147), para que um substrato possa desempenhar melhor a sua função, é importante que antes da sua utilização devam-se observar as propriedades físicas, a sua capacidade química, sua condição biológica, acidez, salinidade, alcalinidade, toxicidade, além da capacidade de suporte da muda.

Os substratos isentos de inóculo de doenças são ideais para a produção de mudas, é importante que estejam padronizados, com características químicas e físicas pouco variáveis de um lote para o outro. O substrato deve apresentar boa homogeneidade de partículas, com poucas partículas inertes, sobretudo as grandes, que tomam muito espaço sem nenhuma contribuição para a capacidade de agregação e retenção de água e nutrientes. Estas características são indispensáveis principalmente para mudas produzidas em recipientes com pequeno volume (WENDLING; GATTO, 2002, p. 13).

⁴ SCHUBERT, Gilbert H.; ADAMS, Ronald S. Reforestation Practices for Conifers in California. Sacramento: Resources Agency, Dept. of Conservation, Division of Forestry, 1971

Minami (2000, p. 148), salienta que todas as propriedades de um substrato podem ser mudadas ou melhoradas, também podem ser manipuladas a partir de uma adubação criteriosa e balanceada. Não há uma metodologia universal para caracterização física e química de substratos comerciais, no entanto, há o consenso quanto à determinação de algumas propriedades como densidade, porosidade e espaço de aeração.

O principal critério para definir as características adequadas do substrato deve se basear em suas características físicas. As propriedades físicas são mais importantes relativamente às propriedades químicas, uma vez que as químicas podem ser facilmente manuseadas e corrigidas com o uso de fertilizantes de base e cobertura (GONÇALVES *et al.*, 2000, p. 320).

2.6.1 Propriedades físicas

Para preparar o substrato ou se fazer uma mistura de vários materiais para a produção de mudas em viveiros florestais é importante ter em consideração algumas características físicas dos mesmos, tais como: a porosidade total, densidade, espaço de aeração e disponibilidade de água (BOOMAN, 2000, p. 47).

A escolha e preparo do substrato são decisões importantes e difíceis de tomar, porque muitas vezes não existe um substrato que seja ótimo e adequado às necessidades de todas as espécies SCREMIN-DIAS *et al.* (2006, p. 21). Esta escolha do melhor substrato faz-se então a partir da conciliação da sua disponibilidade, tipo de recipiente a ser utilizado (CARNEIRO, 1995, p. 249).

Um substrato adequado deve ter boa capacidade de aeração para o crescimento da muda e do sistema radicial das plantas, sendo que a textura da mistura deve facilitar a livre passagem de água, de modo a permitir a entrada de oxigênio pela superfície da raiz e a saída de água e gás carbônico (SCREMIN-DIAS, 2006, p. 21).

O substrato para o enchimento de recipientes individuais de semeadura segundo SCREMIN-DIAS (2006, p. 21), pode ser de qualquer material, ou mistura de materiais, desde que reúnam várias características desejáveis e necessárias para o crescimento eficiente das mudas. Para além das citadas, este deve ter um nível

baixo ao médio de fertilidade, apresentar homogeneidade, capacidade de absorção de água e nutrientes, facilidade de manuseio, ser de fácil aquisição e não deve conter patógenos e substâncias tóxicas às plântulas. Estas características permitirão o bom crescimento radicial e boa agregação do conjunto raiz-substrato.

2.6.1.1 Densidade

Define-se densidade como sendo a relação entre a massa e o volume do substrato, expressa em kg/m^3 ou equivalente a g/L. Esta propriedade é muito importante para interpretar outras características do substrato. (KAMPF, 2005, p. 47), como a porosidade, espaço de aeração e disponibilidade de água, além da salinidade e teor de nutrientes (FERMINO 2003, p. 7).

A densidade de um substrato a ser usado em recipiente, é a primeira propriedade física a ser considerada, pois quanto menor o recipiente, mais baixa deve ser a densidade do substrato utilizado (FERMINO 2002, p. 30). Ela varia de acordo com a umidade do substrato, pois quanto maior for a umidade mais pesado fica o substrato e menor volume ocupará (FERMINO 2002, p. 30) e mais difícil fica o cultivo no recipiente, quer por limitações no crescimento das plantas, quer pela dificuldade no transporte dos vasos ou bandejas (KAMPF 2005, p. 47).

É importante que substratos não tenham densidades nem muito baixas nem muito altas, pois dificulta deste modo o cultivo no recipiente, quer por limitações no crescimento das plantas como também na dificuldade de transporte dos vasos, bandejas ou rocamboles (KAMPF, 2005, p. 47).

Martinez (2002, p. 56) sugere valores de densidade de substrato entre 500 a 750 kg.m^{-3} para recipientes colocados ao ar livre e, menores de 150 kg.m^{-3} para cultivos em estufa.

Densidades baixas podem acarretar tombamento de recipientes como sacos plásticos, além de conferir pouco contato entre a semente ou a raiz da planta e o meio de cultivo, dificultando a fixação e crescimento do sistema radicial das plantas. Por outro lado, densidades muito elevadas podem dificultar a penetração e crescimento do sistema radicial das plantas, além de apresentar redução no espaço

poroso total e no volume de poros ocupados por ar (GAULAND⁵, 1997 citado por KLEIN *et al.* 2000, p. 218).

Segundo Gonçalves *et al.* (2000, p. 320) os substratos leves de baixa densidade, como os materiais incinerados como, por exemplo a casca de arroz carbonizada elevam a macroporosidade das misturas e reduzem deste modo a capacidade de retenção de água do substrato. Esta redução deve-se a densidade da mistura de substratos, ou seja, para um mesmo volume, a redução do peso de substrato reduz a capacidade de retenção de água.

2.6.1.2 Porosidade

Porosidade total é definida como a diferença entre o volume total e o volume de sólidos de uma amostra. É uma característica que tende a sofrer modificação ao longo do cultivo pela acomodação das partículas. Poros de um substrato são os espaços ocupados por ar, água, organismos e raízes. A quantidade de poros é determinada pelo arranjo de partículas sólidas. Os poros podem ser classificados de acordo com o diâmetro, em macro e microporos (FERMINO 2003, p. 8).

Os macroporos permitem a livre movimentação de ar e de água de percolação. Substratos porosos, apesar de apresentarem baixa porosidade total, têm uma rápida movimentação de ar e água, devido à predominância de macroporos. Em substratos de textura fina, ao contrário, existe grande quantidade de microporos. Portanto a movimentação gasosa é lenta e a de água é restrita ao movimento capilar (CARNEIRO, 1995, p. 253).

Wendling e Gatto (2002, p. 13), salientam que a porosidade do substrato deverá permitir a drenagem do excesso de água durante as irrigações e chuvas, mantendo adequada aeração junto ao sistema radicular, além disso, o substrato não deve se contrair excessivamente após a secagem.

Quando o substrato encontra-se em saturação hídrica, os macroporos estão preenchidos de ar e o seu volume é definido como espaço de aeração, enquanto

⁵ GAULAND, D.C.S.P. Relações hídricas em substratos á base de turfas sob o uso dos condicionadores casca de arroz carbonizado ou queimada; Porto Alegre. Dissertação Mestrado; p. 107; 1997.

que os microporos estão preenchidos por água e este volume representa a capacidade de retenção hídrica de um substrato (KAMPF, 2005, p. 48).

Os substratos têm maior porosidade quando comparados ao solo, a maior parte dos materiais utilizados têm poros internos além de poros externos, formados entre as partículas. A porosidade também diminui quando aumenta o adensamento de um material. Ao se compactar uma amostra de substrato, aumenta deste modo a densidade e diminui a porosidade. Este efeito é visível em substratos como turfa pois, outros materiais como a vermiculita apresentam elasticidade e voltam a sua forma original, quando cessada a força de compressão (FERMINO 2002, p. 32).

A alta concentração de raízes formadas nos recipientes exige elevado suprimento de oxigênio e rápida remoção do gás carbônico formado, desta forma o substrato deve ser suficientemente poroso, a fim de permitir trocas gasosas eficientes, evitando falta de ar para a respiração das raízes e para a atividade dos microrganismos no meio (KAMPF, 2005, p. 48). O conhecimento destas relações entre água e ar permite determinar o melhor manejo da água para atender a demanda das espécies, em suas diversas fases de cultivo (FERMINO, 2002, p. 34).

2.6.1.3 Capacidade de retenção de água e espaço de aeração

Segundo Caço, 2010, p.1 a capacidade de retenção de água definiu-se como sendo a água que no substrato pode ser classificada em função da energia despendida por uma planta para utilizá-la. Esta é uma das características buscadas nas análises físicas do substrato. Apesar da possibilidade desta propriedade ser contornada pela adequação da granulometria das partículas mesmo em compostos sem nenhuma capacidade de armazenamento de líquidos, como no caso da areia e pedras, em alguns casos é desejado um composto de partículas maiores favorecendo o crescimento das raízes e acelerando o crescimento de mudas (CAÇO, 2010, p.1).

Um substrato constituído por partículas grossas tenderia a secar rapidamente, podendo representar um problema adicional. Idealmente a partícula deveria possuir de forma equilibrada a afinidade por líquidos, absorvendo e

saturando-se rapidamente quando o meio estiver com líquidos disponíveis, e liberando com facilidade para o interstício (espaços entre as partículas) à medida que o mesmo perdesse umidade (CAMPOLINA, 2010, p. 1).

Partículas finas formadas pela degradação agregam-se novamente em partículas maiores e compactas que dificultam a penetração da água. Em relação ao crescimento das raízes, um substrato composto por partículas grandes possui conseqüentemente maior espaço entre as partículas para um crescimento mais livre das raízes, resultando num crescimento mais rápido da muda (CAMPOLINA, 2010, p.1).

Deve-se considerar que nem toda água retida está disponível para as plantas. É possível determinar a capacidade de liberação de água em cada material, para isso, as amostras são submetidas a crescentes tensões, provocando drenagem e, a partir disso pode-se identificar a fração sólida e a alteração entre os volumes de ar e de água durante a drenagem (KAMPF, 2005 p. 49).

Martínez (2002, p. 57), salienta que a capacidade de retenção de água se considera ótima no intervalo de valores de água facilmente disponível entre 20 e 30%. O Tamanho dos poros é importante na disponibilidade de água para nas plantas, já que os poros menores oferecem uma resistência excessiva que poderá vencer a sucção da planta. A água facilmente disponível é o volume de água liberada a partir do substrato para aumentar a tensão de sucção de 10 a 50 cm em potencial de coluna de água (-1 a -5 kPa) da matriz e considera-se que, nestas condições hídricas, a planta tem um crescimento ótimo. A água tamponante é considerada o volume de água retido no substrato que é utilizado quando, eventualmente, ocorre alguma situação de estresse hídrico no qual a tensão matricial do substrato atinge valores superiores a 50 hPa. O volume de água retido no substrato após se aplicar a tensão de 100 hPa corresponde ao volume de água não disponível para a planta, denominado água remanescente (AR) do substrato (De BOODT; VERDONCK 1972, p. 39, 40).

Segundo Zannetti *et.al.* (2003, p. 521), os conceitos de espaço de aeração e água disponível estão alicerçados na curva de retenção de água. O espaço de aeração é caracterizado como volume de macroporos preenchidos com ar, em condições de saturação hídrica e após livre drenagem.

O espaço de aeração é muito importante, porque os processos de absorção e transportes requerem energia metabólica que devem ser fornecidos pela própria respiração das raízes. A falta da aeração provoca danos e inclusive a morte das raízes (BALLARIN, 2004, p. 102). Os valores sugeridos por De BOODT *et al.* (1974) variam de 0,20-0,30 m³.m⁻³ e BUNT (1973) sugeriu para o espaço de aeração adequado o valor de 0,10 a 0,15 m³.m⁻³.

2.6.2 Propriedades químicas

As características químicas modificam as propriedades físicas e biológicas do substrato, entretanto, as características físicas também podem modificar as propriedades químicas. O crescimento das mudas é influenciado pela quantidade de adubação e pela disponibilidade existente de nutrientes minerais no substrato. A natureza química também afeta a acidez do substrato (CARNEIRO, 1995, p. 259).

Segundo Carneiro (1995, p. 259), as propriedades químicas valorizadas no substrato são: colóides, minerais de argila, capacidade de troca catiônica (CTC), reação do substrato (pH), matéria orgânica e relação C/N. As mais importantes para o trabalho aqui desenvolvido são a CTC, o valor do pH e salinidade.

2.6.2.1 Capacidade de troca catiônica (CTC)

Segundo CARNEIRO (1995, p. 261), a CTC é a quantidade total de cátions que pode ser adsorvido por um material ativo. Seu valor é expresso usualmente em meq/100 g ou meq/100 cm³, com base no peso seco.

Muitos cátions presentes nos substratos são nutrientes, dessa forma a CTC expressa à potencialidade de retenção desses nutrientes de um substrato, constituindo-se em um método de avaliação de fertilidade, visto que os cátions absorvidos não são lixiviados, mas são disponíveis para o crescimento de mudas. Um aumento do valor da CTC pode ser conseguido, se desejável, com adição de matéria orgânica ao substrato CARNEIRO (1995, p. 261).

A alta frequência de irrigações pode lixiviar os nutrientes fornecidos ao meio, isso é comum em misturas com muita areia. Por outro lado, adubações constantes podem elevar o teor de sais até níveis tóxicos para as plantas. Problemas de substratos com falta ou excesso de retenção de nutrientes podem ser contornados, em parte, pelo uso de misturas com componentes que apresentem maior poder tampão, com alto valor de CTC (KAMPF, 2005, p. 56).

Os nutrientes retidos nos pontos de troca estão protegidos contra a fácil lixiviação. O tamanho das partículas do substrato é um fator que afeta a CTC, pois quanto menor a partícula, maior será a superfície específica com pontos de troca. Quanto maior for a CTC maior será a fertilidade do substrato (KAMPF, 2005, p. 57).

2.6.2.2 pH

O pH é a reação de alcalinidade ou acidez do meio de cultivo, em uma escala de 1 a 14. A importância do conhecimento dessa propriedade está relacionada com a sua influência na disponibilidade de nutrientes bem como no efeito sobre processos fisiológicos da planta (KAMPF, 2005, p. 50).

Um dos indicadores da fertilidade do solo ou do substrato é o pH, devido a sua relação com tipos de cátions, saturação de bases, saturação de alumínio, CTC, absorção, precipitação, solubilidade, formação de agregados, infiltração de água, atividade microbiana etc. O pH pode ser determinado em água ou em solução de cloreto de potássio (KCL) 1M ou ainda em solução de Cloreto de cálcio (CaCl_2) 0,01M (PAVAN; MIYAZAWA, 1996, p. 11).

Segundo Carneiro (1995, p. 263) substratos mais fortemente tamponados proporcionam um meio mais constante para as mudas, em comparação com os fracamente tamponados. Substratos levemente arenosos, mais típicos de viveiros, pertence a esta última categoria, a não ser que sejam bem supridos de húmus.

O pH baixo ou uma acidez elevada é prejudicial as plantas, pois reduz sensivelmente a atividade das bactérias e actinomicetos e, conseqüentemente, a formação de nitratos e sulfatos, diminui a disponibilidade de cálcio, o magnésio e potássio, insolubiliza o fósforo, o boro, o cobre e o zinco e provoca o aparecimento de quantidades tóxicas de alumínio, ferro e manganês. Quando um solo ou

substrato tem pH elevado diminui demasiadamente a disponibilidade do fósforo, boro, cobre, zinco e manganês em plantas (STURION, 1981, p. 12).

A interpretação dos resultados deve levar em conta tanto as variações técnicas como a finalidade do uso do substrato. Valores inadequados de pH podem causar um desequilíbrio fisiológico nas plantas, afetando a disponibilidade dos nutrientes. Em meios com predominância de matéria orgânica, a faixa de pH recomendada está entre 5,0 a 5,8. Em meios com pH de 5,0 podem aparecer sintomas de deficiência de nitrogênio, potássio, cálcio, magnésio e boro, enquanto problemas com a disponibilidade de fosforo e micronutrientes (Fe, Mn, Zn e Cu) são esperados em pH acima de 6,5 (KAMPF, 2005, p. 56).

2.6.2.3 Salinidade e Condutividade elétrica (CE)

Sais solúveis, segundo Kampf (2005, p. 58), são os constituintes inorgânicos do meio capazes de se dissolver em água. Nessa avaliação levam-se em conta todos os íons, nutrientes e não-nutrientes. A determinação desta propriedade tem como objetivo conhecer a concentração salina do meio onde as raízes das plantas irão crescer. A sensibilidade a concentração de sais depende da idade e espécie, quanto mais jovem a muda, mais sensível, pois as estruturas celulares ainda estão em desenvolvimento.

Avalia-se a salinidade de um substrato com base na condutividade elétrica de seus íons dissolvidos, para as espécies florestais, ela deve estar entre 1,5 a 3,0 mS.cm⁻¹. Segundo RODRIGUES (2002) altos valores de condutividade elétrica, representados por níveis altos de salinidade, podem danificar as raízes e os pêlos radiculares, impedindo a absorção de água e nutrientes, afetando a atividade fisiológica e favorecendo a incidência e a severidade de alguns patógenos.

A salinidade de um substrato pode afetar negativamente o cultivo, se considera que os valores de condutividade elétrica acima de 3,5 dS.m⁻¹ é considerada excessiva para a maior parte das espécies. Esta característica está relacionada com a capacidade de troca catiônica, onde substratos inertes são facilmente desalinizados a partir de lavagem ou ainda no manejo da adubação (MARTINEZ, 2002, p. 59).

Gonçalves e Poggiani (1996, p. 7) propuseram níveis de valores para algumas características físicas e químicas de alguns substratos utilizados para produção de mudas de espécies florestais (TABELA 2).

TABELA 2 - ESCALA DE VALORES IDEAIS PARA INTERPRETAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DE SUBSTRATOS USADOS PARA PRODUÇÃO DE MUDAS DE ESPÉCIES FLORESTAIS.

Propriedades	Nível			
	Baixo	Médio	Alto	Adequado
Físicas				
Densidade global (g cm^{-3})	< 0,25	0,25 - 0,50	> 0,50	0,45 - 0,55
Porosidade total (%)	< 55	55 - 75	> 75	75 - 85
macroporosidade (%)	< 20	20 - 40	> 40	35 - 45
microporosidade (%)	< 25	25 - 50	> 50	45 - 55
Capacidade máx. de retenção de água ($\text{mL } 50 \text{ cm}^{-3}$)	< 15	15 - 25	> 25	20 - 30
Químicas				
Relação C total/N total	8 a 12/1	12 a 18/1	> 18/1	8 a 12/1
pH em CaCl_2 0,01 M	< 5,0	5,0 - 6,0	> 6,0	5,5 - 6,5
P resina (mg dm^{-3})	< 200	200 - 400	> 400	400 - 800
K trocável ($\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	< 15	15 - 30	> 30	30 - 100
Ca trocável ($\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	< 100	100 - 150	> 150	100 - 200
Mg total ($\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	< 50	50 - 100	> 100	50 - 100
CTC efetiva ($\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	< 100	100 - 200	> 200	> 200

FONTE: Gonçalves e Poggiani (1996, p.4)

2.6.3 Características dos substratos

2.6.3.1 Fibra de coco

O substrato a base de fibra de coco tem sua origem no desfibramento industrial do mesocarpo das cascas de coco, tem estrutura granular, intercalado por fibrilas, de altíssima porosidade total (94-96%) e capacidade de aeração de 20-30%. Essa elevada porosidade total permite que a fibra de coco tenha uma ótima aeração a uma boa capacidade de retenção de água. Isto favorece um ótimo enraizamento e crescimento das plantas. Apresenta ainda alta estabilidade física, pois se decompõe muito lentamente e ainda não repele a água entre uma irrigação e outra, o que traz

grandes vantagens no manejo da irrigação para o viveirista (MALVESTITI, 2003, p.18).

Em mistura com outros materiais ou pura, a fibra de coco tem uma demanda por Nitrogênio, que pode ser compensada pelo viveirista, via fertirrigação, e/ou uso de adubos de liberação lenta ou controlada. Quando é adequadamente processada, a fibra de coco é pasteurizada, o que representa uma enorme vantagem para a produção de mudas, por não se tratar de um material fossilizado (como as turfas) nem compostado (como as cascas de pinus), (MALVESTITI, 2003, p.18).

A fibra de coco tem ainda, uma tendência de fixar Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg), e liberar Potássio (K) no meio. Estes fatores também devem ser levados em conta quando o viveirista traçar seu programa nutricional para as mudas. No quesito irrigação, dependendo do tipo e granulometria da fibra de coco adotada, pode ser necessária uma redução na frequência das irrigações, uma vez que a estrutura tipo "esponja" da fibra permite um bom armazenamento de água (TAVEIRA, 2008, p. 1).

Atualmente, considerações ecológicas freqüentemente condenam a utilização de materiais de difícil renovação ou não renováveis (turfas, xaxim, vermiculita), bem como materiais de difícil biodegradabilidade (Poliestireno, Lã de rocha), uma das formas de substituir estes materiais é utilizar a fibra de coco como substrato. Entretanto, é preciso considerar que a fibra de coco, assim como a vermiculita é quase inerte, porém, em misturas equilibradas ajuda a formar um substrato coeso e ao mesmo tempo naturalmente poroso, muito propício ao crescimento do sistema radicial (TAVEIRA, 2008, p. 1).

O nível de salinidade da fibra de coco é muito variável podendo ocorrer níveis tóxicos de cloro, potássio e sódio, necessitando da pré-lavagem antes de sua utilização (BOOMAN, 2000, p. 63).

A capacidade de retenção de água da fibra é três a quatro vezes seu peso, um pH de 6,3-6,5 e sua densidade aparente é 200 kg/m³ (HOPPE *et al.*, 2004, p. 144).

2.6.3.2 Casca de arroz carbonizada

No processamento industrial do arroz, as cascas correspondem a aproximadamente 20% do peso dos resíduos. Essas cascas, quando não são queimadas visando o seu aproveitamento energético, são deixadas no meio ambiente, criando problemas estéticos, que se agravam quando são levadas pelo vento para outras áreas (HOPPE *et al.*, 2004, p. 145).

Segundo Hoppe *et al.* (2004, p. 145), as cascas de arroz têm baixa densidade e peso específico, além de lenta biodegradação, permanecendo em sua forma original por longos períodos de tempo. Apresentam um alto poder energético, já que contêm quase 80% de seu peso em carbono. Suas cinzas são compostas basicamente de sílica e, portanto, bastante alcalinas. Tanto nas cascas de arroz como em suas cinzas, não existem compostos tóxicos. Entretanto, durante o processo de combustão e gaseificação, formam-se partículas de cinzas que contêm carbono.

Uma alternativa para reduzir os problemas gerados pelo abandono das cascas de arroz no ambiente é a sua utilização como substrato. Esta utilização pode ser feita misturada com outros materiais ou pura. Entre as opções de uso deste substrato, a sua utilização na propagação vegetativa de mudas é considerada um caso de sucesso como também na produção de diversas espécies de plantas florestais, frutíferas, hortícolas e ornamentais para aumentar a porosidade e a drenagem (WENDLING; GATTO 2002, p. 30).

De acordo com Sousa (1993, p. 11), o substrato de casca de arroz carbonizada apresenta as seguintes características físicas e químicas: densidade seca de 150 g/L, capacidade de retenção de água de 53,9%, capacidade de troca de cátions de 5,5 meq/dL, pH em água de 7,4, teor de sais solúveis de 0,7 g/L, 0,7% de nitrogênio, 0,2% de fósforo e 0,32% de potássio. Sua utilização é considerada viável como substrato para germinação de sementes e enraizamento de estacas, por apresentar características que permitem a penetração e a troca de ar na base das raízes. Além disso, é suficientemente firme e densa para fixar a semente ou estaca; tem coloração escura, é leve e porosa permitindo boa aeração e drenagem; tem volume constante seja seca ou úmida; é livre de plantas daninhas, nematóides e

patógenos; não necessita de tratamento químico para esterilização, em razão de ter sido esterilizada com a carbonização.

2.6.3.3 Casca de pinus

A casca de pinus, proveniente de resíduos da indústria de madeira e de papéis e celulose, é muito utilizada como substrato para produção de mudas florestis. É formada pela casca externa e interna do tronco. Esse material possui características variadas devido à sua origem, podendo ser usado “in natura” ou compostada. O processo de compostagem melhora as suas propriedades e torna o material mais estável, com maior proporção de nitrogênio disponível para as plantas e com menor teor de substâncias tóxicas (MARTÍNEZ, 2002, p. 70).

Segundo Gonçalves (1995, p 107-115) as cascas de árvores são moídas e compostadas, apresentando partículas de tamanhos diferenciados, constituídas por celulose e outros carboidratos similares sendo, portanto, um material orgânico que se decompõe com o tempo. Entre as suas principais características destacam-se a elevada capacidade de troca de cátions, boa drenagem, baixa capacidade de absorção de água e pH baixo, com índice de acidez igual a 3,7.

Em qualquer substrato, a granulometria da casca é fundamental para determinar as propriedades físicas. Considera-se conveniente que 20 a 40% das partículas sejam menores que 8 mm (MARTÍNEZ, 2002, p.70; HOPPE *et al.*, 2004, p. 143)).

Ultimamente a casca de pinus vem sendo utilizada como material substituto das turfas devido aos seus excelentes resultados, disponibilidade e baixo custo (CADAHIA, 1998, p. 287). A utilização de casca de pinus como substrato na produção de mudas é muito importante para o meio ambiente. O tamanho das partículas, a quantidade de nitrogênio incorporado, manejo da aeração e a umidade da casca são fatores fundamentais (SANTOS *et al.* 2000, p. 6).

Segundo Hoppe *et al.* (2004, p. 143), a casca de pinus é um material que quando no estado cru, provoca problemas de deficiência de nitrogênio e de fitotoxicidade. Por isso, precisa passar pela compostagem. Sua densidade aparente é

de 0,1 a 0,45 g/cm³, a porosidade total é superior a 80%-85%, a capacidade de retenção de água é baixa a média, sendo sua capacidade de aeração muito elevada e o pH varia de medianamente ácido a neutro.

2.6.3.4 Vermiculita

A vermiculita é um mineral praticamente inerte, de estrutura variável, muito leve, constituído de lâminas ou camadas justapostas em tetraedros de sílica e octaedros de ferro (Fe) e magnésio (Mg). Por ter estas características necessita de um balanceamento de nutrientes essenciais, por meio de adubações periódicas (GOMES; PAIVA, 2006, p. 51). O balanceamento e adubação da vermiculita encarecem o processo e não resolve o problema de agregação do sistema radicial, formando um bloco compacto. Na maioria dos casos não é aconselhável o uso da vermiculita na produção de mudas florestais (GOMES; PAIVA, 2006, p. 51).

Este substrato é livre de microorganismos patogênicos. Quando utilizado deve ser puro na fase inicial de enraizamento de estacas ou em misturas diversas para promover maior aeração e porosidade a outros substratos menos porosos. A vermiculita pode ser encontrada em diferentes granulometrias, finas, média e grossa. A vermiculita tem a desvantagem de não conseguir uma boa aderência do substrato ao redor das raízes, sendo necessário levar o tubete ao campo até o momento do plantio (SCHORN, 2003, p. 19).

A sua forma é de mica expandida, obtida a partir do aquecimento da mica à temperaturas superiores a 1000°C MARTINEZ (2002, p. 64), de modo que sua grade cristalina se expande, resultando num produto leve, macio, estéril, com boa disponibilidade de Mg, pH em água $\geq 6,5$, média C.T.C. efetiva e densidade entre 100 a 160 kg m⁻³. A vermiculita fina, com partículas entre 0,7 a 2 mm de diâmetro é a granulometria mais utilizada para a produção de mudas florestais (MARTINEZ, 2002, p. 64). A vermiculita tem grande espaço de aeração, alta CTC e retenção de água, deixando disponível para a planta, em caso de uma breve estiagem.

Segundo HOPPE *et al.* (2004, p. 148), a vermiculita pode reter 350 litros de água por metro cúbico, e pode conter 8% de K assimilável e 12% de Mg assimilável, sendo o seu pH próximo de neutro de 7 a 7,2.

Segundo Rober (2000, p. 128), a vermiculita fina não é recomendada para o uso puro porque apresenta baixa capacidade de absorção a aniões que entre os nutrientes, apenas os fosfatos serão adsorvidos em maiores quantidades. Pode ocorrer também a fixação de quantidades expressivas de NH_4 na estrutura do material. Com o uso pode ocorrer à desestruturação de suas partículas, com isso é sempre recomendável que se use misturado.

2.7 RECIPIENTE PARA PRODUÇÃO DE MUDAS - TUBETE (POLIPROPILENO)

A qualidade das mudas está intimamente relacionada à escolha do tipo de recipiente a ser utilizado, devendo abranger considerações de natureza biológica, físicas, técnica, e econômica, como boa formação e permeabilidade das raízes, boa retenção de umidade, facilidade de manuseio e transporte e, se possível, permitir o plantio mecanizado e custos satisfatórios (CARNEIRO, 1995, p. 309).

O tipo de recipiente a ser empregado depende da espécie a ser produzida e do tempo de permanência no viveiro. As mudas não devem permanecer por muito tempo no viveiro em embalagens pequenas, para evitar o enovelamento das raízes e um grande crescimento da parte aérea em detrimento do sistema radicial (SCHORN, 2003, p. 8).

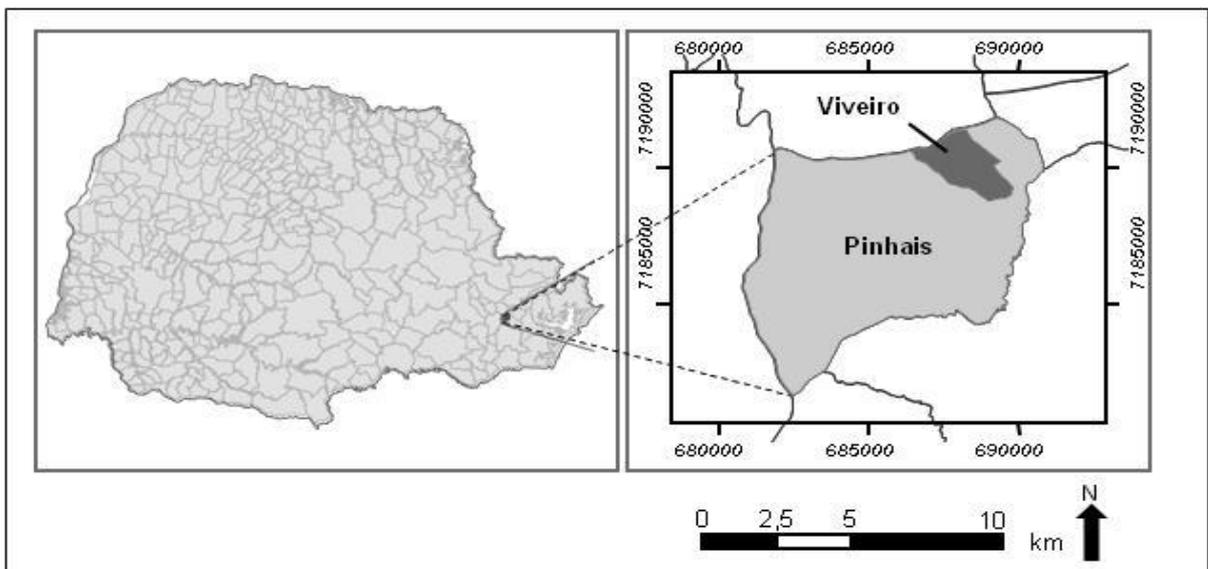
Segundo Valeri e Corradini (2000, p. 169), em recipientes pequenos as mudas dispõem de pequena reserva de nutrientes, durante a rápida fase de crescimento das mudas, tanto as concentrações como o balanço de nutrientes precisa ser alterado freqüentemente, em períodos curtos. Para atingir taxas ótimas de crescimento, o viveirista precisa assegurar que o meio de crescimento das mudas receba um constante e equilibrado suprimento de todos os nutrientes essenciais.

O tubete a ser utilizado é um recipiente levemente cônico, de seção circular, são providos de frisos longitudinais internos em número de seis, equidistantes, com função de direcionar as raízes ao fundo do recipiente, evitando o crescimento em forma espiral. Os tubetes são colocados em caixas plásticas, denominados bandejas, em que comportam 96 tubetes, dispostos pouco acima do nível do solo formando os canteiros (SCHORN, 2003, p. 10).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCAL DE REALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento foi conduzido no viveiro da Fazenda Experimental do Cangüiri, pertencente à UFPR, gerenciada pelo setor de Ciências Agrárias da UFPR, está localizada no município de Pinhais (PR), na região metropolitana, distante 18 Km ao norte da cidade de Curitiba. As coordenadas são: latitude de 25°23'17'' e na longitude de 49°07'41'' Oeste, altitude de 950 m (SILVA *et al.*, 2003, p. 52), (FIGURA 1).



FONTE: RIBEIRO *et al.* 2008

FIGURA 1: LOCALIZAÇÃO DA FAZENDA EXPERIMENTAL DO CANGURI

De acordo com Silva *et al.* (2003, p. 52), o clima da região é classificado, segundo Köppen, como clima temperado ou subtropical úmido (Cfb), que apresenta características de clima subtropical mesotérmico, super úmido, com verões frescos e geadas severas, demasiadamente freqüentes (média de 5 geadas/ano), sem estação seca. Os ventos predominantes são da direção Leste, com velocidade

média anual de 2,1 m.s⁻¹. A temperatura média anual é de aproximadamente 16,5 °C, sendo fevereiro o mês mais quente com média de 20,1 °C e o mês mais frio é julho com 12,8 °C. O mês mais chuvoso é janeiro e o menos é agosto.

3.2 FORMULAÇÃO DE DIFERENTES PROPORÇÕES DE SUBSTRATO PARA PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Sebastiania commersoniana*

Para a produção de mudas foram utilizados as seguintes composições de substratos: substrato comercial (SC) a base de casca de pinus, casca de arroz carbonizada (CAC), vermiculita fina (VF) e fibra de coco (FC) (ANEXO 5).

Na TABELA 3 podem-se observar as combinações entre estes substratos e as proporções de cada substrato nos diferentes tratamentos.

TABELA 3 - PROPORÇÕES (%) DE SUBSTRATOS UTILIZADOS PARA COMPOSIÇÃO DOS TRATAMENTOS PARA PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Sebastiania commersoniana*

Tratamentos	SC (%)	CAC (%)	FC (%)	VF (%)
T 1	100	-	-	-
T 2	-	100	-	-
T 3	80	20	-	-
T 4	70	30	-	-
T 5	60	40	-	-
T 6	50	50	-	-
T 7	80	-	20	-
T 8	70	-	30	-
T 9	60	-	40	-
T 10	50	-	50	-
T 11	-	80	20	-
T 12	-	70	30	-
T 13	-	60	40	-
T 14	-	50	50	-
T 15	-	80	-	20
T 16	-	70	-	30
T 17	-	60	-	40
T 18	-	50	-	50
T 19	-	-	80	20
T 20	-	-	70	30
T 21	-	-	60	40
T 22	-	-	50	50

SC- Substrato comercial, CAC- Casca de arroz carbonizada, FC- Fibra de coco, VF- Vermiculita fina

O substrato comercial a base de casca de pinus, a vermiculita e a fibra de coco foram adquiridas comercialmente, a casca de arroz foi adquirida *in natura* e passou pelo processo de carbonização na *Embrapa Florestas* em Colombo-PR.

Os substratos foram formulados com base nas proporções apresentadas na TABELA 3 e homogêneos. Foram preparados 20 litros de substrato para preenchimento de 110 tubetes correspondentes a uma repetição. Dos 20 litros de substrato preparados, 16 litros foram adubados com 45 g de fertilizante (Osmocote®) e os outros 4 litros de substrato foram separados para serem utilizados nos testes físicos e químicos. O osmocote é um adubo de liberação lenta, tendo na sua composição química 15: 10: 10 (% de N, P₂O₅ e K₂O), além de (3,5% de Ca); (1,5% de Mg); (3,0% de S); (0,05% de Zn); (0,02% de B); (0,05% de Cu); (0,1% de Mn); (0,5% de Fe) e (0,004% de Mo).

Em seguida os tubetes foram colocados em caixas posicionados em uma mesa para serem preenchidos com o substrato preparado. Foram utilizados tubetes de forma cônica, de material rígido proprietileno, com dimensões de 14 cm de altura, 3,5 cm de diâmetro interno na abertura superior, 1,5 cm de diâmetro interno na abertura inferior, com capacidade volumétrica de 120 mL.

3.3 AQUISIÇÃO DE SEMENTES, PRODUÇÃO E RALEIO DE MUDAS

As sementes de *Sebastiania commersoniana* foram doadas pelo Instituto Ambiental do Paraná (IAP). No Laboratório de Sementes Florestais da UFPR foi feita análise de pureza e peso de mil sementes.

A semeadura foi feita manualmente diretamente nos tubetes, nestes foram colocadas duas sementes, cobertas com uma camada fina do substrato correspondente. Após 30 dias foi realizado o raleio deixando apenas uma muda no centro de cada tubete, a mais vigorosa e que tivesse maior crescimento aéreo. O sistema de irrigação utilizado para manter o substrato úmido foi por aspersão, com turno de rega de hora em hora, até seis vezes ao dia, com duração de cinco minutos por cada irrigação, começando às 8 horas terminadas às 17h. As mudas permaneceram no viveiro por cerca de seis meses.

No viveiro foi utilizada como cobertura para controle de insolação, sombrite, de cor preta, com passagem de 50% de luz, posicionada a dois metros acima dos tubetes, assim como na parte lateral do viveiro, para evitar a incidência direta da luz solar sobre as mudas.

3.4 AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS MORFOLÓGICOS E FISIOLÓGICOS DAS MUDAS DE *Sebastiania commersoniana*

As avaliações dos parâmetros morfológicos das mudas de *Sebastiania commersoniana* foram efetuadas mensalmente a partir dos 30 dias após a semeadura para a altura e dos 60 dias para o diâmetro porque as mudas aos 30 dias eram muito pequenas e frágeis. Aos seis meses foram realizadas as avaliações destrutivas das mudas (biomassa seca, área foliar, comprimento e volume da raiz e análise química das folhas).

A altura da parte aérea (H) foi determinada com ajuda de uma régua graduada em centímetros (cm), O diâmetro de colo (D) foi avaliado ao nível do substrato usando um paquímetro digital, expresso em milímetros (mm). A biomassa fresca da parte aérea (BfrPA) e parte radicial (BfrPR) foi determinado no Laboratório de Sementes Florestais da UFPR.

Foram retiradas aleatoriamente em cada repetição 40% das mudas, o que corresponde a oito mudas por repetição, totalizando 40 mudas por tratamento para a avaliação destrutiva da muda (BfrPA e BfrPR). Separou-se a parte aérea da radicial, a parte aérea foi pesada em separado da parte radicial, e posta em seguida em sacos de papel na estufa à temperatura de 60°C durante 72 horas. Depois de secas ou atingirem o peso constante, pesou-se novamente as partes aéreas e radiciais e obtidos a biomassa seca em gramas (g) usando uma balança digital com três casas decimais.

Foi calculada a relação altura e diâmetro, o índice de qualidade de Dickson e a percentagem de raiz conforme CARNEIRO (1995, p. 82 e 84).

$$RHD = \frac{H(\text{cm})}{D(\text{mm})}$$

Onde:

RHD = relação altura e diâmetro

H = altura em cm

D = diâmetro em mm

$$IQD = \frac{BsT(g)}{\frac{H(\text{cm})}{D(\text{mm})} + \frac{BsPA(g)}{BsPR(g)}}$$

Onde:

IQD = índice de qualidade de Dickson

BsT = peso da biomassa seca total em gramas

H = altura em cm

D = diâmetro do colo em mm

BsPA = peso da biomassa seca da parte aérea em gramas

BsPR = peso da biomassa seca da parte radicial em gramas

A percentagem de raízes foi obtida a partir da fórmula descrita por CARNEIRO (1995, p. 82):

$$\% \text{ Raízes} = \frac{BsPR}{BST} * 100$$

Onde:

% Raízes = percentagem de raízes (%)

BsPR = biomassa seca da parte aérea em gramas

BST = biomassa seca total em gramas

3.4.1 Determinação da área foliar, comprimento e volume das raízes das mudas

A determinação da área foliar, comprimento e volume da raiz foram realizados no Laboratório de Fitotecnia da UFPR, utilizando um scanner óptico acoplado ao programa Win Rhizo_ pró v. 2002c (RÉGENT INSTRUMENTS INC., 2004), e os valores foram obtidos sobre leitura no computador.

Foram retiradas aleatoriamente 40% das mudas de cada repetição, lavaram-se as mudas com água corrente, separou-se a parte aérea da radicial (FIGURA 2A), as folhas foram retiradas dos pecíolos e colocadas em bandejas plásticas (FIGURA 2B), estas folhas foram alinhadas ou arrumadas na bandeja para posterior leitura.

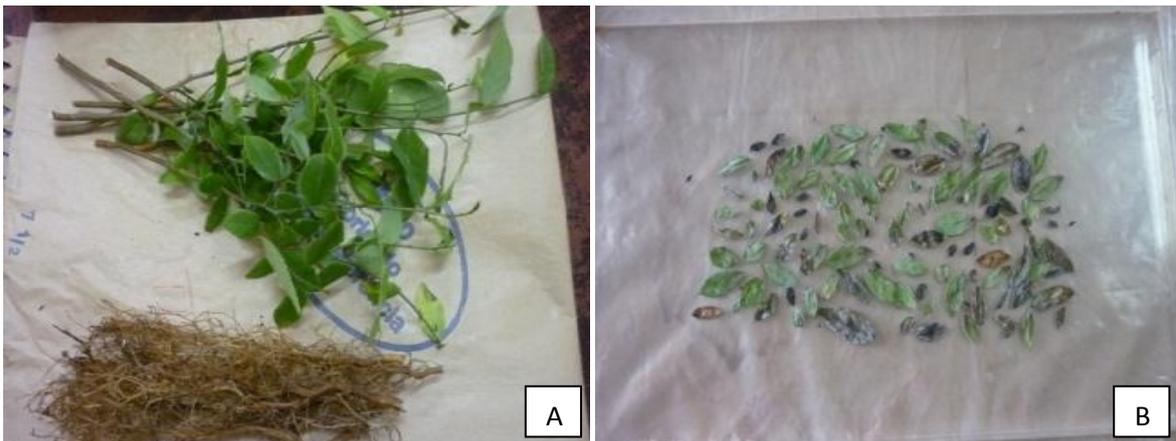


FIGURA 2 – PARTE AÉREA E RADICIAL DA MUDA DE *Sebastiania commersoniana* (A), FOLHAS DE *Sebastiania commersoniana* (B)

As folhas foram colocadas na máquina do scanner (FIGURA 3A) e depois feitas a leitura total da área foliar no computador (FIGURA 3B), o valor da leitura foi dividido pelo número de mudas que foram usadas para a avaliação.



FIGURA 3 - MÁQUINA DO SCANNER WINRHIZO (A), LEITURA DO SCANNER DAS FOLHAS (B)

As raízes que foram retiradas da parte aérea foram utilizadas para fazer a determinação do comprimento da raiz e volume das mesmas. O processo de determinação do volume e comprimento da raiz é um processo demorado, pois a leitura é feita usando uma a duas raízes por cada leitura. As raízes foram agrupadas em repetições (FIGURA 4A) e colocadas num pote com álcool a 50% (FIGURA 4B) para conservar as raízes por todo o tempo de avaliação, evitando o apodrecimento e o ressecamento das mesmas.

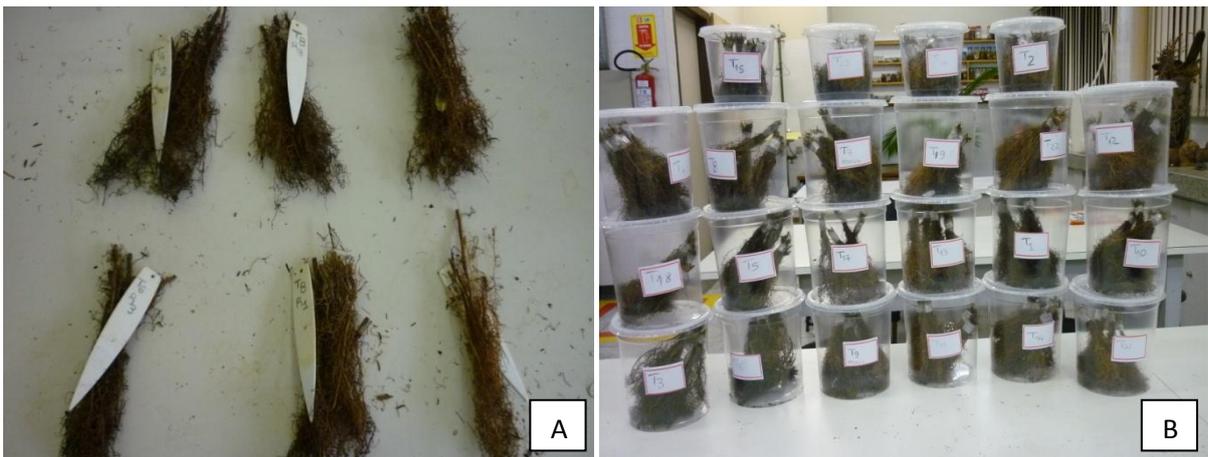


FIGURA 4 – RAÍZES DE *Sebastiania commersoniana* (A), CONSERVAÇÃO DAS RAÍZES EM ALCOOL 50% (B)

As raízes foram colocadas em bandejas de acrílico com uma fina lâmina de água, para melhor distribuição das mesmas (FIGURA 5A) levadas à máquina, depois de scaneadas foram feitas as leituras na tela de um computador acoplado ao scanner (FIGURA 5B). Desta leitura se obteve o comprimento total das raízes e o volume total das mesmas, estes valores foram somados e divididos pelo número de raízes utilizadas por cada repetição.

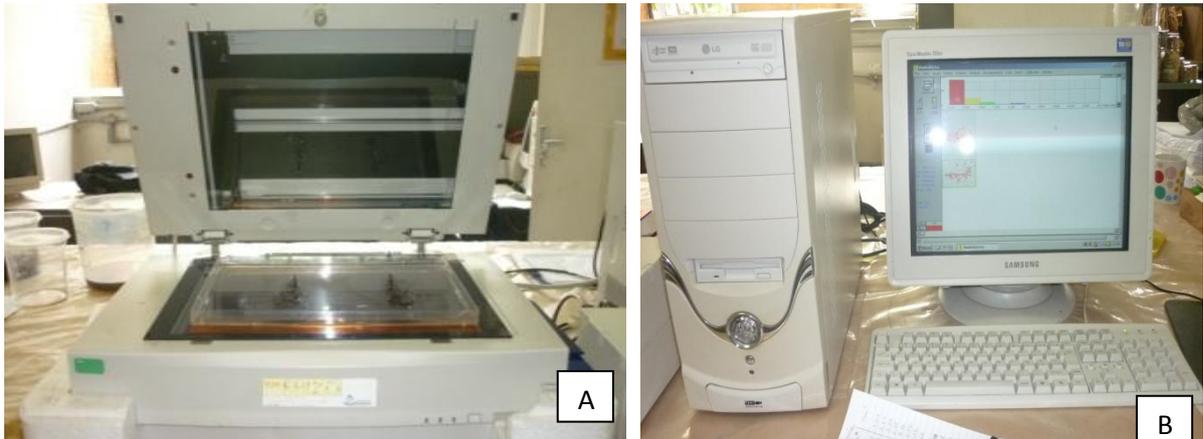


FIGURA 5 - RAÍZES IMERSAS EM ÁGUA PARA A LEITURA DO VOLUME E COMPRIMENTO (A); LEITURA DO VOLUME E COMPRIMENTO DAS RAÍZES (B)

3.5 DETERMINAÇÃO DA FACILIDADE DE RETIRADA DO TUBETE E AGREGAÇÃO DAS RAIZES AO SUBSTRATO

Para a avaliação da facilidade de retirada das mudas do tubete, usou-se a metodologia proposta por WENDLING; GUASTALA; DEDECEK (2007, p. 211), que consistiu na aplicação de três batidas na parte superior dos tubetes contra uma mesa de cimento e, em razão da facilidade de retirada, foram atribuídos notas de zero a dez. A nota de zero referiu-se à dificuldade máxima de retirada, e a 10 foi atribuída a grande facilidade. Para avaliação da agregação das raízes ao substrato, as mudas sem os tubetes foram soltas em queda livre a um metro do solo, recoberto por brita. Ao torrão foi dada uma nota de acordo com a escala de zero a 10, sendo zero para o torrão totalmente esborrachado e 10 para o torrão íntegro ou intacto (FIGURA 6).



FONTE: KRATZ (2011).

FIGURA 6 - ESCALA DE AGREGAÇÃO DAS RAÍZES AO SUBSTRATO

3.6 ANÁLISES QUÍMICAS DOS TEORES DE NUTRIENTES FOLIARES DE *Sebastiania commersoniana*

A análise química da folha foi realizada no Laboratório de Biogeoquímica do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola da UFPR. As folhas utilizadas foram as mesmas usadas para determinação da biomassa seca da parte aérea. Anteriormente a determinação da biomassa seca das folhas as amostras foram lavadas com água destilada com objetivo de retirar os possíveis resíduos de solo, ou qualquer outro veículo de contaminação, após a lavagem foram secas em estufa a 60°C até atingir o seu peso constante durante 72 horas.

As folhas secas foram retiradas do pecíolo, moídas até a consistência de pó em um moinho de café, homogeneizadas e acondicionadas em frascos previamente limpos e secos. Em seguida pesou-se 1 g de material seco moído da amostra diretamente dentro dos cadinhos de porcelana. Estes foram levados ao forno-mufla, ainda frio, arrumados devidamente seguidos de acordo com os tratamentos, fechou-se e a temperatura foi elevada gradativamente até 500°C. Depois de alcançada a temperatura desejada, os cadinhos permaneceram fechados na forno-mufla por 3 horas seguidas. Em seguida, o forno foi desligado e o esfriamento ocorreu naturalmente. Após, retirou-se os cadinhos e foram adicionados 3 gotas de HCL 3 mol/L a cada cadinho, para auxiliar a decomposição.

A seguir os cadinhos foram levados novamente ao forno-mufla a temperatura a 500° C por mais 3 horas, para assegurar a completa decomposição

do material, o processo de resfriamento foi repetido. A cor esperada do material decomposto era cinza clara.

Após o resfriamento do material, os cadinhos foram adicionados mais 10 mL de HCL 3 mol/L e posteriormente aquecidos em placa aquecedora a 80°C por 8 minutos, para a completa solubilização das cinzas, com o cuidado de evitar a fervura da solução. O passo seguinte foi a filtração da solução com papel filtro (JP 42 Quanty 15cm-cinza 0,007) em balões volumétricos de 100 mL, completando o volume com água deionizada. Posteriormente a solução foi transferida para frascos próprios de acondicionamento. Da solução preparada anteriormente foram extraídos os macronutrientes P, K, Ca e Mg e os micronutrientes Cu, Fe, Mn e Zn. Os dados coletados foram obtidos em µg/mL, depois transformados em mg/kg e g/kg (PERKIN; ELMER, 1973).

3.7 CARACTERIZAÇÃO DOS SUBSTRATOS

3.7.1 Análises físicas dos substratos

A caracterização física do substrato foi realizada no Laboratório de Substratos do Departamento de Horticultura e Silvicultura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), de acordo com a metodologia deste, a qual é parte da instrução normativa nº 17 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2007) e adaptada por FERMINO (2003).

3.7.2 Análises químicas do substrato

Para a realização da análise química do substrato usou-se a metodologia descrita por Marques e Motta (2010). Estas análises foram realizadas no Laboratório de Fertilidade do Solo da UFPR. A determinação do pH foi realizada em H₂O. O Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg) foram extraídas com solução de KCl 1mol/L e determinadas por titulação. Com um cachimbo volumétrico, transferiu-se 10 cm³ de substrato devidamente seco e peneirado para um tubo de erlenmeyer de 125 mL e

adicionar 100 mL de KCL 1 mol/L, essa solução foi colocada em um agitador circular por 5 minutos, em seguida colocou-se a mistura em repouso durante 1 hora, desta mistura, pipetou-se 20 mL para a determinação de Ca^{2+} e 20 mL para determinação do Ca^{2+} e Mg^{2+} .

Para a determinação do Ca trocável pelo EDTA (ácido etilenodiamino tetraacético) se adicionou em 20 mL do extrato, 4 mL de solução tampão pH 12, em seguida adicionou-se uma pitada de indicador calconcarbonato + Na_2SO_4 titular cobalto EDTA 0,01 mol/l até a viragem de cor de rosa para azul roxo.

O fósforo e potássio foram extraídos a partir de uma solução extratora de MEHLICH 1. Foi iniciada com transferência de 10 cm^3 de substrato em erlenmeyer de 125 mL, e foi adicionado 100 mL de extrator; as amostras foram agitadas durante 5 minutos em agitador circular; deixou-se em repouso durante 1 hora e de seguida pipetou-se 25 mL do sobrenadante para se efetuar as análises de P e K. Em 5 mL do extrato, adicionou-se 10 mL de solução de molibdato e ácido ascórbico, logo de seguida agitou-se e deixou-se para descansar por 30 minutos. A faz-se a leitura de fósforo foi realizada em fotocolorímetro no comprimento de onda de 660nm (PAVAN⁶ *et al.*, 1992 citado por).

A determinação do potássio disponível, a dosagem de K foi realizada no restante do extrato, diretamente por espectroscopia de emissão de chama ou fotometria de chama. A fotometria de chama é destinada para a análise de potássio, sódio, cálcio e lítio e finalmente a determinação do Carbono foi feito pelo método de calorímetro, método que foi desenvolvido por Quaggio; Raij⁷ (1979) citado por Marques; Motta (2010).

Transferiu-se 1 cm^3 de substrato para erlenmeyer de 125 mL e adicionou-se 10 mL de solução oxidante de dicromato de sódio, agitou-se durante 10 minutos a 130 ppm; esperou-se aproximadamente 45 minutos e diluí-se para 100 mL; deixou-se em repouso durante uma noite, faz-se a leitura em fotocolorímetro no comprimento de onda de 650 nm e encontrou-se valores de correspondência de carbono e matéria orgânica com auxílio de TABELAS de referências.

Para se medir a condutividade elétrica separou-se 30 cm^3 de substrato adicionado a 30 mL de água deionizada, agitou-se durante 10 minutos e colocou-se

⁶ PAVAN, M. A. *et al.* Manual de análise química de solo e controle de qualidade, IAPAR: Londrina, 1992.(Londrina, Circular 76).

⁷ QUAGGIO, J. A. RAIJ, B. van. Comparação de métodos rápidos para determinação da matéria orgânica em solos. Revista brasileira de ciência do solo., campinas, v. 3, p. 184-187, 1979.

em repouso por 1h. Calibrou-se o aparelho com uma solução padrão de cloreto de potássio em 1413 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Em seguida colocou-se o condutivímetro e fez-se a leitura.

3.8 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O experimento foi instalado segundo um delineamento inteiramente casualizado (DIC), com 22 tratamentos, no qual cada unidade experimental foi constituída de 20 mudas e repetido 5 vezes, assim cada tratamento teve 100 plântulas e o experimento total de 2200 mudas.

Os dados foram submetidas ao teste de Bartlett ($p < 0.05$) para verificação da homogeneidade das variâncias, seguido da análise de variância (ANOVA) ($p < 0,01$ e $p < 0,05$).

Os resultados em que o valor do F foi significativo, realizou-se a comparação de médias, usando-se o teste Scott Knott ($p < 0,01$ e $p < 0,05$). No caso de variâncias não homogêneas os dados foram transformados e usou-se o $\arcsen(x/100)^{1/2}$ e o $\log(x)$.

A análise de correlação de Pearson foi realizada com objetivo de relacionar as variáveis morfológicas e fisiológicas com as propriedades químicas e físicas do substrato. Para a análise de todos os resultados utilizou-se o programa estatístico ASSISTAT versão 7.5 beta.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 ANÁLISE FÍSICA DA SEMENTE

Esse lote de semente de *Sebastiania commersoniana* continha 24,48 g por peso de mil sementes, perfazendo 40 837 sementes por quilograma . Este valor está muito abaixo quando comparado com o peso encontrado por LORENZI (2008, p.122) que foi de 71000 sementes, mas CARVALHO (1994, p. 482) encontrou em sua pesquisa que em um quilograma de semente desta espécie pode-se obter de 44212 a 71000 sementes. São vários os fatores que influem na quantidade de sementes por quilograma, entre os quais, o tamanho da semente.

4.2 PARÂMETROS MORFOLÓGICOS E FISIOLÓGICOS DAS MUDAS DE *Sebastiania commersoniana*

4.2.1 Altura das mudas (H)

A análise de variância foi realizada para cada parâmetro avaliado. A interpretação dos resultados obtidos para as combinações de substrato realizou-se com base na ANOVA, em virtude da natureza qualitativa. Na TABELA 4 encontra-se o resumo das análises de variância da altura de mudas de *Sebastiania commersoniana* avaliados em 30, 60, 120 e 180 dias após a semeadura.

TABELA 4 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA H30, H60, H120 E H180 DAS MUDAS DE *Sebastiania commersoniana* PRODUZIDAS EM DIFERENTES SUBSTRATOS

FV	GL	Quadrados médios			
		H30	H60	H120	H180
Tratamentos	21	0,23**	13,25**	37,17**	61,40**
Resíduos	88	0,07	0,55	2,88	5,10
Média geral	-	3,94	7,57	10,28	12,92
CV (%)	-	0,90	0,90	16,38	17,47

**significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro, pelo teste F.

GL - graus de liberdade, CV- coeficiente de variação experimental, FV – Fonte de variação, H - altura

A TABELA 4 mostra que as alturas em todo o período avaliação foram significativas ao nível de 1% de probabilidade de erro. Pode-se constatar que as médias mensais aumentaram com o passar de tempo, mas o maior incremento médio em altura ocorreu dos 30 aos 60 dias, onde as mudas cresceram em 92%, e o período mais crítico foi dos 60 aos 120 dias onde o incremento médio em altura aumentou apenas em 35%. Pode-se notar que apenas aos 30 e 60 dias as mudas apresentaram menor coeficiente de variação, mostrando uma uniformização no experimento, e no final do experimento já tinham um CV maior, comparando com o CV do H30 e H60.

Na TABELA 5 estão apresentados os resultados estatísticos das alturas aos 30, 60, 120 e 180 dias de avaliação. Considerou-se a avaliação dos 180 dias como a mais importante, porque foi o último mês de avaliação. Os resultados e a discussão serão apresentados obedecendo à seqüência dos grupos de formulação dos substratos para um melhor entendimento.

TABELA 5 - ALTURA DAS MUDAS DE *Sebastiania commersoniana* AVALIADOS DURANTE 180 DIAS

Tratamentos	Alturas em cm			
	30 Dias	60 Dias	120 dias	180 Dias
100%SC	3,85 b	9,42 a	15,61 a	18,46 a
100%CAC	3,67 b	5,96 c	07,41 b	09,02 c
80%SC/20%CAC	3,92 b	8,54 b	13,04 a	17,69 a
70%SC/30%CAC	4,02 a	9,46 a	12,04 a	15,87 a
60%SC/40%CAC	3,88 b	8,51 b	11,45 a	13,88 b
50%SC/50%CAC	3,76 b	7,66 b	10,38 a	13,97 b
80%SC/20%FC	3,82 b	8,47 b	12,69 a	16,32 a
70%SC/30%FC	4,11 a	9,06 a	12,36 a	14,79 b
60%SC/40%FC	4,11 a	8,86 a	11,52 a	13,25 b
50%SC/50%FC	4,19 a	8,48 b	12,04 a	14,79 b
80%CAC/20%FC	4,13 a	8,60 b	10,86 a	13,25 b
70%CAC/30%FC	4,28 a	9,43 a	12,42 a	16,02 a
60%CAC/40%FC	4,27 a	9,41 a	13,31 a	16,21 a
50%CAC/50%FC	4,02 a	8,99 a	12,64 a	16,52 a
80%CAC/20%VF	3,74 b	5,84 c	07,50 b	09,83 c
70%CAC/30%VF	3,63 b	5,25 c	06,74 b	08,11 d
60%CAC/40%VF	3,71 b	5,45 c	07,48 b	09,89 c
50%CAC/50%VF	3,86 b	5,60 c	07,53 b	10,09 c
80%FC/20%VF	3,83 b	5,55 c	06,61 b	07,72 d
70%FC/30%VF	3,91 b	5,46 c	06,51 b	07,35 d
60%FC/40%VF	3,72 b	5,91 c	07,26 b	08,93 d
50%FC/50%VF	4,16 a	6,68 c	08,92 b	11,75 c

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o teste de Scott-Knott ao nível de 1% e 5% de probabilidade. SC – Substrato comercial, CAC – Casca de arroz carbonizada, FC – Fibra de coco, VF – Vermiculita fina

Numa primeira fase fez-se uma comparação entre o T1 (100%SC) e T2 (100%CAC). Os resultados da TABELA 5 mostraram que não houve diferença estatística entre estes dois tratamentos aos 30 dias de avaliação, mas nos meses seguintes, aos 60, 120 e 180 dias o T1 (100%SC) mostrou-se estatisticamente superior, mostrando essa reação logo aos 60 dias tendo aumentado o crescimento da altura em 244%.

Esta diferença de crescimento é normal no primeiro mês após a semeadura, pois vários podem ter sido os fatores que levaram a este comportamento, como as substâncias de reserva contidas na semente, a adubação de base e os nutrientes do substrato.

Almeida (2005, p. 52 e 63), testou vários substratos para produção de mudas de *Allophylus edulis* (vacum) e *Schinus terebinthifolius* (aroeira) no qual um dos componentes do seu substrato foi o substrato 100% CAC, aos 30 dias e obteve resultados estatisticamente iguais para o parâmetro altura.

Analisou-se as mudas dos tratamentos combinados com proporções maiores de SC (80-50%) e proporções menores de CAC (20-50%), correspondentes aos tratamentos T3 (80%SC/20CAC), T4 (70%SC/30%CAC), T5 (60%SC/40%CAC) e T6 (50%SC/50%CAC) respectivamente.

Pode-se observar na TABELA 5 que o T3 (80%SC/20CAC), T5 (60%SC/40%CAC) e T6 (50%SC/50%CAC) foram estatisticamente iguais aos 30 e 60 dias, sendo que aos 120 dias todos os tratamentos deste grupo T3 (80%SC/20CAC), T4 (70%SC/30%CAC), T5 (60%SC/40%CAC) e T6(50%SC/50%CAC) foram melhores tornando-se iguais ao T1(100%SC), ao final dos 180 dias de avaliação. O T3 (80%SC/20CAC) e T4 (70%SC/30%CAC) mostraram uma média igual ao T1 (100%SC) e estatisticamente melhor que o T2, T5 e T6, devido a alta concentração do substrato comercial na sua formulação e menores quantidades de casca de arroz carbonizada. SAIDELLES *et. al.* (2009, p. 1177) analisaram três substratos, onde a casca de arroz carbonizada fez parte, produziu mudas de *Enterolobium contortisiliquum* (Tamboril da mata), onde houve aumento de crescimento em relação a altura a medida que aumentasse a concentração da CAC aos outros dois substratos (lodo e solo). Comportamento diferente em relação à produção das mudas de *Sebastiania commersoniana*.

A redução em 20 e 30% de SC e o acréscimo da mesma proporção de CAC não reduzem estatisticamente a qualidade do substrato para produção de mudas de *Sebastiania commersoniana*. Pode-se afirmar que esta mistura (80%SC/20CAC e 70%SC/30%CAC) é uma alternativa para redução de custos na compra de substrato comercial. Resultados contrários foram encontrados por LANG e BOTREL (2008, p. 113), que testaram mudas de *Eucalyptus grandis* aos 160 dias usando diferentes substratos, dos quais obteve para o tratamento com 100% SC resultados das médias de altura inferiores as médias de altura encontrada para as mudas produzidas em 50%SC/50%CAC.

O substrato comercial puro ou em grandes concentrações mostrou melhores resultados para produção de mudas devido as suas propriedades físicas e químicas,

é um substrato com material mais estável, com maior proporção de nitrogênio disponível para as plantas, com menor quantidade de substâncias tóxicas e conserva umidade no interior do tubete (MARTINEZ, 2002, p. 70).

A casca de arroz carbonizada apresenta características desfavoráveis para ser usado em grandes quantidades como baixa densidade, baixa capacidade de retenção de água e o pH alto (acima de 7) (KAMPF, 2005, p. 63), estes fatores podem ter contribuído para o fraco crescimento de mudas de *Sebastiania commersoniana* neste substrato.

Outro grupo a ser analisado é composto por maiores quantidades de substrato comercial (80-50%) e pequenas quantidades de fibra de coco (20-50%). Os tratamentos analisados neste grupo foram o T7 (80%SC/20%FC), T8 (70%SC/30%FC), T9 (60%SC/40%FC) e T10 (50%SC/50%FC).

Os tratamentos T8 (70%SC/30%FC) e T9 (60%SC/40%FC) mostraram a mesma tendência de crescimento em altura dos 30 dias até aos 180 dias, e o T7 (80%SC/20%FC) foi o que apresentou valores baixos no início do experimento, mas que depois aos 120 dias este tratamento tornou-se estatisticamente igual ao T1 (100%SC), T3 (80%SC/20CAC) e T4 (70%SC/30%CAC) contrariamente ao que aconteceu com o T8(70%SC/30%FC) e T9(60%SC/40%FC) reduzirem o incremento. Aos 120 dias as mudas dos quatro tratamentos eram iguais estatisticamente, mas no final do experimento aos 180 dias o T7(80%SC/20%FC) foi o melhor destes e igualou-se aos tratamentos T1(100%SC), T3(80%SC/20CAC) e T4(70%SC/30%CAC).

A outra alternativa para produção de mudas de *Sebastiania commersoniana* é reduzir em 20% o substrato comercial, mas acrescentar fibra de coco (80%SC/20%FC). Apesar da fibra de coco ser um material caro, esta mistura mostrou ser um substrato que possa reduzir em 20% a utilização do substrato comercial em viveiro florestal. ALMEIDA (2005, 52 e 63), encontrou resultados estatisticamente iguais aos demais tratamentos testados na produção de mudas de *Allophylus edulis* (vacum) e *Schinus terebinthifolius* (aroeira), dos quais a mistura fibra de coco a 30% com SC a 70% obteve resultado iguais aos demais, e neste trabalho esta proporção não foi melhor tratamento.

A seguir analisaram-se os substratos com maiores percentagens de CAC (80-50%) e pequenas quantidades de FC (20-50%), que correspondem aos

tratamentos T11 (80%CAC/20%FC), T12 (70%CAC/30%FC), T13 (60%CAC/40%FC) e T14 (50%CAC/50%FC) respectivamente.

As mudas destes tratamentos apresentaram resultados iguais estatisticamente aos 30 dias. Aos 60 dias as mudas do tratamento T11 (80%CAC/20%FC), com maiores concentrações de CAC deferiram das mudas dos demais tratamentos citados, tendo este apresentado mudas de menor crescimento neste grupo.

Os tratamentos T12 (70%CAC/30%FC), T13 (60%CAC/40%FC) e T14 (50%CAC/50%FC) seguiram a mesma tendência de crescimento em altura dos 30 aos 180 dias, como se pode observar na TABELA 5. Estes tratamentos mostraram que o substrato CAC apesar de ter apresentado menor crescimento em altura não se pode descartar, pois quando utilizado em concentrações mais baixas e misturado com outros materiais como fibra de coco ele é adequado para a produção de mudas de *Sebastiania commersoniana* sendo estatisticamente igual ao T1 (100%SC) que é melhor e diferente de T2 (100% CAC) que é considerado inferior.

Os tratamentos T12 (70%CAC/30%FC), T13 (60%CAC/40%FC) e T14 (50%CAC/50%FC) foram considerados os melhores estatisticamente e se igualaram aos tratamentos T1 (100%SC), T3 (80%SC/20CAC), T4 (70%SC/30%CAC) e T7 (80%SC/20%FC). As concentrações altas de CAC (70, 60, 50%) e menores de FC (30, 40, 50%) tornaram-se adequados para produção de mudas de *Sebastiania commersoniana*, esta é mais uma alternativa de substrato para substituir o substrato comercial, pois esta composição de substrato seria mais barata em relação ao custo do SC. O T11 (80%CAC/20%FC) com maiores concentrações de casca de arroz carbonizada tornou-se o pior neste grupo aos 180 dias. É importante ressaltar que a CAC foi estatisticamente melhor substrato em proporções até 70%.

O substrato CAC em maiores concentrações (80-50%) foi misturado com vermiculita fina (VF) em pequenas quantidades (20-50%). Analisando as médias dos tratamentos T15 (80%CAC/20%VF), T16 (70%CAC/30%VF), T17 (60%CAC/40%VF) e T18 (50%CAC/50%VF), aos 30, 60, 120 e 180 dias de avaliação observou-se que existe uma oscilação grande no crescimento de mudas de *Sebastiania commersoniana* nestes substratos. As médias foram estatisticamente iguais dentro de cada um dos meses de avaliação, sendo diferente apenas no final aos 180 dias de avaliação aonde o T16 (70%CAC/30%VF) revelou-se ser o pior dos quatro

tratamentos acima citados, mas que nenhum destes destacou-se melhor em relação aos melhores tratamentos, T1 (100%SC), T3 (80%SC/20%CAC), T4 (70%SC/30%CAC), T7 (80%SC/20%FC), T12 (70%CAC/30%FC), T13 (60%CAC/40%FC) e T14 (50%CAC/50%FC).

Lang e Botrel (2008, p. 113), testaram as mudas de *Eucalyptus grandis* aos 160 dias e obtiveram maior crescimento para as mudas produzidas em 50% de casca de arroz e 50% vermiculita. Resultados diferentes foram encontrados para as mudas de *Sebastiania commersoniana*.

Os resultados favoráveis obtidos em mudas de *Eucalyptus grandis* em que a composição de seu substrato é CAC devem-se a forma alongada da casca de arroz, ao material leve e possuir boa porosidade que favorece melhor crescimento das mudas (LANG; BOTREL 2008, p. 113).

Analisaram-se os tratamentos com maiores concentrações de fibra de coco (80-50%) e menores concentrações de vermiculita fina (20-50%), correspondentes aos tratamentos T19 (80%FC/20%VF), T20 (70%FC/30%VF), T21 (60%FC/40%VF) e T22 (50%FC/50%VF). Aos 30 dias viu-se que os tratamentos com proporções iguais de FC e VF a 50% obtiveram melhor crescimento, aos 180 dias. Dentro deste grupo o T22 (50%FC/50%VF) foi estatisticamente melhor em relação aos demais. Deste modo pode-se dizer que os substratos com concentrações de fibra de coco igual ou acima de 50% não apresentaram mudas com médias em altura estatisticamente melhores para a produção de mudas de *Sebastiania commersoniana*.

Da TABELA 5, verifica-se que os melhores tratamentos foram substrato comercial puro, maiores concentrações de substrato comercial e concentrações mais baixas de casca de arroz carbonizada (20, 30, 50 e 60%). As mudas de *Sebastiania commersoniana* produzidas com fibra de coco e casca de arroz carbonizada em combinação com vermiculita fina do T15 ao T22 apresentaram o menor crescimento.

4.2.2 Diâmetro do colo

Na TABELA 6 encontram-se o resumo da ANOVA do diâmetro das mudas de *Sebastiania commersoniana* dos dados obtidos aos 60, 120 e 180 dias após a semeadura.

TABELA 6 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA O DIÂMETRO DO COLO AOS 60 (D60), 120 (D120) E 180 (D180) DIAS DE MUDAS DE *Sebastiania commersoniana* PRODUZIDAS EM DIFERENTES SUBSTRATOS

FV	GL	Quadrados médios		
		D60	D120	D180
Tratamentos	21	0,08**	0,33**	0,57**
Resíduos	88	0,021	0,03	0,08
Média geral	-	1,37	1,78	2,30
CV (%)	-	10,65	11,13	12,43

** significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro, respectivamente, pelo teste F.

GL - graus de liberdade, CV- coeficiente de variação experimental, FV – Fonte de variação

O diâmetro do colo médio de mudas de *Sebastiania commersoniana* aumentou gradualmente durante o período de avaliação, mas o incremento médio em diâmetro para os diferentes meses de avaliação foi igual de D60 para D120 e de D120 para D180, tendo aumentado em 29%. A menor variação dentro do experimento ocorreu entre as mudas aos 60 dias.

A TABELA 7 mostra os valores da avaliação de mudas em diâmetro aos 60, 120 e 180 dias.

TABELA 7 - DIÂMETRO DO COLO DAS MUDAS DE *Sebastiania commersoniana* AVALIADOS DURANTE 60, 120 E 180 DIAS

Tratamentos	Diâmetro em mm		
	60 Dias	120 Dias	180 Dias
100%SC	1,52 a	2,19 a	2,71 a
100%CAC	1,31 b	1,56 b	1,72 b
80%SC/20%CAC	1,53 a	2,02 a	2,52 a
70%SC/30%CAC	1,57 a	1,95 a	2,60 a
60%SC/40%CAC	1,39 a	1,91 a	2,54 a
50%SC/50%CAC	1,36 b	1,82 a	2,31 a
80%SC/20%FC	1,41 a	1,95 a	2,49 a
70%SC/30%FC	1,46 a	1,95 a	2,63 a
60%SC/40%FC	1,46 a	1,91 a	2,55 a
50%SC/50%FC	1,56 a	1,98 a	2,56 a
80%CAC/20%FC	1,37 b	1,93 a	2,41 a
70%CAC/30%FC	1,52 a	2,10 a	2,66 a
60%CAC/40%FC	1,43 a	2,00 a	2,62 a
50%CAC/50%FC	1,35 b	2,05 a	2,69 a
80%CAC/20%VF	1,34 b	1,54 b	2,14 b
70%CAC/30%VF	1,26 b	1,46 b	1,89 b
60%CAC/40%VF	1,25 b	1,48 b	1,84 b
50%CAC/50%VF	1,24 b	1,48 b	1,94 b
80%FC/20%VF	1,30 b	1,53 b	1,81 b
70%FC/30%VF	1,06 b	1,34 b	1,98 b
60%FC/40%VF	1,19 b	1,44 b	1,92 b
50%FC/50%VF	1,36 b	1,64 b	2,21 b

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. SC – Substrato comercial, CAC – Casca de arroz carbonizada, FC – Fibra de coco, VF – Vermiculita fina

Analisou-se primeiro os substratos puros, T1 (100%SC) e T2 (100%CAC). Houve diferença estatística entre eles, tendo como melhor diâmetro o T1 (100%) em relação ao T2 (100%CAC) que seguem a mesma tendência de melhor tratamento e pior tratamento em diâmetro dos 30 aos 180 dias.

Observou-se que os tratamentos T3 (80%SC/20CAC) ao T14 (50%CAC/50%FC) não diferem estatisticamente entre si, tiveram a mesma tendência de crescimento em diâmetro em todo período de avaliação.

Nos estudos feitos por Lang e Botrel, (2008, p.113), analisando as mudas de *Eucalyptus grandis* obteve diâmetros mais baixos para as mudas produzidas em substrato comercial e as mudas produzidas em 50%SC/50%CAC foram estatisticamente superiores. Este é um resultado que difere do resultado em diâmetro de mudas produzidas de *Sebastiania commersoniana*. Almeida (2005, p. 53 e 64) obteve resultados para o diâmetro de mudas de *Allophylus edulis* e *Schinus terebinthifolius* valores estatisticamente inferiores para os substratos a base de 100% SC, 70%SC/30%CAC e 70%SC/ 30FC que em mudas de *Sebastiania commersoniana* apresentaram-se estatisticamente superiores.

Os tratamentos T5 (60%SC/40%CAC), T6 (50%SC/50%CAC), T8 (70%SC/30%FC), T9 (60%SC/40%FC), T10 (50%SC/50%FC) e T11(80%CAC/20%FC) não foram considerados tratamentos com melhores mudas em altura (TABELA 6), mas que tiveram maiores resultados em diâmetro.

Os tratamentos compostos por maior concentração de FC e menor concentração de VF e os tratamentos com maior concentração de casca de arroz carbonizada e menor de vermiculita fina, isto é do tratamento T15 ao T22 tem a mesma tendência, e este foram considerados piores tratamentos em todo tempo de avaliação.

De um modo geral ao final dos 180 dias formaram-se dois grupos constituídos de acordo com a semelhança e o tipo de substrato, do T1 (100%SC) a T14(50%CAC/50%FC) (exceto o T2) onde a composição do substrato é SC, CAC e FC em diferentes proporções, o T2 (100%CAC), T15 (80%CAC/20%VF) a T22 (50%FC/50%VF) fizeram parte do segundo grupo, onde a composição do substrato é CAC, FC e VF (TABELA 7).

Constatou-se que os melhores substratos para a produção de mudas de *Sebastiania commersoniana* são os tratamentos onde a percentagem do substrato comercial é maior e os piores tratamentos são os que têm na sua composição substrato com VF em pequenas quantidades.

Os tratamentos que tiveram melhor altura e melhor diâmetro foram as mudas dos tratamentos T1(100%SC), T3 (80%SC/20%CAC),T4 (70%SC/30%CAC), T7 (80%SC/20%FC), T12 (70%CAC/30%FC), T13 (60%CAC/40%FC) e T14(50%CAC/50%FC). Observou-se que são mudas dos tratamentos com 100, 80 e 70% de SC; 20 e 30 % CAC e 20, 30 e 40% de FC, e nenhum tratamento com

vermiculita fina. Assim pode-se concluir que a alternativa para redução de custo de produção de mudas de *Sebastiania commersoniana* podem ser feitas a partir das combinações acima citadas.

Carneiro (1995, p. 81), ressalta que se as mudas produzidas em viveiros florestais, quando apresentarem durante o período de crescimento, uma altura média de 16 cm, deveria ter o diâmetro médio que varia de 1,9 e 2,9 mm, e que dimensões inferiores a 1,9 mm indicam que as mudas não apresentam crescimento equilibrado e que as medidas técnicas para aumentar o diâmetro deveriam ser tomadas. De um modo geral observa-se que o diâmetro do colo aos 180 dias das mudas de *Sebastiania commersoniana* era de 1,72 á 2,71 mm (TABELA 7) e altura de 7,35 a 18,46 cm (TABELA 5), com estas medidas pode-se afirmar que as mudas tiveram um crescimento equilibrado quando comparados com os valores encontrados por CARNEIRO (1995, p. 81) com relação a altura das mudas de mudas de pinus.

4.2.3 Relação da parte aérea e diâmetro do colo (relação H/D)

Na TABELA 8 encontra-se o resumo das análises para a relação H/D aos 60, 120 e 180 dias.

TABELA 8 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA A RELAÇÃO ALTURA E DIÂMETRO (H/D) AOS 60, 120, 180 PARA AS MUDAS DE *Sebastiania commersoniana* PRODUZIDAS EM DIFERENTES SUBSTRATOS.

FV	GL	Quadrados médios		
		HD60	HD120	HD180
Tratamentos	21	3,41**	2,75**	3,38*
Resíduos	88	0,24	0,49	0,75
Média geral	-	5,48	5,67	5,53
CV (%)	-	9,06	12,39	15,66

** significativo ao nível de 5% e 1% de probabilidade de erro, respectivamente, pelo teste F.
GL - graus de liberdade, CV- coeficiente de variação experimental. FV – Fonte de variação

A relação altura e diâmetro para o experimento foi altamente significativo ao longo da avaliação. Observou-se que a maior relação média mensal da H/D foi de

5,67 aos 120 dias, isto significa que os valores de altura eram maiores neste período de avaliação e a menor variação ocorreu na relação H/D aos 90 dias (TABELA 8).

O intervalo de 5,4 e 8,1 é um padrão de classificação de mudas de qualidade desejável em qualquer período de avaliação para pôr em campo, pois mostra o equilíbrio entre a altura e diâmetro (CARNEIRO, 1995, p.81).

O GRÁFICO 1 mostra a relação H/D aos 180 dias, estes resultados não obedecem nem a tendência de crescimento da altura e nem do diâmetro. Observa-se que 45% das médias dos tratamentos analisados se encontram entre 5,4 e 8,1; destacando os seguintes tratamentos T1 (100% SC), T3 (80%SC/20%CAC), T4 (70%SC/30%CAC), T6 (50%SC/50%CAC), T7 (80%SC/20%FC), T8 (70%SC/30%FC), T10 (50%SC/50%FC), T12 (70%CAC/30%FC), T13 (60%CAC/40%FC) e T14 (50%CAC/50%FC) que foram os melhores tratamentos quando comparados com os restantes grupos formados.

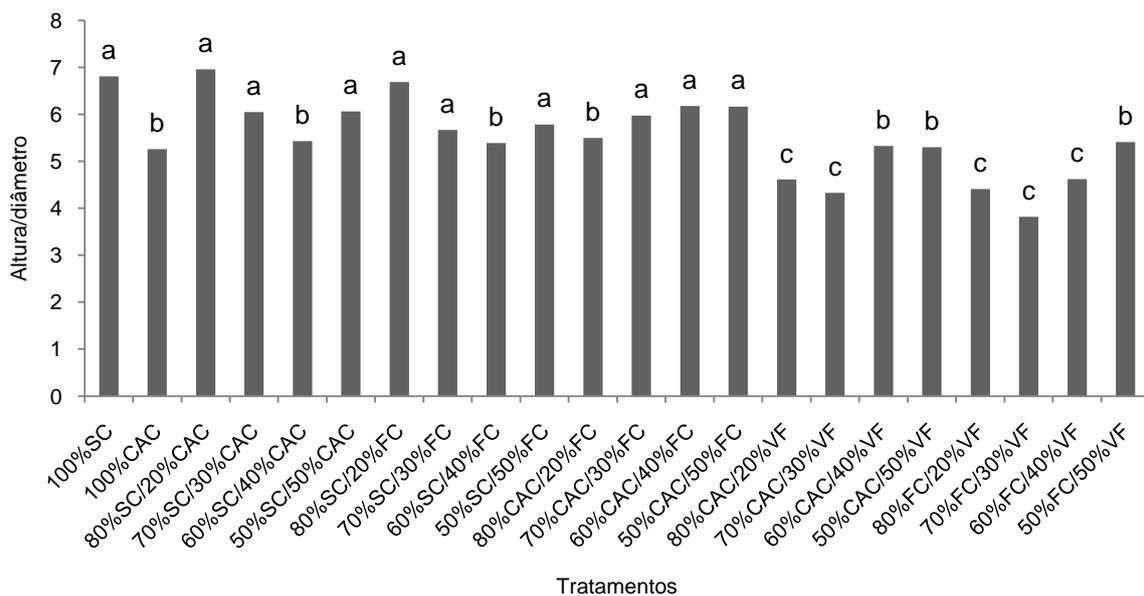


GRÁFICO 1– RELAÇÃO ENTRE A ALTURA E DIÂMETRO *Sebastiania commersoniana* AVALIADAS AOS 180 DIAS

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. Sc – Substrato comercial, CAC – Casca de arroz carbonizada, FC – Fibra de coco, VF– Vermiculita fina.

As mudas produzidas em 100% SC, 70%SC/30%CAC e 70%SC/30%FC tiveram melhor relação H/D para mudas de *Allophylus edulis* produzidas por ALMEIDA (2005, p. 57), resultado este semelhante ao encontrado para as mudas de *Sebastiania commersoniana*.

Os menores valores encontrados para a relação H/D foram às mudas de T15 (80%CAC/20%VF), T16 (70%CAC/30%VF), T19 (80%FC/20%VF), T20 (70%FC/30%VF) e T21 (60%FC/40%VF). Segundo GOMES e PAIVA (2006, p. 101), estas deveriam ser as melhores mudas, pois tema relação H/D menor, então teriam a maior chance de sobrevivência em campo e estabelecimento das mudas no local definitivo. Os autores ressaltam que quando menor for à relação H/D maior é a chance de sobrevivência e estabelecimento das mudas no local definitivo.

Para que as mudas tenham a relação H/D menor é necessário que o diâmetro seja maior GOMES e PAIVA (2006, p. 101) considera esta relação, enquanto que Carneiro (1995) considera que a altura tenha que ser maior.

Pelos resultados apresentados no GRÁFICO 1, as mudas dos tratamentos com os menores valores desta relação H/D são os tratamentos que na sua composição tem VF em menores quantidades e maiores concentrações de CAC e FC, estes foram os tratamentos que tiveram também menor altura e diâmetro, por sinal os piores tratamentos do experimento, o que leva a discordância com GOMES e PAIVA (2004, p.101), pois se levar em consideração esta afirmação levar-se-iam ao campo as piores mudas.

4.2.4 Biomassa seca e fresca da parte aérea e radicial

A análise de variância dos parâmetros de qualidade de mudas BsPA, BsPR, BsPA/BsPR, percentagem da raiz e índice de qualidade de mudas para a *Sebastiania commersoniana* analisados aos 180 dias estão apresentados na TABELA 9. Os valores das análises de variância foram significativos ao nível de 1% de probabilidade de erro.

TABELA 9 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA BIOMASSA SECA AÉREA (BsPA), BIOMASSA SECA RADICIAL (BsPR), % DE RAIZES E O ÍNDICE DE QUALIDADE (IQD) DE MUDAS DE *Sebastiania commersoniana* PRODUZIDAS EM DIFERENTES SUBSTRATOS.

FV	GL	Quadrados médios				
		BsPA	BsPR	BsPA/ BsPR	% RAIZ	IQD
Tratamentos	21	2,67**	0,026**	0,18**	33,08**	0,002**
Resíduos	88	0,26	0,002	0,04	9,72	0,004
Média geral	-	3,23	0,200	1,65	38,04	0,073
CV (%)	-	15,85	26,16	13,44	8,19	27,41

** significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro, respectivamente, pelo teste F.

GL - graus de liberdade, CV- coeficiente de variação experimental. FV – Fonte de variação

A média geral da biomassa seca da parte aérea é 67,5% do valor da média geral da biomassa fresca aérea, quer dizer que apenas 32,5% era água contida na parte aérea da muda. A água contida nas raízes é de 45,5%. A raiz tem maior quantidade de água, pois estas se encontram em ambiente úmido durante todo o período de crescimento da muda. Segundo PRADO (2008, p.16), em uma planta fresca a maior proporção de sua massa, de 70 a 95% é constituída por água. O coeficiente de variação pode ser considerado elevado para o IQD.

A TABELA 10 mostra os resultados dos parâmetros de qualidade de mudas de *Sebastiania commersoniana* produzidas em diferentes substratos, aos 180 dias. Os parâmetros aqui discutidos são apenas a biomassa seca das mudas, não sendo a biomassa fresca parâmetro ideal para a determinação da qualidade da muda devido a maior probabilidade de erro devido a quantidade de água nela contida.

Existe uma deficiência no estudo dos parâmetros destrutivos de qualidade de mudas, quando a análise é baseada apenas em peso seco (CARNEIRO 1995, p. 86). Acontece que os melhores tratamentos, tendo valores maiores de peso fresco radicial, apresentaram após a secagem menor percentagem de raiz, pode-se verificar isto na TABELA 10 para os diferentes tratamentos.

TABELA 10 - BIOMASSA SECA DA PARTE AÉREA, RADICIAL E TOTAL, PERCENTAGEM DAS RAIZES DAS MUDAS DE *Sebastiania commersoniana* AOS 180 DIAS

Tratamentos	BsPA	BsPR	Bstotal	% Raiz
100%SC	0,72 a	0,34 a	1,07 a	32,34 b
100%CAC	0,14 c	0,10 c	0,25 c	40,45 a
80%SC/20%CAC	0,45 b	0,26 a	0,72 b	36,68 b
70%SC/30%CAC	0,44 b	0,25 a	0,70 b	37,01 b
60%SC/40%CAC	0,39 b	0,23 b	0,63 b	38,82 a
50%SC/50%CAC	0,34 b	0,21 b	0,56 b	38,29 a
80%SC/20%FC	0,41 b	0,19 b	0,60 b	33,21 b
70%SC/30%FC	0,47 b	0,26 a	0,74 b	35,85 b
60%SC/40%FC	0,39 b	0,19 b	0,58 b	34,89 b
50%SC/50%FC	0,41 b	0,25 a	0,67 b	38,53 a
80%CAC/20%VF	0,33 b	0,22 b	0,56 b	39,91 a
70%CAC/30%VF	0,44 b	0,23 a	0,73 b	39,47 a
60%CAC/40%VF	0,44 b	0,27 a	0,73 b	38,43 a
50%CAC/50%VF	0,45 b	0,25 a	0,72 b	36,20 b
80%CAC/20%VF	0,20 c	0,13 c	0,34 c	39,30 a
70%CAC/30%VF	0,16 c	0,11 c	0,26 c	40,19 a
60%CAC/40%VF	0,21 c	0,15c	0,36 c	42,60 a
50%CAC/50%VF	0,19 c	0,14 c	0,33 c	41,53 a
80%FC/20%VF	0,15 c	0,10 c	0,26 c	39,16 a
70%FC/30%VF	0,14 c	0,01 c	0,24 c	39,00 a
60%FC/40%VF	0,21 c	0,14 c	0,35 c	39,44 a
50%FC/50%VF	0,309 b	0,17 c	0,48 b	35,50 b

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Scott-Knott ao nível de 1% de probabilidade de erro

BsPA- Biomassa seca da parte aérea, BsPR - Biomassa seca da parte radicial, BsT- Biomassa seca total, % raízes - Percentagem da raiz . SC – Substrato comercial, CAC – Casca de arroz carbonizada, FC – Fibra de coco, VF – Vermiculita fina

Pode-se observar na TABELA 10 que das mudas produzidas apenas o T1 (100%SC) apresentaram melhor BsPA e BsT. A produção da biomassa depende do substrato, do tipo de muda, do tempo de permanência da muda no viveiro, do tamanho do tubete, da irrigação, da adubação e entre outros fatores.

A BsPA não apresentou a mesma tendência que a BsPR, mas apresentou a mesma tendência da BsT (TABELA 10), isto quer dizer que a parte radicial teve maior valor da sua biomassa em relação a parte aérea. A biomassa seca radicial foi maior para as mudas dos tratamentos com 100% SC, 80 e 70/CAC e FC, 50/50SC/SC e 70, 60 50% CAC quando misturado com fibra de coco.

Os substratos que na sua formulação tinham a VF, tanto com a CAC ou com FC não apresentaram bons resultados quanto a BsPA, BsPR, e BsT (TABELA 10).

LANG e BOTREL, (2008, p. 114) no seu estudo com *Eucalyptus grandis* mostraram que os tratamentos com 50%CAC/50%VF apresentaram as maiores médias em relação a biomassa seca aérea com 0,461g e os resultados da biomassa seca da parte radicial teve menor resultado, as mudas de *Sebastiania commersoniana* tiveram menor resultado para esta mistura.

A TABELA 10 mostra as mudas que tiveram menor BsPR apresentaram maior percentagem de raiz, isto devido ao valor da biomassa total que é usada para este cálculo, pode-se observar na TABELA 10 que os tratamentos T2 (100%CAC), T15 (80%CAC/20%FC) até ao T21 (60%FC/40%VF), apresentaram a pior BsPR e também a pior BsT mas tem a maior percentagem total de raízes.

Segundo Carneiro (1995, p. 83), o cálculo da percentagem de raízes apresenta deficiência. A biomassa seca radicial tem valor muito pequeno, pois, mesmo existindo grande número de raízes finas, com alta quantidade de pêlos absorventes, o valor da medição do seu peso é quase desprezível.

A relação biomassa seca da parte aérea e biomassa seca radicial foi calculada com objetivo de conhecer a qualidade das mudas em viveiro, no estado em que elas se encontravam. A maior relação BsPA/BsPR encontrou-se em mudas do tratamento T1 (100% SC), T7 (80%SC/20%FC) e T9 (60%SC/40%FC) que tiveram o valor de 2,11, 2,04 e 1,91 respectivamente (GRÁFICO 2). Estes valores estiveram próximo de 2, valor que foi sugerido por GOMES e PAIVA (2004, p. 100) para a relação BsPA/BsPR que representa o equilíbrio da muda em viveiro.

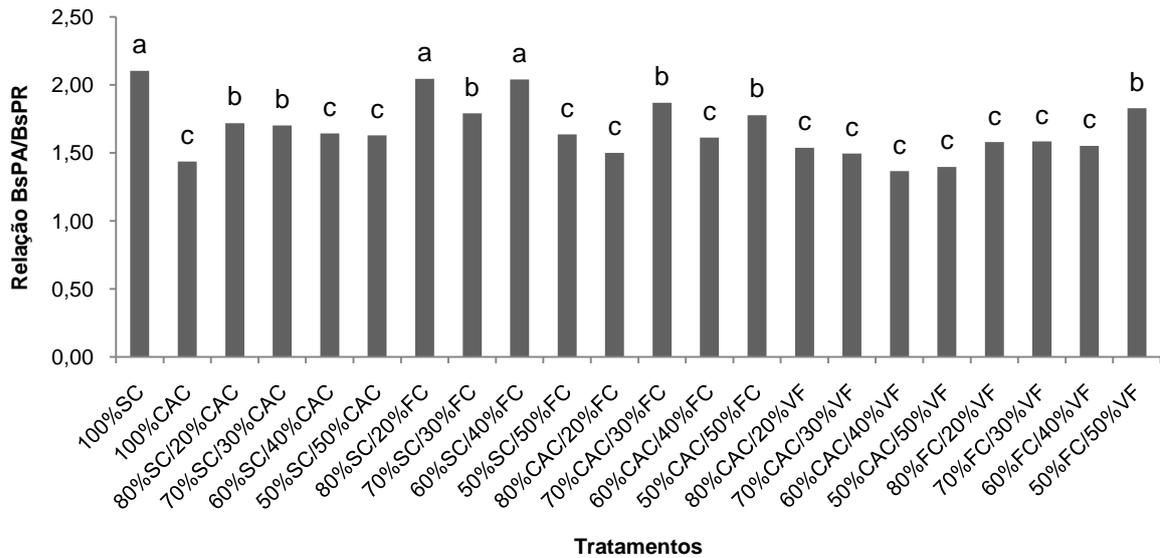


GRÁFICO 2– RELAÇÃO DA BIOMASSA SECA DA PARTE AÉREA E RADICIAL DAS MUDAS DE *Sebastiania commersoniana* AOS 180 DIAS.
Médias seguidas de uma mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Scott –Knott a 5% de probabilidade de erro. BsPR- Biomassa seca da parte radicial , BsPA- Biomassa seca da parte aérea, g - gramas

Para as mudas de *Allophylus edulis* produzidas por Almeida (2005, p. 57) mostraram que a relação biomassa seca da parte aérea e radicial foram estatisticamente iguais para todos os tratamentos testados, o que difere com os resultados encontrados em mudas de *Sebastiania commersoniana*.

As mudas dos tratamentos com maior concentração de CAC e FC não diferem estatisticamente entre si, e consideram-se as mudas com a menor relação BsPA/BsPR, as mudas que não tem bom equilíbrio entre a parte aérea e radicial.

Os resultados obtidos a partir da relação calculada entre a biomassa seca da parte aérea e o seu respectivo sistema radicial das mudas são considerados como índice eficiente e seguro para expressar o padrão de qualidade de mudas, porém essa relação não tem muita importância ou significado para o crescimento no campo (GOMES; PAIVA 2006, p. 100). Os fatores que influenciam no crescimento da parte aérea das mudas também são responsáveis pelos seus pesos de matéria seca aérea (GOMES; PAIVA, 2006, p. 98).

Na TABELA 11 estão apresentadas as correlações entre as variáveis morfológicas e fisiológicas de qualidade de mudas. Constatou-se que as correlações foram altas.

TABELA 11- CORRELAÇÃO ENTRE AS VARIÁVEIS MORFOLOGICAS E FISIOLÓGICAS DE QUALIDADE DE MUDAS

Variáveis	D	H	BsPA	BsPR	BST	BsPA/BsPR	IQD
D	1						
H	0,925**	1					
BsPA	0,915**	0,941**	1				
BsPR	0,875**	0,934**	0,936**	1			
BST	0,925**	0,951**	0,995**	0,954**	1		
BsPA/BsPR	0,621**	0,624**	0,7214**	0,520**	0,661**	1	
IQD	0,943**	0,911**	0,967**	0,944**	0,980**	0,583**	1

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$), foi aplicado o Teste t ao nível de 1% e as correlações são lineares. D-diâmetro, H- altura, BSPA-Biomassa seca da parte aérea, BSPR-Biomassa seca da parte radicial, BST-Biomassa seca total, PSA/PSR- Relação peso seco aéreo e radicial, IQD – Índice de qualidade de Dickson

Existe uma correlação positiva entre estes parâmetros, sendo também encontrada uma estreita relação entre a biomassa da matéria seca da parte aérea e a sua biomassa correspondente de matéria seca da parte radicial.

4.2.5 Índice de qualidade de mudas (IQD)

Os valores do IQD estão apresentados no GRÁFICO 3, pode-se observar a partir deste gráfico dois grupos formados do tratamento T1 (100%SC) ao T14 (50%CAC/50%FC) exceto o T2 (100%CAC), mudas com formulação de substrato SC, SC/CAC e CAC/FC que tiveram o melhor valor de IQD e do T2 (100%CAC), T15 (80%CAC/20%VF) ao T22 (50%FC/50%VF), considerado os piores valores de IQD. Os valores do IQD variaram de 0,044-0,119; este valor do IQD considerou-se baixo em relação aos valores encontrados por Almeida (2005, p. 57). Este autor obteve para a produção de mudas de *Allophylus edulis* valores de IQD superiores aos valores encontrados no GRÁFICO 3, valores estes que variaram de 0,25-0,40.

Segundo Gomes e Paiva (2006, p. 101) o IQD é um bom indicador de qualidade das mudas, pois leva em conta para o seu cálculo, a robustez e o equilíbrio da distribuição da biomassa da mudas, ponderando vários parâmetros considerados importantes. Para as mudas de *Pseudotsuga menziessi* e *Picea abies*, foi considerado ideal o valor mínimo de 0,20.

As mudas de *Sebastiania commersoniana* foram consideradas mudas com IQD muito inferior ao valor encontrado por ALMEIDA (2005, p. 57) nas mudas de *Schinus terebinthifolius* e aos valores encontrados por GOMES e PAIVA (2006, p. 101). O valor do IQD encontrado por GOMES e PAIVA (2006, p. 101) não pode ser considerado valor padrão de classificação de mudas, pois cada espécie tem o seu intervalo de IQD.

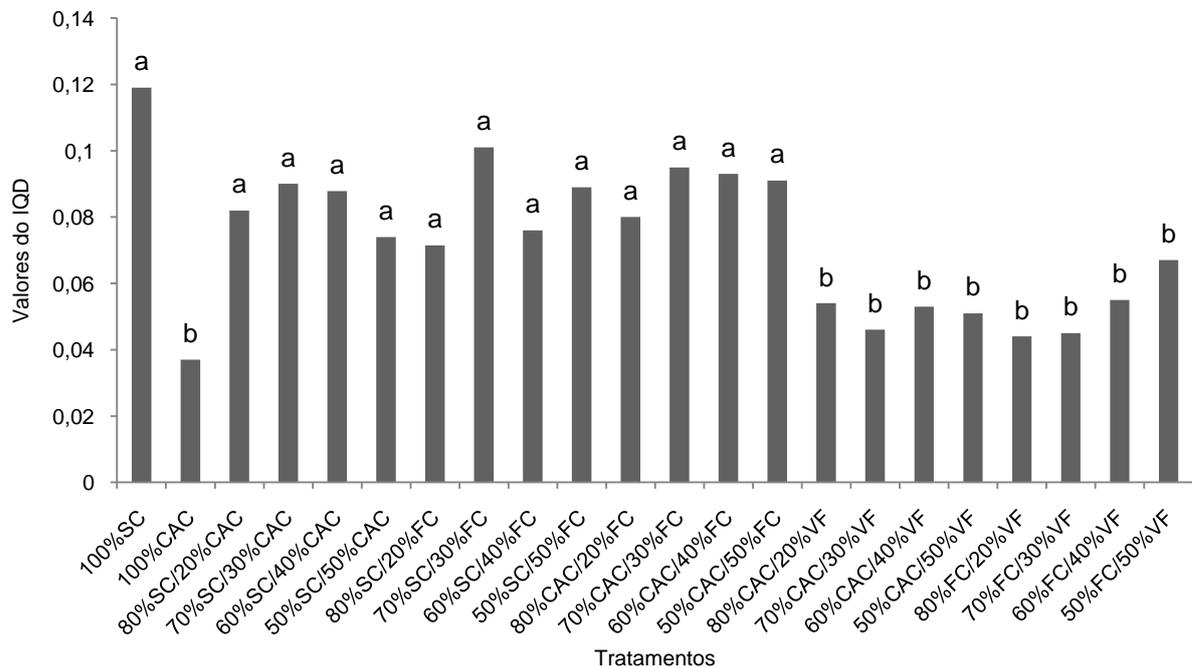


GRÁFICO 3 - ÍNDICE DE QUALIDADE DE DICKSON (IQD) EM MUDAS DE *Sebastiania commersoniana*

As médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Scott –Knott a 5% de probabilidade.

Knapik (2005, p. 88), em todos os tratamentos testados obteve valores inferiores do IQD em relação aos valores encontrados por GOMES e PAIVA (2006, p.100), com exceção do tratamento SC + N.P.K. + micro que o valor do IQD foi de 0,24 mesmo assim superior aos valores encontrados no GRÁFICO 3, e este valor (0,24) corresponde ao tratamento que respondeu positivamente as variáveis estudadas por KNAPIK (2005, p. 88), na produção de mudas de *Mimosa scabrella*.

De um modo geral todas as variáveis morfológicas de qualidade de mudas foram positivamente correlacionadas com cada um dos parâmetros, estas

correlações indicam que ao aumentar o valor de um parâmetro ocorre também o aumento no outro parâmetro.

As correlações mais baixas foram da relação BsPA/BsPR com todos os restantes parâmetros de qualidade, os maiores foram da altura, diâmetro, BSPA, BSPR e BST, o que difere dos resultados encontrados por AZEVEDO (2003, p.50); CARNEIRO (1995). O IQD apresentou alta correlação com a variável diâmetro, altura, BsPA, BsPR, BST, mas com o BsPA/BsPR a correlação foi baixa (TABELA 11).

4.2.6 Área foliar, comprimento e volume das raízes das mudas de *Sebastiania commersoniana*

O resumo das variâncias da área foliar, do comprimento e do volume das raízes das mudas está apresentado na TABELA 12.

TABELA 12 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA A ÁREA FOLIAR, COMPRIMENTO DA RAIZ E VOLUME DA RAIZ DE MUDAS DE *Sebastiania commersoniana* PRODUZIDAS EM DIFERENTES SUBSTRATOS.

FV	GL	Área foliar	Comp. raiz	Volume raiz
Tratamentos	21	144,89**	146,85**	0,75**
Resíduos	88	34,68	17,33	0,090
Média geral	-	13,12	24,18	2,18
CV (%)	-	44,86	17,21	13,95

** significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro, respectivamente, pelo teste F.

GL - graus de liberdade, CV- coeficiente de variação experimental. FV – Fonte de variação

O coeficiente de variação para a área foliar é muito superior em relação ao comprimento da raiz e o volume da raiz. Os resultados da área foliar e comprimento da raiz estão apresentados na TABELA 13. Os resultados da área foliar agruparam-se em dois. O primeiro grupo formado por mudas produzidas em substratos com combinação de SC, SC/CAC e CAC/FC e o segundo grupo mudas com combinações CAC/VF e FC/VF.

TABELA 13- COMPRIMENTO DA RAÍZ E ÁREA FOLIAR DE *Sebastiania commersoniana*.

Tratamento	Área foliar	Volume da raiz	Comprimento da raiz
100%SC	25,61a	0,22a	39,52a
100%CAC	06,21b	0,09c	16,44d
80%SC/20%CAC	15,29 a	0,21a	28,30b
70%SC/30%CAC	20,67 a	0,24a	23,33c
60%SC/40%CAC	14,71a	0,16b	26,31b
50%SC/50%CAC	11,50b	0,17b	24,09c
80%SC/20%FC	14,06a	0,22a	29,55b
70%SC/30%FC	13,45a	0,18a	28,50b
60%SC/40%FC	17,76a	0,16b	28,92b
50%SC/50%FC	14,36a	0,15b	28,72b
80%CAC/20%FC	16,96a	0,14b	22,82c
70%CAC/30%FC	18,45a	0,19a	24,81b
60%CAC/40%FC	17,06a	0,19a	23,19c
50%CAC/50%FC	17,05a	0,16b	25,50b
80%CAC/20%VF	08,97b	0,10c	18,27d
70%CAC/30%VF	07,60b	0,09c	17,04d
60%CAC/40%VF	07,08b	0,08c	18,24d
50%CAC/50%VF	11,32b	0,10c	22,63c
80%FC/20%VF	05,25b	0,08c	18,93d
70%FC/30%VF	05,34b	0,07c	17,82d
60%FC/40%VF	07,71b	0,09c	22,08c
50%FC/50%VF	12,26b	0,13b	26,96b

As médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Scott-knott ao nível de 5% de probabilidade. A.foliar- área foliar em cm² e Comp da raiz- comprimento da raiz em cm

Em relação ao comprimento da raiz, as mudas dos tratamentos que contém 100%SC desenvolveram mais o comprimento da raiz. A percentagem do espaço de aeração deste substrato é maior em relação aos substratos a base de VF, que neste caso apresentaram menor espaço de aeração, menor densidade e maior porosidade total.

Almeida (2008, p. 55), determinou a área foliar, o comprimento e volume da raiz das mudas de *Allophylus edulis*, encontraram valores de área foliar e comprimento da raiz estatisticamente superior para os tratamentos a 100% SC, 70%SC/30%CAC e 70%SC/30%FC e o volume da raiz foi maior para 70%SC/30%CAC e 70%SC/30%FC e estatisticamente menor para o substrato 100% SC.

Este fato pode ser explicado como uma estratégia da planta ao baixo teor de nutrientes disponíveis neste substrato, e conseqüente crescimento de maior número de raízes, principalmente finas, o que justifica uma baixa biomassa seca de raízes, em relação aos demais tratamentos (ALMEIDA 2008, p. 58).

A área foliar é uma variável que corresponde à área da superfície fotossintetizante útil, ela é importante na determinação de processos fisiológicos relativos ao crescimento, como intensidade de transpiração, taxa assimilatória líquida e índice de área foliar (ARTUR, 2006, p. 28).

O crescimento foliar ou o aumento da área foliar está relacionado à fotossíntese e a partição de carbono, que é fortemente afetado pela concentração e balanceamento do estado nutricional das plantas. Estes processos são inibidos quando essas concentrações são restritas, principalmente pela disponibilidade, carência ou excesso de nutrientes fornecidos pelo substrato ou por fatores que impediram a absorção desses nutrientes (DIAS, 2006, p. 65).

Segundo a TABELA 13 apenas o tratamento com 100%SC foi estatisticamente maior e os tratamentos T2 (100%CAC), T15 (80%CAC/20%FC), T16 (70%CAC/30%FC), T17 (60%CAC/40%FC), T19 (80%FC/20%VF) e T20 (70%FC/30%VF) foram considerados os com menor comprimento de raiz, acrescentando aos anteriores o T18 (50%CAC/50%FC) e T21 (60%FC/40%VF) para serem considerados também os tratamentos com menor volume de raiz.

Segundo Ballarin *et al.* (2004, p. 99), o pH que se encontra entre 5-6 é de maior importância porque estabilizam as membranas de maioria das espécies por conseguinte favorecem maior absorção mineral pelas raízes. Neste caso o pH foi maior que 6,5 as membranas celulares perderam a sua estabilidade e afetou deste modo, negativamente o processo de absorção seletiva dos íons.

O substrato a base de fibra de coco em concentrações elevadas inibiu o crescimento radicial, visto que com o aumento de sua concentração, aumentou a relação C/N do substrato, passando a ocorrer à imobilização de alguns nutrientes como nitrogênio e o fósforo, pela microbiana do solo, não deixando disponível estes nutrientes na planta (DIAS, 2006, p.58).

As mudas dos tratamentos a base SC a 100%, formulações com SC, CAC em maior concentração misturados com a FC, produziram mudas com maior área foliar, pois as suas propriedades físicas eram favoráveis a este crescimento, tendo deste

modo maior espaço de aeração e uma boa porosidade total, facilitando assim o crescimento das raízes e conseqüentemente favorecer o crescimento da muda. O maior comprimento de raiz, maior área foliar foi obtido no substrato comercial.

O comprimento da raiz, área foliar e o volume da raiz são parâmetros altamente correlacionados entre si (TABELA 14).

TABELA 14- CORRELAÇÃO ENTRE A AREA FOLIAR, COMPRIMENTO DA RAÍZ E VOLUME DAS RAIZES DE *Sebastiania commersoniana*

Variáveis	Área foliar(cm ²)	Comprimento da Raiz(cm)	Volume Raiz(cm ³)
Área foliar	1		
Comprimento da Raiz	0,79**	1	
Volume Raiz	0,86**	0,74**	1

** significativo ao nível de 1% de probabilidade, foi aplicado o Teste t ao nível de 1% e as correlações são lineares

Havendo uma correlação altamente significativa entre a área foliar, comprimento da raiz e volume, era de se esperar que a tendência destes fatores fosse à mesma, mas não é o que se verifica na TABELA 13.

4.3 AVALIAÇÃO DA RETIRADA DAS MUDAS DE *Sebastiania commersoniana* DO TUBETE E DA AGREGAÇÃO DAS RAIZES AO SUBSTRATO TESTADOS

O resumo da análise de variância dos parâmetros de qualidade de mudas nomeadamente a agregação da raiz (AGR) e facilidade de retirada do tubete (FRT) das mudas de *Sebastiania commersoniana* analisados aos 180 dias estão apresentados na TABELA 15. Os valores das análises de variação foram significativos ao nível de 1% de probabilidade de erro pelo teste F.

TABELA 15 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA A AGREGAÇÃO DAS RAÍZES AO SUBSTRATO E PARA A FACILIDADE DE RETIRADA DAS MUDAS DE *Sebastiania commersoniana* DOS TUBETES

FV	GL	Quadrados médios	
		AGR	FRT
Tratamentos	21	0,73**	0,11**
Resíduos	88	0,18	0,043
Média geral	-	1,96	8,90
CV (%)	-	22,12	3,34

** significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro, respectivamente, pelo teste F.

GL - graus de liberdade, CV- coeficiente de variação experimental. FV – Fonte de variação

O valor médio da agregação da raiz foi de 1,96. Não houve boa agregação das raízes ao substrato, a facilidade de retirada do tubete foi de 8,90, isto implica que houve muita facilidade de retirada do tubete, mas o coeficiente de variação foi baixo para este parâmetro. A facilidade de retirada das mudas de *Sebastiania commersoniana* do tubete aos 180 dias mostrou-se em média alta (GRÁFICO 4), havendo diferenças significativas entre os tratamentos.

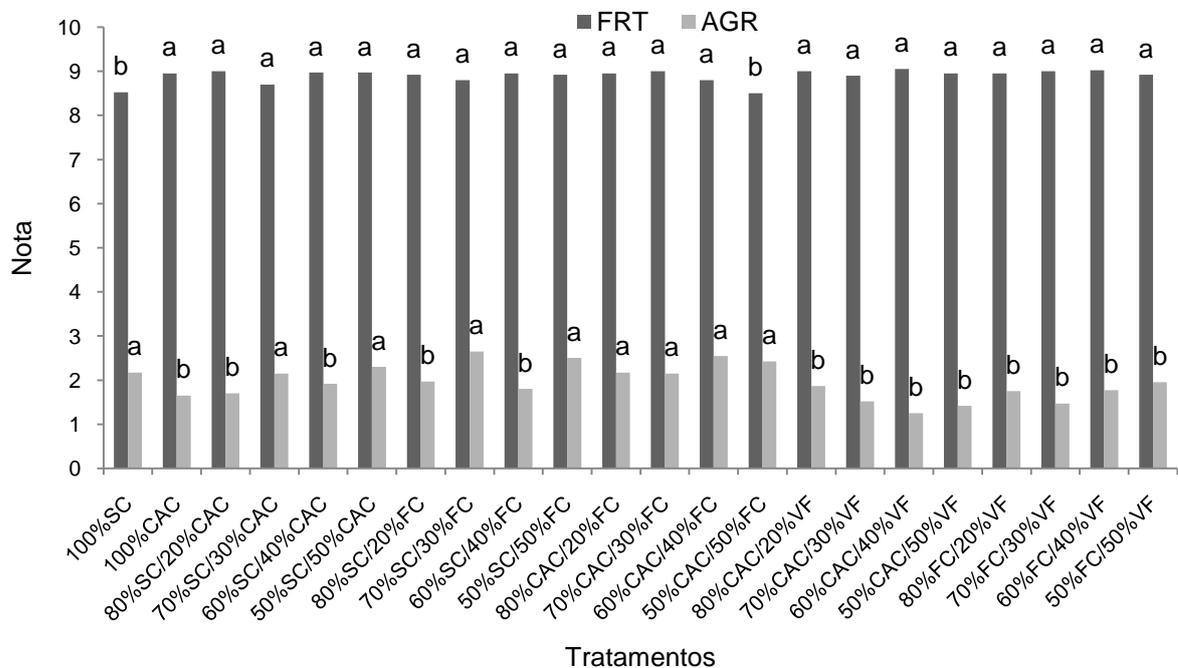


GRÁFICO 4 - FACILIDADE DE RETIRADA (FRT) E AGREGAÇÃO DAS RAÍZES (AGR) DE *Sebastiania commersoniana* DO TUBETE EM RESPOSTA AOS SUBSTRATOS TESTADOS

Médias seguidas de uma mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Scott – Knott a 1% de probabilidade de erro.

A facilidade de retirada da muda do tubete foi mais baixa nos tratamentos T1 (100%SC) e 14 (50%CAC/50%FC). Notou-se que as mudas destes tratamentos obtiveram um comprimento e volume da raiz elevado, dado que a concentração da raiz pode ter dificultado a sua retirada do tubete, pois o torrão encontrava-se mais firme. Os demais tratamentos foram de fácil retirada do tubete com grau de classificação alta acima de 8, mas a sua agregação ao substrato foi deficiente. Essa espécie tem raízes finas que neste caso dificultaram a agregação dos substratos tendo variado na observação de 1 a 2,5 como se pode ver no GRÁFICO 4.

A deficiência na agregação do substrato faz com que haja dificuldades no processo de expedição de mudas produzidas para o local definitivo visto que irá dificultar a formação do rocambolê e também a plantação da muda no local definitivo, assim a muda com torrão fraco irá perder parte das suas raízes e o risco do ressecamento das raízes será maior. É importante que o torrão esteja firme para facilitar a expedição da mesma, assim recomenda-se que as mudas de *Sebastiania commersoniana* fossem produzidas em tubetes com capacidade menor que 120 mL.

Wendling, Guastala e Domingos (2006, p. 30), testaram a agregação da raiz para as mudas de *Ilex paraguariensis*, obtiveram boa agregação para o substrato comercial, em torno de 6, não sendo semelhante ao utilizado no T1(100%SC) deste trabalho que teve agregação de aproximadamente 2,5.

Os substratos a base de FC misturados a vermiculita e CAC e também com VF pertencem aos tratamentos estatisticamente inferiores que não tiveram boa agregação ao substrato. Segundo COSTA *et al.* (2010 p. 303), a combinação da vermiculita com o pó de coco ou com a casca de arroz carbonizada, não formou substrato adequado para uma fácil retirada do tubete. Resultados semelhantes ao de COSTA *et al.* (2010 p. 303) foram encontrados para as mudas de *Sebastiania commersoniana* neste trabalho.

Apesar de comprovadamente a vermiculita apresentar algumas melhorias de qualidade de solo e até na produção inicial de mudas, estudos comparando-a com outros substratos mostraram que ela possui algumas desvantagens, como a vermiculita em misturas de 10% de esterco bovino, em 20 a 40% de turfa, em 10 a 20% de terra de subsolo mostrando mudas com maior crescimento em altura,

entretanto as mudas não tiveram o sistema radicial bem agregado ao substrato (GOMES; PAIVA, 2006, p. 51).

Observa-se na TABELA 16 uma correlação positiva entre as variáveis morfológicas e a agregação da raiz ao substrato, mas notou-se que quanto menor for à agregação das raízes ao substrato maior é a facilidade de retirada da muda ao tubete ($R=-0,53^{**}$). A maior relação existe entre a agregação da raiz ao substrato com a altura, diâmetro, biomassa seca da parte aérea e radicial, IQD, comprimento da raiz e o seu volume, mas estas são inversamente proporcionais a facilidade de retirada de mudas do tubete.

TABELA 16 – CORRELAÇÃO ENTRE AS VARIÁVEIS MORFOLOGICAS E FISIOLÓGICAS COM A FACILIDADE DE RETIRADA DO TUBETE E AGREGAÇÃO DAS RAÍZES AO SUBSTRATO.

Variavel	D	H	BsPA	BsPR	% Raiz	IQD	Afoliar	Comp Raiz	Vol Raiz	FRT	AGR
FRT	-0,54**	-0,55**	-0,65**	-0,59**	0,57**	-0,61**	-0,63**	-0,51**	-0,50*	1,00	
AGR	0,77**	0,68**	0,68**	0,73**	-0,46*	0,77**	0,59**	0,51**	0,63**	-0,53*	1,00

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p<0,01$), * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01=<p<0,05$), foi aplicado o teste T aos níveis de 5 e 1%, informa-se que as correlações são lineares

D – Diâmetro, H – Altura, BsPA- Biomassa seca da parte aérea, BsPR-Biomassa seca da parte radicial, BSTOTAL- Biomassa seca total, % RAIZES- Percentagem da raiz , IQD – Índice de qualidade de mudas, AFOLIAR – Área foliar, COMP R- Comprimento da raiz, VOL RAIZ- Volume da raiz, FRT – Facilidade de retirada de mudas, AGR – Agregação da raiz

4.4 ANÁLISES DAS VARIÁVEIS QUÍMICAS FOLIARES DA *Sebastiania commersoniana*

É importante que os viveiristas na hora de produzir mudas, devem se preocupar com o estado nutricional da muda. Mesmo não ocorrendo sintomas visuais de deficiência, o crescimento da muda torna-se reduzido quando existe algum problema. Para nutrir mudas, são necessárias que sejam conhecidas as fontes fertilizantes (CARNEIRO, 1995, p. 267).

Os resultados da análise foliar das mudas de *Sebastiania commersoniana* estão apresentados na TABELA 17. De um modo geral os valores das análises nutricionais das folhas foram baixos.

TABELA 17 - ANÁLISE FOLIAR DE MUDAS DE *Sebastiania commersoniana* PARA O Cu – COBRE, Mn – MANGANÊS, Fe – FERRO, Zn – ZINCO, K - POTÁSSIO, Ca – CALCIO, Mg – MAGNÉSIO, P – FÓSFORO.

Tratamentos	Cu	Mn	Fe	Zn	K	Ca	Mg	P
	mg/kg				g/kg			
100%SC	1,98	397,42	213,08	09,91	08,03	1,44	1,09	1,93
100%CAC	2,99	572,85	204,59	10,98	10,38	3,34	1,10	2,77
80%SC/20%CAC	1,99	285,14	238,29	09,97	08,57	1,84	1,10	2,08
70%SC/30%CAC	1,99	203,78	167,00	11,93	11,33	1,44	1,09	2,17
60%SC/40%CAC	1,00	142,43	233,07	05,98	10,56	1,69	0,85	2,16
50%SC/50%CAC	1,99	174,13	192,04	06,97	08,66	1,44	0,90	2,17
80%SC/20%FC	2,00	340,00	170,00	74,00	09,80	1,45	0,95	2,17
70%SC/30%FC	2,99	332,34	183,63	05,99	08,68	2,25	1,15	2,09
60%SC/40%FC	1,99	367,16	212,94	10,95	08,86	1,24	1,00	2,28
50%SC/50%FC	2,99	235,06	170,32	89,64	08,57	3,09	0,90	2,30
80%CAC/20%FC	1,99	395,02	217,91	07,96	08,66	2,64	0,80	2,06
70%CAC/30%FC	2,00	355,00	159,00	10,00	10,00	2,55	0,75	2,00
60%CAC/40%FC	2,99	300,50	144,28	05,97	08,86	2,44	0,70	2,02
50%CAC/50%FC	4,00	205,79	132,87	08,99	08,79	2,60	0,60	2,02
80%CAC/20%VF	2,00	329,00	165,00	05,00	08,60	1,35	1,20	2,12
70%CAC/30%VF	2,00	308,38	209,58	03,99	07,78	1,95	1,35	2,03
60%CAC/40%VF	3,00	257,00	164,00	04,00	07,50	1,95	1,20	1,91
50%CAC/50%VF	2,00	292,42	217,56	05,99	08,48	1,65	1,05	2,01
80%FC/20%VF	2,99	100,60	150,40	05,98	09,16	1,39	1,25	2,64
70%FC/30%VF	3,00	94,00	210,00	07,00	11,20	1,70	1,50	2,27
60%FC/40%VF	2,99	164,34	231,08	6,97	10,16	2,19	1,44	2,16
50%FC/50%VF	3,00	121,88	177,82	5,00	10,59	1,50	1,50	1,85

SC – Substrato comercial, CAC – Casca de arroz carbonizada, FC – Fibra de coco, VF – Vermiculita fina

Os teores de Cu nas folhas de *Sebastiania commersoniana* variaram entre 1 a 4 mg/kg ou ppm, sendo considerados valores baixos quando comparados com os valores encontrados nas análises foliares de *Ilex paraguariensis* analisados por FOSSATI (1997, p. 57), que variou de 6 a 10 ppm, este valor é discutível pois foram utilizadas neste trabalho folhas já na idade adulta, sendo que os nutrientes na folha dependem muito da idade e da posição em que elas se encontram. FONTES (2001, p. 27), ressaltou que folhas mais velhas normalmente apresentam maiores concentrações de Ca e Mg e menores de P e K do que as folhas mais novas.

Segundo MOTTA *et al.* (2007, p. 15), a concentração ideal do Cu varia de 3 a 7 mg/kg de matéria seca.

Segundo CARNEIRO (1995, p. 273), o Cu desempenha um papel importante no crescimento de mudas, ele tem função de ativador enzimático. O Cu torna-se menos disponível à medida em que o valor do pH é crescente, mas não é o notável para o *Sebastiania commersoniana*, pois o T2 (100%CAC), T15 (80%CAC/20%VF), T16 (70%CAC/40%VF), T17 (60%CAC/40%VF) e T18 (50%CAC/50%VF), são os tratamentos que apresentaram um pH elevado, isto é pH maiores que 7, e o seu valor de Cu variou de 2 a 3, o T5 (60%SC/40%CAC) é o que apresentou menor valor de Cu de 1 mg/kg e este tem um pH de 5,41. Altos valores de P no substrato podem reduzir a absorção de Cu pelas mudas.

Os valores mais altos de Cu observaram-se em mudas dos tratamentos 14 (50%CAC/50%FC), T17 (60%CAC/40%VF), T20 (70%FC/30%VF) e T22 (50%FC/50%VF).

Normalmente a concentração do Mn na matéria seca varia de 10 a 50 mg/kg, podendo estar nos tecidos de algumas plantas em concentrações maiores de 200 mg/kg ou mais (MOTTA *et al.*, 2007, p.16). Em *Sebastiania commersoniana* variam de 94-572 mg/kg. Este valores apesar de serem considerados elevados estão abaixo dos valores encontrados na matéria seca das folhas de *Ilex paraguariensis* analisada por FOSSATI (1997, p. 61), que foi de 690 a 5750 ppm.

Thibes-Rodrigues *et al.* (2006, p. 354), analisou os teores nutricionais das folhas de mudas de *Sebastiania commersoniana* com cinco meses de idade em solos contaminados com petróleo e solos não contaminados. O teor foliar de Mn nas folhas de mudas de *Sebastiania commersoniana* em solos não contaminados foi de 177, valor próximo ao encontrado na análise nutricional deste experimento na *Sebastiania commersoniana* produzidas em diferentes substratos, mais precisamente em T6(50%SC/50%CAC) e T21(60%FC/40%VF) que foi de 174,13 e 164,34 respectivamente.

Valores considerados altos foram encontrados para os níveis de Mn nas folhas de *Sebastiania commersoniana* levaram a suspeita de a espécie situar-se entre as Mn – tolerantes. Segundo o Motta *et al.* (2007, p.17) existe um genótipo que determina tolerância a altas concentrações de Mn no meio físico de uma planta. Pequenas quantidades de Mn satisfazem às exigências nutricionais das espécies

florestais, o Mn é essencial para síntese de clorofila e pode afetar a disponibilidade de ferro (CARNEIRO, 1995, p. 272).

Na maioria das plantas é afetada pela toxidez de Mn quando seus valores são superiores a 500 mg/kg (Motta et al., 2007, p.17), neste caso o T2 (100%CAC) é o único tratamento que pode ter sido prejudicado, os valores mais baixos encontrados na produção de mudas de *Sebastiania commersoniana* foram para os tratamentos formulados com fibra de coco e vermiculita fina.

A deficiência de Fe é uma das formas mais comuns de inadequada nutrição de micronutrientes, ocorrendo em substratos com elevados valores de pH, onde a absorção deste elemento é inibido, as mudas de *Pinus taeda* não se desenvolveram bem em substratos com pH acima de 6 (CARNEIRO 1995, p. 272), o mesmo não se pode afirmar em relação as mudas de *Sebastiania commersoniana*, pois alguns tratamentos apresentaram o pH acima de 6 e mostraram um bom crescimento, como é o caso dos tratamentos T11 (80%CAC/20FC) a T14 (50%CAC/20%VF).

Os teores foliares de Fe na biomassa seca das mudas de *Sebastiania commersoniana* variaram de 131-238 mg/kg (TABELA 17). A concentração foliar de Fe varia normalmente de 10 a 1000 mg/kg de biomassa seca, sendo considerada suficiente uma variação de 50 a 70 mg/kg de matéria seca para a maioria das plantas (MOTTA, 2007, p. 16).

Segundo Thibes-Rodrigues (2006, p. 354), na sua análise foliar das mudas de *Sebastiania commersoniana* em solos não contaminados encontrou um valor de Fe de 77 mg/kg, valor considerado menor do que o valor encontrado neste trabalho (TABELA 15). FOSSATI (1997, p. 60), no seu estudo com *Ilex paraguariensis* obteve valores de Fe que variaram de 94-306 ppm, de um modo geral todos os valores encontrados são admissíveis segundo o intervalo estipulado.

O Zn tem uma participação muito importante no metabolismo energético da planta, influenciando na formação de matéria seca dos vegetais, e apresenta uma concentração nas plantas de 15 a 50 mg/kg de matéria seca (MOTTA et al., 2007, p. 18). Na biomassa seca de *Sebastiania commersoniana* a concentração de Zn variou de 3,99 - 89,64 mg/kg (TABELA 17), pode-se ver que este valor está fora do intervalo estipulado por MOTTA (2007, p.18), a concentração de Zn encontrada por THABES-RODRIGUES nas suas análises foliares de *Sebastiania commersoniana* em solos não contaminados foi de 21 mg/kg, este encontram-se dentro do padrão

normal; os teores de Zn na *Ilex paraguariensis* variam de 30 – 158 ppm segundo FOSSATI, (1997, p. 62), este valor se encontra na faixa de bom suprimento.

As mudas deficientes em Zn apresentam baixa estatura, menor crescimento vegetativo e folhas pequenas. Apenas dois tratamentos T7(80%SC/20%FC) e (50%SC/50%FC) tinham valores de Zn elevados de 74 e 89,64 mg/kg respectivamente, mas as mudas com valores inferiores a 15 não apresentaram sintomas de deficiência, pois um dos casos é o T1(100% SC) que apresentou bom crescimento.

A concentração de K nas folhas de *Sebastiania commersoniana* variou de 8,03 – 11,33 g/kg. THIBES-RODRIGUES (2006, p. 354) teve na sua análise nutricional em mudas de *Sebastiania commersoniana* em solos não contaminados 6,69 g/kg, este valor é inferior ao que se vê neste trabalho na TABELA 17. A absorção excessiva de K prejudica a absorção de Ca e aumenta o Mn, aumentando os teores de K pode induzir a deficiência de Zn. Os valores adequados de K estipulados por BELLOTE e SILVA (2000, p. 109) para a espécie de Eucalyptus é de 7,5 a 8,3 mg/g.

Os valores encontrados na análise foliar em mudas de *Sebastiania commersoniana* apresentados neste trabalho foram para o Ca de 3,34 o valor mais alto e 1,50 é para Mg. THIBES-RODRIGUES (2006, p. 354), obtiveram valores de Ca de 10,69 g/kg e Mg 1,96 g/kg; o valor de Ca foi bem inferior ao encontrado por THIBES-RODRIGUES mas o de Mg é aproximado.

Bellote e Silva (2000, p. 109) obtiveram em suas análises com folhas de Eucalyptus valores de Ca que variaram de 3,8 – 6 g/kg e para Mg de 2,6 – 6,2 g/kg. Estes valores podem se considerar aceitáveis, já que se está a tratar de espécies diferentes. As quantidades de Ca variam com a textura dos substratos, ele é necessário para o crescimento dos tecidos meristemáticos, apropriado crescimento da muda e importante para as funções das raízes (MAY⁸, 1984 e citado por CARNEIRO, 1995, p. 270).

A disponibilidade natural do P é muito pequena, o P é um elemento que em quantidades adequadas estimula o crescimento radicial, essencial para a boa formação da planta e incrementa a produção. Os valores adequados para P segundo BELLOTE e SILVA (2000, p 109) para mudas de Eucalyptus variam de 0,9

⁸ May, J. T. Nutrients and fertilization, In: Southern pine nursery handbook. [S.1]: USDA. For serv, Southern Region, 1984 e, Cap 12. P. 1-14

– 0,14 g/kg. O valor mais baixo encontrado na análise nutricional de *Sebastiania commersoniana* foi para o T22 (50%FC/50%VF) de 1,85 g/kg e o máximo encontrado para T2(100%CAC).

Neste caso, o P não influenciou o crescimento radicial, pois o T2 (100%CAC) e T22(50%FC/50%VF) não apresentaram bons resultados em relação ao comprimento radicial e volume da raiz. O T1 (100%SC) que se destacou perante o comprimento da raiz teve um valor de P baixo em relação aos demais tratamentos mas superior aos recomendado por BELLOTE e SILVA (2000, p 109).

Thibes-Rodrigues (2006, p. 354), analisou também os níveis de P em mudas de *Sebastiania commersoniana* produzidas em solos não contaminados, este obteve um valor de 1,7 g/kg, valor este superior ao recomendado e semelhante aos valores das nutricionais das mudas de *Sebastiania commersoniana* nos T1(100%SC), T17 (60%CAC/40%VF) e T22 (50%FC/50%VF).

Segundo Carneiro, (1995, p. 269), a análise do P total não mostra informações seguras, baseadas nas quais podem ser tomadas decisões sobre a fertilização, o que importa realmente é a quantidade disponível.

As correlações lineares simples estabelecidas entre as variáveis químicas do conteúdo foliar de *Sebastiania commersoniana* estão apresentados no ANEXO 1. Apenas relações de Fe e Ca mostraram significância entre os teores de nutrientes nas folhas de *Sebastiania commersoniana* segundo o ANEXO 1, dos quais o Fe relacionou-se negativamente com o Cu. Quanto maior for à concentração de Cu nas folhas de *Sebastiania commersoniana* aumentou também a concentração de Fe e reduz a concentração de Ca, pois este é inversamente proporcional.

O ANEXO 1 mostra a correlação entre as variáveis químicas foliares com as variáveis químicas do substrato. A maior parte dos elementos ou das variáveis não se correlacionam. Das variáveis correlacionadas observou-se que esta correlação é negativa.

O pH em água esta diretamente correlacionado com o fósforo e inversamente proporcional ao Ca. Por sua vez o Ca esta diretamente correlacionado com o Zn, o zinco é absorvido pelas raízes como Zn^{2+} , as planta tem a capacidade de produzir substâncias capazes de reduzir o pH do solo ao redor das raízes melhorando a disponibilidade do elemento. A partir desta correlação vê-se que o substrato contribuiu pouco para os nutrientes contidos na folha, este contribuiu em apenas 8%

(PRADO, 2008, p.16) e TABELA 1. O K foi o elemento mais bem correlacionado, ele foi significativo para o P, CE e Cu.

4.5 PROPRIEDADES DO SUBSTRATO

4.5.1 Análise das variáveis químicas do substrato

Os resultados apresentados na TABELA 18 foram comparados com valores ideais estipulados por Gonçalves e Poggiani (1996, p.7) que se encontram na TABELA 2. De um modo geral pode-se dizer que os níveis de Ca e Mg encontrados nos resultados dos substratos apresentados na TABELA 18 foram baixos. Enquanto que os níveis de K encontram-se entre baixo a médio. Apenas os substratos T10 (50%SC/50%FC), T11 (80%CAC//20%FC), T13 (60%CAC/40%FC) e T14 (50%CAC/50%FC) encontram-se no nível médio dos valores de fósforo de 218, 311, 264 e 316 mg/dm³ respectivamente.

Segundo Pavan e Miyazawa (1996, p. 6), a interpretação dos resultados de análise para fins de fertilidade são baseados em dois conceitos clássicos: o nível crítico e a saturação de cátions básicos, dos quais o primeiro baseia-se na existência de um número suficiente de um determinado nutriente para que a planta tenha uma produção máxima e o segundo conceito assume que existem saturações ótimas entre os cátions trocáveis na CTC do substrato para que a planta tenha produção máxima.

Diversos fatores afetaram a disponibilidade de Ca, como o valor do pH, sendo que aqueles próximos de 6,5 em que a disponibilidade é maior. Os substratos que tem pH na faixa dos 6,5 são os tratamentos T2 (100%CAC), T11 (80%CAC/20%FC) até ao T18 (50%CAC/50%VF). Para este elemento são considerados os valores de cálcio baixos (TABELA 18).

TABELA 18 - RESULTADOS ANALÍTICOS DA CARATERIZAÇÃO QUÍMICA DAS DIFERENTES COMPOSIÇÕES DE SUBSTRATO

Tratamentos	pH (H ₂ O)	mg/dm ³				CE (μS/cm)
		Ca	Mg	K	P	
100%SC	5,51	51,50	37,38	6,30	64,10	0,05
100%CAC	7,30	9,10	2,52	13,50	58,20	0,08
80%SC/20%CAC	5,35	44,30	34,02	8,20	50,10	0,05
70%SC/30%CAC	5,38	43,00	33,60	9,10	60,70	0,06
60%SC/40%CAC	5,45	37,60	30,45	9,40	59,00	0,06
50%SC/50%CAC	5,55	27,80	23,52	12,50	64,10	0,06
80%SC/20%FC	4,6	40,40	32,55	10,30	40,80	0,25
70%SC/30%FC	4,92	35,40	30,66	11,80	34,90	0,29
60%SC/40%FC	4,76	32,20	28,77	12,50	37,10	0,44
50%SC/50%FC	4,72	56,20	28,35	17,10	218,50	0,72
80%CAC/20%FC	6,32	48,80	14,07	22,50	311,50	0,51
70%CAC/30%FC	6,52	27,60	8,82	18,70	196,00	0,54
60%CAC/40%FC	6,21	38,70	11,76	21,30	264,50	0,74
50%CAC/50%FC	6,25	41,60	13,23	22,10	316,50	0,86
80%CAC/20%VF	7,62	19,90	28,14	10,20	79,00	0,07
70%CAC/30%VF	7,7	23,10	30,66	10,10	61,40	0,07
60%CAC/40%VF	7,61	22,60	30,45	10,00	61,40	0,06
50%CAC/50%VF	7,61	21,30	30,45	9,90	98,60	0,05
80%FC/20%VF	5,57	20,80	32,13	15,00	51,40	0,62
70%FC/30%VF	5,24	27,40	35,70	14,10	46,10	0,56
60%FC/40%VF	5,35	28,20	36,12	12,90	47,40	0,53
50%FC/50%VF	5,52	32,40	36,96	12,10	52,90	0,43

SC – Substrato comercial, CAC – Casca de arroz carbonizada, FC – Fibra de coco, VF – Vermiculita fina, Al – Alumínio, Ca – Cálcio, Mg – Magnésio, K – Potássio, P – Fósforo, C – Carbono, CE – Condutividade elétrica

Segundo Carneiro (1995, p. 263) as coníferas se desenvolvem adequadamente em substratos quando o pH se encontra entre 4,5-5. MAY⁹ (1984c) citado por CARNEIRO (1995, p. 263) recomenda que a faixa adequada de pH para a outras coníferas sejam entre 5 e 6. SODRÉ *et al.* (2005 p. 514), ressalta que o pH ideal para os cultivos varia de acordo com o substrato, ambiente e cultura.

As faixas de pH que variam de 6,5-7,5 tem as suas vantagens pois, alguns elementos como P, K, Ca e Mg são mais disponíveis neste intervalo de pH, mas em maioria das vezes esta é uma desvantagem pois, logo de principio este pH dificulta o crescimento das mudas pelo seu nível alto de alcalinidade.

⁹ MAY, J. T. Basic concepts of soils management. In: SOUTHERN pine nursery handbook. [S.L.]: USDA. For. Serv., Southern Region, 1984c. Cap. 1, p. 1-25.

O pH alcalino pode limitar o uso desses substratos, pois está relacionada com risco de diminuição da disponibilidade de micronutrientes para as plantas (SODRÉ *et al.* 2005 p. 516). De um modo geral, concordando com SODRÉ *et al.* (2005 p. 516), as mudas pertencentes aos T11 (80%CAC/20%FC), T12 (70%CAC/30%FC) T13 (60%CAC/40%FC) e T14 (50%CAC/50%FC) não mostraram bom crescimento em relação aos parâmetros de qualidade aqui avaliados.

Os resultados encontrados sobre a altura da muda, diâmetro do colo e o IQD como parâmetros morfológicos de classificação das mudas mostram que as mudas com maiores concentrações de SC menores de CAC, que apresentaram um pH entre 4,5 e 5, tiveram um maior crescimento nos parâmetros acima descritos em relação aos demais tratamentos, pois foram considerados substratos férteis porque conseguem deste modo reter cátions de K^+ , Ca^{++} e NH_4^+ mas não sendo superior ao T1 (100%SC) que superou em todos os parâmetros mesmo tendo um pH um pouco acima do recomendável.

O K é absorvido pelas plantas, a sua absorção atinge o máximo na presença de Ca^{++} no meio, embora o efeito deste tenha efeito inibidor (GOMES; PAIVA, 2006, p. 66). Em substratos este elemento é lixiviável chegando a esgotar-se completamente em substratos com pH 5,0 (MAY¹⁰, 1984c citado por CARNEIRO 1995, p. 270).

Os substratos do T10 (50%SC/50%FC) a T14 (50%CAC/50%FC) e T19 (80%FC/20%VF) encontram-se entre os valores médios das características físicas e químicas de substratos adequados para a produção de mudas florestais (TABELA 2) e os restantes tratamentos são considerados baixos na escala de GONÇALVES e POGGIANI (1996).

Segundo Gomes e Paiva (2006, p. 65) o P faz parte de dois tipos de composto mineral e orgânico, este é um macro nutriente de baixa mobilidade, pois ocorre nas plantas em quantidades bem menores que o N e K. Na TABELA 18 pode-se observar que os valores de P foram maiores em relação aos valores de K. Os maiores valores de P encontram-se entre T10 (50%SC/50%FC) até ao T14

¹⁰ MAY, J. T. Basic concepts of soils management. In: SOUTHERN pine nursery handbook. [S.L.]: USDA. For. Serv., Southern Region, 1984c. Cap. 1, p. 1-25.

(50%CAC/50FC) e estes se consideram na faixa de nível médio segundo a TABELA 2 e os restantes tratamentos na faixa de nível baixo.

O P pelo seu contato externo e direto com todo o sistema radicial aumentou consideravelmente a proliferação das raízes, promovendo deste modo melhor agregação destas com o substrato e formando torrão consistente, permitindo assim o transporte para o campo e plantio de mudas sem os tubetes (GRÁFICO 4). O fósforo promove o crescimento em altura, diâmetro e biomassa seca de mudas de espécies florestais, sendo um elemento muito importante para o crescimento (GOMES; PAIVA 2006, p. 66).

A condutividade elétrica indica a concentração de sais ionizados na solução e auxilia na estimativa da salinidade do substrato. Os elementos responsáveis pela elevação da CE podem ou não ser os nutrientes das plantas. Os valores da condutividade elétrica para os substratos expostos na TABELA 18 foram de 0,05 a 0,86. Os maiores valores de CE encontrados foram em misturas de SC/FC, CAC/FC, e FC/VF, o 100%SC apresentou o menor valor, e é por sinal o tratamento que apresentou o menor valor de CE.

O pH ácido causa algumas deficiências de K, Ca e Mg e abaixo de 5 causa deficiência em P, toxicidade de Mn e Zn, em maior acidez tendem a ocorrer lixiviação de nutrientes de Ca, Mg e K, meios alcalinos inibem a movimentação destes nutrientes no solo. Foram encontradas correlações significativas para o pH e Ca com a H, BsPA, BsPR, BST o que não aconteceu com os outros elementos químicos como o Mg, K, P (TABELA 18) e a condutividade elétrica que não foram significativos.

A TABELA 19 mostrou a correlação entre as propriedades químicas e os parâmetros morfológicos avaliados. O pH do substrato, foi um fator determinante do comportamento de várias variáveis ligada a qualidade de mudas, os resultados foram significativos para as variáveis morfológicas com o pH e Ca.

TABELA 19 - CORRELAÇÃO ENTRE AS VARIÁVEIS DE QUALIDADE DE MUDA E OS ELEMENTOS QUÍMICOS DO SUBSTRATO

Variáveis	D	H	BsPA	BsPR	BST	% Raízes	BsPA /BsPR	IQD
pH H ₂ O	0,60**	0,52*	0,58**	-0,45*	0,56**	0,69**	0,66**	0,55**
Ca	0,78**	0,76**	0,78**	0,75**	0,78**	-0,56*	0,53*	0,79**
Mg	-0,09 ^{ns}	-0,12 ^{ns}	0,01 ^{ns}	-0,11 ^{ns}	-0,03 ^{ns}	-0,30 ^{ns}	0,30 ^{ns}	-0,05 ^{ns}
K	0,18 ^{ns}	0,07 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,20 ^{ns}	-0,23 ^{ns}	0,12 ^{ns}
P (ppm)	0,39 ^{ns}	0,33 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,36 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,36 ^{ns}
CE (dms ⁻¹)	0,087 ^{ns}	-0,028 ^{ns}	-0,026 ^{ns}	-0,059 ^{ns}	-0,004 ^{ns}	0,035 ^{ns}	-0,073 ^{ns}	0,070 ^{ns}

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$), * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 < p < 0,05$), ns não significativo ($p > 0,05$); foi aplicado o teste T aos níveis de 5 e 1%, informa-se que as correlações são lineares

D – Diâmetro, H – Altura, BsPA- Biomassa seca da parte aérea, BsPR - Biomassa seca da parte radicial, BST- Biomassa seca total, %Raízes- Percentagem da raiz , IQD – Índice de qualidade de mudas

O IQD, a relação biomassa seca da parte aérea e biomassa seca radicial e a % de raízes foram significativas para o pH e Ca. As demais correlações obtidas envolvendo as variáveis acima não mostraram influência de maneira expressiva nas variáveis analisadas.

4.5.2 Análise física do substrato

Os resultados das análises físicas dos substratos estão apresentados na TABELA 20. A densidade de volume (úmida e seca) de um substrato a ser usado em recipiente, é a primeira propriedade a ser considerada dentre as propriedades físicas (FERMINO, 2002, p. 30). O Valor da densidade é importante para a interpretação de outras características, como porosidades, espaço de aeração e disponibilidade de água, além da salinidade e teor de nutrientes (FERMINO, 2003, p. 7).

TABELA 20 - RESULTADOS DAS PROPRIEDADES FISICAS DOS DIFERENTES SUBSTRATOS USADAS PARA PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Sebastiania commersoniana*.

Tratamentos	DS (kg/m ³)	PT (m ³ /m ³)	EA (m ³ /m ³)	AFD (m ³ /m ³)	AT (m ³ /m ³)	AD (m ³ /m ³)
100%SC	292	0,81	0,33	0,12	0,03	0,15
100%CAC	101	0,72	0,57	0,11	0,01	0,11
80%SC/20%CAC	247	0,83	0,41	0,11	0,02	0,13
70%SC/30%CAC	230	0,81	0,42	0,1	0,02	0,12
60%SC/40%CAC	218	0,81	0,43	0,11	0,01	0,12
50%SC/50%CAC	207	0,82	0,46	0,1	0,01	0,11
80%SC/20%FC	252	0,78	0,32	0,14	0,02	0,15
70%SC/30%FC	228	0,8	0,32	0,16	0,02	0,18
60%SC/40%FC	206	0,82	0,32	0,16	0,02	0,18
50%SC/50%FC	191	0,68	0,24	0,15	0,02	0,17
80%CAC/20%FC	115	0,81	0,52	0,1	0,01	0,11
70%CAC/30%FC	119	0,78	0,49	0,12	0,01	0,14
60%CAC/40%FC	115	0,76	0,41	0,16	0,02	0,18
50%CAC/50%FC	113	0,85	0,46	0,15	0,02	0,18
80%CAC/20%VF	154	0,75	0,45	0,1	0,01	0,11
70%CAC/30%VF	163	0,75	0,42	0,1	0,01	0,11
60%CAC/40%VF	165	0,74	0,39	0,08	0,01	0,1
50%CAC/50%VF	165	0,74	0,37	0,09	0,01	0,1
80%FC/20%VF	104	0,84	0,29	0,21	0,01	0,25
70%FC/30%VF	123	0,85	0,26	0,2	0,04	0,24
60%FC/40%VF	128	0,81	0,26	0,18	0,05	0,22
50%FC/50%VF	149	0,77	0,23	0,15	0,04	0,19

DS - Densidade seca, pH em H₂O, CE - Condutividade elétrica, PT - Porosidade total, EA - Espaço de aeração AFD - Água facilmente disponível, AT- Água tamponada, AD- Água disponível

A densidade seca do substrato neste experimento variou de 101 kg.m⁻³ correspondente ao T2 (100%CAC) a 292 correspondentes ao T1 (100%SC). As densidades do presente experimento estão dentro do padrão geral de densidades recomendadas por FERMINO (2002, p. 30), para a produção de mudas em bandejas, tubetes. Mas isto não implica que todos os substratos foram melhores ou aceitáveis, pois existem intervalos de densidades adequadas para cada tipo de substrato, não sendo correto generalizar a análise, para isso é importante que se discuta em separado.

Segundo Kampf (2005, p. 47) a densidade da CAC varia de 150 a 250 kg.m⁻³, pode-se afirmar que a densidade do substrato do T2 (100%CAC) é baixa (101 kg.m⁻³) em relação ao padrão a cima recomendado. É importante salientar que o substrato composto por apenas CAC não possibilitou o crescimento das mudas de *Sebastiania*

commersoniana devido ao seu conjunto de propriedades físicas e químicas não favoráveis. Foi notável a má qualidade de mudas deste tratamento e os resultados mostraram que as reservas contidas na semente não foram suficientes para o crescimento da muda, as quais apresentaram menor crescimento em altura e diâmetro, pequenas quantidades de matéria seca aérea e radicial.

Observa-se na TABELA 20 que a densidade do substrato dos tratamentos que contém VF na sua composição é superior a 100 kg/m^3 . A densidade de 50 a 100% refere-se a densidade da vermiculita em 100%, mas neste caso estamos a tratar de vermiculita misturados com outros materiais. A densidade da vermiculita pura é geralmente baixa, variando de 50 a 100 kg/m^3 (KAMPF, 2005, p. 47). A mistura deste substrato com outros materiais pode ter alterado e causar o aumento da densidade, pois um dos substratos utilizados em mistura com a vermiculita é a CAC que tem densidade 101 kg/m^3 e a fibra de coco que a 100% tem densidade de 200 kg/m^3 . Por esta e outras razões as mudas dos tratamentos formulados com VF não tiveram resultados favoráveis para produção de mudas de *Sebastiania commersoniana*.

Os substratos dos tratamentos T2 (100%CAC), T15 (80%CAC/20%VF), T16 (70%CAC/30%VF), T17 (60%CAC/40%VF) e T18 (50%CAC/50%VF) com a formulação casca de arroz carbonizada e vermiculita fina são os menos porosos em relação aos demais tratamentos, estes apresentam porosidade de 0,72 a $0,75 \text{ m}^3/\text{m}^3$ e a densidade que varia de 154 a 165 kg.m^{-3} , considerada baixa e não sendo adequada para a produção de mudas.

Os substratos dos tratamentos T15 (80%CAC/20%VF), T16 (70%CAC/30%VF), T17 (60%CAC/40%VF) e T18 (50%CAC/50%VF) apesar de ter a CE baixa não foram adequados para a produção de mudas de *Sebastiania commersoniana* porque tem densidade baixa, pH alto acima de 7, PT baixa, densidades baixas não são favoráveis para se usarem em tubetes (Sodré et. al. 2005, p. 514). O pH da CAC analisada por SAIDELLES *et al.* (2009, p.1176), foi de 7,6 relativamente superior ao pH em H_2O da CAC é de 7,3 apresentado neste trabalho (TABELA 18).

A casca de pinus é um substrato com textura mais grossa, esta característica confere ao substrato a capacidade de reduzir seu nível de compactação, aumentando a drenagem interna e aeração das raízes, mas com isso não implica

que seja o substrato com maior espaço de aeração. Segundo SODRÉ *et. al.* (2005, p. 514), a FC aumenta a retenção de água e risco de salinização, a CAC tem alto espaço de aeração e é recomendado que se use em mistura e a vermiculita tem alta retenção de água e granulometria variável, neste caso usou-se a fina.

O tratamento T2(100%CAC) apresenta em relação aos demais tratamentos o maior espaço de aeração, com 57%, esta característica não favoreceu o crescimento das raízes, esta é uma razão para afirmar que as propriedades físicas não hajam por si só, tem que ser acompanhadas das propriedades químicas e outras. A escolha de um material com determinado valor de espaço de aeração está condicionada à espécie, estágio de crescimento e manejo de irrigação (FERMINO, 2003, p. 46).

A vermiculita tem a função principal de aumentar a absorção de água (Barbizan *et al.* 2000, p. 230), assim pode-se dizer que há um equilíbrio entre a aeração e armazenamento de água que favorece o crescimento radicial e, conseqüentemente a muda inteira. Este fato pode-se verificar na TABELA 13, onde se pode constatar o bom crescimento das raízes nos tratamentos em que um dos componentes do substrato é a vermiculita fina, tratando-se de T15 (80%CAC/20%VF) a T22 (50%FC/50%VF).

Geralmente a fibra de coco aumenta a retenção de água, vemos que nos substratos de T11 (80%CAC/20%FC) até ao T22 (50%FC/50%VF) as concentrações de FC aumentam gradualmente, de 20 a 50% quando misturados com SC e CAC e diminuem de 80% a 50% quando misturado com VF, a partir desta análise vê-se que a disponibilidade de água diminuiu à medida que reduz a concentração de FC de um determinado substrato (TABELA 20), tornando viável a utilização deste substrato devido ao baixo consumo de água para irrigação.

De um modo geral as propriedades físicas dos substratos aqui analisados foram aceitáveis para produção de mudas de *Sebastiania commersoniana*, por mais que uma propriedade não favoreça o crescimento das mudas, esta propriedade geralmente está associada a outra que contribuí e reforça as propriedades desfavoráveis.

Segundo Fermino (2002, p.32), a porosidade diminuiu quando aumentou o adensamento de um material, mas não é o que se pode constatar na TABELA 20, vê-se que no T1 (100%CAC) ao T9 (60%SC/30%FC) exceto o T2 (100%CAC) a

densidade é superior a 200 kg.m^{-3} a porosidade deste material é superior a 0,78; para os tratamentos restantes que tem a densidade inferior ao mínimo recomendado para produção de mudas tem uma porosidade que varia de 0,68 a 0,85, este valor da porosidades é superior a algumas anteriores.

Os substratos mais compactados podem levar a uma diminuição da porosidade total e da capacidade de recipiente, à medida que as partículas ficam muito próximas uma das outras, aumenta a proporção de microporos diminuindo assim o espaço de aeração e aumentando a capacidade de retenção de água (FERMINO, 2003, p. 11).

Substratos a base de SC tem uma densidade elevada, pode-se constatar segundo a TABELA 20 que estes tratamentos apresentam um espaço de aeração inferior aos tratamentos com densidades mais baixas.

A disponibilidade de água dos materiais dos substratos compostos por SC, CAC, VF e FC tem valores de água facilmente disponíveis entre $0,08$ a $0,21 \text{ m.m}^{-3}$, valores mais baixos dos valores de referencia ($0,25 \text{ m.m}^{-3}$ de AFD) encontrados por De BOODT; VERDONCK; CAPPAERT¹¹ (1974) citado por FERMINO, (2003, p. 46). Todos os substratos apresentam valores de água tamponada baixo em relação ao de referência ($0,04$ a $0,1 \text{ m.m}^{-3}$), pois os encontrados variam de $0,01$ a $0,05 \text{ m.m}^{-3}$. Os valores da água disponível variam de $0,10$ a $0,25$ abaixo dos valores de referencia que são de $0,50 \text{ m.m}^{-3}$. A água disponível é o somatório da água facilmente disponível e água tamponada.

As mudas dos tratamentos com os substratos compostos por FC/VF tiveram, no geral, pouco crescimento, elas nas suas propriedades físicas (TABELA 20) têm menor espaço de aeração e maior valor de água disponível, e nessas condições para favorecer crescimento destas mudas talvez fosse melhor reduzir a irrigação com objetivo de evitar possível excesso de água e déficit de aeração para o sistema radicial.

Segundo Fermino (2003, p. 47), a retenção de água, nas tensões de 10 e 50 hPa, seja é característica positiva do ponto de vista de armazenamento, é necessário considerar que mais importante é a liberação de volumes de água suficiente às necessidades das plantas em produção. Os volumes disponíveis a 100

¹¹ De BOODT, M.; VERDONCK, O.; CAPPAERT, I. Method for measuring the water release curve of organic substrates. Acta Horticulturae, Wageningen, n. 37, p. 2054-2062, 1974.

hPa são baixos e inferiores. Sendo assim a utilização destes substratos exige um regime de irrigação mais freqüente.

4.5.3 Correlação entre as propriedades físicas

Pela análise de correlação entre as propriedades físicas, químicas do substrato e variáveis morfológicas de qualidade das mudas, observa-se na TABELA 21 que houve uma correlação altamente significativa para a densidade seca do substrato, correlacionou-se também com apenas dois parâmetro de qualidade que são o comprimento e o volume da raiz, esta correlação mostrou que a densidade contribuiu de alguma forma para o crescimento da raiz.

TABELA 21 – CORRELAÇÃO ENTRE AS PROPRIEDADES FÍSICAS DO SUBSTRATO PARA PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Sebastiania commersoniana*

Variáveis	DS (kg.m ⁻³)	pH (H ₂ O)	CE (cS.cm ⁻¹)	PT (m ³ .m ⁻³)	EA (m ³ .m ⁻³)	AFD (m ³ .m ⁻³)	AT (m ³ .m ⁻³)	AD (m ³ .m ⁻³)
DS	1							
pH (H ₂ O)	-0,44*	1						
CE	-0,55**	-0,31 ^{ns}	1					
PT	0,09 ^{ns}	-0,42 ^{ns}	0,16 ^{ns}	1				
EA	-0,22 ^{ns}	0,55**	-0,29 ^{ns}	-0,06 ^{ns}	1			
AFD	-0,27 ^{ns}	-0,57**	0,72**	0,38 ^{ns}	-0,65**	1		
AT	0,04 ^{ns}	-0,49*	0,32 ^{ns}	0,27 ^{ns}	-0,67**	0,57**	1	
AD	-0,26 ^{ns}	-0,56**	0,71**	0,42*	-0,69**	0,98**	0,65**	1

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p<0,01) de erro, * significativo ao nível de 5% de probabilidade (0,01=<p<0,05) de erro, ns-não significativo (p>=0,05); foi aplicado o teste T aos níveis de 5 e 1%, informa-se que as correlações são lineares

DS - Densidade seca, pH em H₂O, CE - Condutividade elétrica, PT - Porosidade total, EA - Espaço de aeração, AFD - Água facilmente disponível, AT- Água tamponada, AD- Água disponível

A correlação entre propriedades físicas do substrato e as variáveis morfológicas das mudas de *Sebastiania commersoniana*, estão apresentadas no ANEXO 2. Pode-se observar que existe correlação baixa entre a densidade e os parâmetros morfológicos de qualidade de muda, o pH em H₂O foi apenas correlacionada com a percentagem da raiz, e foi inversamente correlacionado com o diâmetro, altura, BsT, BsPA/BsPR, IQD, comprimento da raiz e volume da raiz. Para

as restantes propriedades físicas aqui apresentadas o valor não foi significativo para nenhuma das variáveis em estudo.

5. CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos e nas condições em que foi desenvolvida esta pesquisa, conclui-se que:

Dentre os substratos testados, os melhores substratos para produção de mudas de *Sebastiania commersoniana* são: substrato comercial a base de casca de pinus puro ou misturado com baixas proporções de casca de arroz carbonizada e também misturado com baixas proporções de fibra de coco.

Os substratos casca de arroz carbonizada e fibra de coco quando misturadas em baixas quantidades são adequados para a produção de mudas de *Sebastiania commersoniana* podendo reduzir o custo do uso do substrato comercial.

A vermiculita fina nas proporções de 20, 30, 40 e 50% misturada com casca de arroz carbonizada e também misturada com fibra de coco não é favorável para a produção de mudas de *Sebastiania commersoniana*.

A casca de arroz carbonizada pura não é viável para produção de mudas de *Sebastiania commersoniana*.

Quanto menor é a agregação das raízes ao substrato maior é a facilidade de retirada de mudas do tubete.

A área foliar, comprimento e volume da raiz das mudas de *Sebastiania commersoniana* são diretamente relacionados entre si e com a agregação da raiz ao substrato.

O substrato comercial a base de casca de pinus, casca de arroz carbonizada, e as combinações destes com a fibra de coco e vermiculita fina são substratos com fertilidade baixa, por isso há necessidade de um monitoramento e uma adubação ao longo do experimento.

As propriedades físicas agem de uma forma independente das propriedades químicas do substrato e das variáveis morfológicas e fisiológicas das mudas de *Sebastiania commersoniana*.

A densidade seca é um fator determinante na produção de mudas de *Sebastiania commersoniana*.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L. S. de. **Avaliação Morfológica de Mudanças de *Allophylus edulis* (A. St.-Hil., A. juss. & Cambess.) Radl. (*Schinus terebinthifolius*) e *Schinus terebinthifolius* Raddi (*Allophylus edulis*) produzidas em diferentes substratos.** 96p, Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), Sector de Ciências agrárias, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2005.

ARTUR, A. G. **Esterco de bovino e calcário para formação de mudas de guanandi,** 58. Dissertação (Mestrado em Agronomia-ciência do solo) Setor de Ciências agrárias e veterinárias- UNESP, Jaboticabal, SP, 2006.

AZEVEDO, M. I. R. **Qualidade de mudas de cedro-rosa (*Cedrella fissilis* Vell.) e ipê-amarelo (*Tabebuia serratifolia* (Vahl) Nich.) produzidas em diferentes substratos e tubetes.** 88 f, Dissertação (Mestrado em ciências florestais), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

BALLARIN, M. C. C., Nutricion mineral y abonado para cultivo em substratos de baja actividad química, Departamento de ornamentales y horticultura, Instituto Canario de Investigaciones Agrarias, Laguna, Tenerife, Espanã, pag. 92-105, In BARBOSA, J. *et al.* **Nutrição e adubação de plantas cultivadas em substratos.** – Viçosa: UFV, 2004. 434p.

BARBIZAN, E. L. *et al.*, Utilização de substrato comercial e fertilizantes de liberação lenta na produção de mudas de cafeeiro em saquinhos. In: KAMPF, A. N.; FERMINO, M. H. **Substrato para plantas- A base de produção vegetal em recipientes,** Porto Alegre: UFRGS, 2000, p. 225-233.

BELLOTE, A. F. J.; SILVA, H. D. Técnicas de amostragem e avaliações nutricionais em plantios de *Eucalyptus* spp. In: GONÇALVES, J. L. de M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e Fertilização Florestal,** Piracicaba: IPEF, 2000, p.106-129.

BOOMAN, J. L., Evolution of Califórnia substrates used in ornamental horticulture. Vista- California In: KAMPF, A. N.; FERMINO, M. H. **Substrato para plantas- A base de produção vegetal em recipientes,** Porto Alegre: UFRGS, 2000, p. 46-65.

BUNT, A. C. Some physical and chemical characteristics of leomless Pat-plant substrates and their relation to plant growth. **Plant and soil.** The Hague, v.38, p. 1954, 1973.

CAÇO, J. Substratos para culturas sem solo “Hidroponia”, 2010. Disponível em <<http://www.scribd.com/doc/29400055/HV-SubstratosCulturasSemSoloHidroponia>> Acesso em: 23/12/2010.

CAMPOLINA, E. Substrato do Bonsai, 2009, Disponível em <<http://fabiano.projetobonsai.com/2009/01/07/substrato-do-bonsai-o-artigo-definitivo/>>, Matéria publicada no site www.artebonsai.com.br acesso em 24/10/2010.

CADAHIA, C. Fertirrigation-Cultivos hortícolas y ornamentais. Ediciones Mundi-Prensa. Madri, Cap.8. Substratos para el cultivo sin suelo y fertirrigacion,; 1998. p. 287-342. Disponível em <<http://www.lalibriariadelau.com/libros-de-agronomia-ca23/libro-fertirrigacion-cultivos-horticolos-frutales-y-ornamentales-p.46788>>, acesso em 10/09/2010.

CARNEIRO, C. **Comparação de cinco métodos de análise química foliar utilizando Erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hill) como matriz analítica**, 132f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001.

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

CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da Madeira**. Brasília: EMBRAPA, 1994.

CAVALHEIRO, C. G. *et al.* Avaliação de substratos na produção de mudas de *Eucalypto saligna* em cultivo hidropônico e em laminados. **Informe técnico**. RS, Campus Universitário Santa Maria, 8p. 2007.

COSTA, A. M. G., *et al.* Influência de diferentes combinações de substratos na formação de porta-enxertos de gravioleira (*Annona muricata* L.). **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 36. n. 3, p. 299-305, 2005.

De BOODT, M.; VERDONCK, O. The physical properties of the substrates in: Floriculture. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v.26, p.37-44, 1972.

DIAS, T. J. **Crescimento e composição mineral de mudas de mangabeira, em substratos contendo fibra de coco e submetido à adubação fosfatada.** 129 p. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solos e Água)-Departamento de solos e areia, Universidade Federal Da Paraíba, PB, 2006.

FERMINO, M. H. O uso da análise física na avaliação da qualidade de componentes e substratos. In: FURLANI, A. M. C. *et al.* **Caracterização, manejo e qualidade de substratos para a produção de plantas.** Campinas: IAC, 29-37 p. 2002. (Documentos IAC, 70).

FERMINO, M. H. **Métodos de análise para caracterização física de substratos para plantas.** 104p. Tese (Doutorado em Fitotecnia)-Área de Concentração de Horticultura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

FONTES, P. C. R. **Diagnóstico do estado nutricional das plantas.** Viçosa: UFV, 2001.

FOSSATI, L. C. **Avaliação do estado nutricional e da produtividade de *Ilex paraguariensis* (*Ilex paraguariensis* St Hil) em função do sitio e da dióica.** 113p. Dissertação (Mestrado em engenharia florestal)-Setor de Ciências agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1997.

GOMES, J. M., **Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *eucalyptus grandis*, produzidas em diferentes tamanhos de tubete e de dosagens de n-p-k.** 112p. (Doutorado) – Ciência florestal, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2001.

GOMES, J. M. *et al.* Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Revista à Árvore**, Viçosa, v. 26, n.6, p. 655-664, 2002.

GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. de. **Viveiros florestais (propagação assexuada).** 3ª edição, Viçosa: UFV, 2006.

GONÇALVES, A. J. Substratos para produção de mudas de plantas ornamentais. In MINAMI, K. (Ed) **Produção de mudas de qualidade em horticultura**, SP, 1995. p. 107-115.

GONÇALVES, J. L. M.; POGGIANI, F. Substratos para produção de mudas florestais. In: **Congresso latino americano de ciência do solo.** Águas de Lindóia: 1996. 17 p.

GONÇALVES, J. L. DE M. *et al.* Produção de Mudanças de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização In: GONÇALVES, J. L. de M. e BENEDETTI, V. **Nutrição e Fertilização Florestal**, Piracicaba, 2000. p. 310-350.

HOPPE, J. M., *et al.* **Produção de sementes e mudas florestais**. Caderno Didático nº1, 2ª Edição, Santa Maria: PPGEF, UFSM, 2004. 388p. Caderno didático.

KAMPF, A. N. Seleção de materiais para o uso como substrato In: KAMPF, A. N.; FERMINO, M. H. **Substrato para plantas - A base de produção vegetal em recipientes**. Porto Alegre: Genesis, 2000. p. 139-145.

KAMPF, A. N. Evolução e perspectivas do crescimento do uso de substrato no Brasil. In: BARBOSA, *et al.* **Nutrição e adubação de plantas cultivadas em substratos**. Viçosa: UFV, 2004. 3-10p.

KAMPF, A. N. **Produção comercial de plantas ornamentais**. 2ª Edição, Guaíba: Agrolivros, 2005.

KLEIN, V. *et al.* Propriedades físico-hídricas de substratos hortícolas comerciais. **Revista Brasileira de Agrociência**. RS, v.6 n. 3, p. 218-221. Set/dez, 2000.

KNAPIK, J. G., **Utilização do pó de basalto como alternativa à Adubação convencional na produção de mudas de *Mimosa scabrella* benth e *prunus sellowii* koehne**, 163p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais)-Setor de ciências agrárias, UFPR, Curitiba, 2005.

KRATZ, D. **Substratos renováveis na produção de mudas de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage e *Mimosa scabrella* Benth**, 121p. Dissertação (Mestrado em ciências Florestais), UFPR, Curitiba, 2011

LANG, D. Z.; BOTREL, M. C. G. Crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden em diferentes substratos. **Cascavel**, v.1. n.1, p.107-117, 2008.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**, 1ª Edição, SP: Nova odessa, v.1. 1992.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**, 5ª Edição, SP: Instituto Plantarum, Nova odessa, v.1, 2008.

MALBURG, J. L. **Métodos de Amostragem foliar para a diagnose nutricional da bananeira “enxerto (Prat-anã) no sul de Santa Catarina**, 94p. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Setor de Concentração em Solos e nutrição de Plantas, Escola Superior de Agricultura de Lavras, Minas Gerais, 1988.

MALVESTITI, A. L. **Uso das fibras de coco na floricultura**. Curitiba: Sul Flores, 2, 2003. (Palestra).

MARTINEZ, P. F. Manejo de substratos para horticultura. In: FURLANI, A. M. C. *et al*, **Caracterização, manejo e qualidade de substrato para produção de plantas**, Documento IAC em Encontro nacional sobre substrato para plantas, Campinas: 2002. p. 7-15.

MINAMI, K. Adubação em substrato. In KAMPF, A. N. e FERMINO, M. H. **Substrato para plantas: a base da produção vegetal em recipientes**. Porto Alegre: Genesis, 2000. p.147-152.

MONTEIRO, J. E. B. A., *et al*. Estimacão da área foliar do algodoeiro por meio de dimensões e massa das folhas. Campinas, v.64, n.1, p.15-24, 2005.

MOTTA, C. M., *et al*. **Micronutrientes na rocha, no solo e na planta**, edição do autor, 246p. 2007.

PARVIAINEN, J. V. Qualidade e avaliação de qualidade de mudas florestais. IN: **1º Seminário de sementes e viveiros florestais**. II., Curitiba: FUPEF, 1981, p. 59-90. (Anais) .

PARVIAINEN, J. V. O desenvolvimento radicular das mudas florestais no viveiro e no local de plantio. IN: **1º Seminário de sementes e viveiros florestais**. II., Curitiba: FUPEF, 1981, p. 123-130. (Anais) .

PAVAN, M. A.; MIYAZAWA, M. Análises químicas de solo: parâmetros para interpretação, Londrina, IAPAR, **circular 91**, 48p,1996.

PRADO, R. de M. **Nutrição de Plantas**. São Paulo: UNESP, 2008,

PERKIN & ELMER. **Analytical Methods of Atomic Absorption Spectrophotometry (Ay-II)**. 1973.

RÉGENT INSTRUMENTS INC. **Programa Win Rhizo**. Disponível em: <http://www.regentinstruments.com/>. Acesso em 30 de outubro de 2010.

ROBER, R. Substratos Hortícolas: Possibilidades e limites de sua composição e uso; exemplos de pesquisa, da indústria e consumo: In KAMPF, A. N. e FERMINO, M. H. **Substrato para plantas: a base da produção vegetal em recipientes**. Porto Alegre: Genesis, 2000. p.123-138.

SAIDELLES F. L. F. *et al.* Casca de arroz carbonizada como substrato para produção de mudas de tamboril-da-mata e garapeira. Seminário: **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, suplemento 1, p. 1173-1186, 2009.

SANTOS, S. R. G. dos.; AGUIAR, I. B. de. Efeito da temperatura na germinação de sementes de *Sebastiania commersoniana* (Baillon) Smith & Downs, separadas pela coloração do tegumento, **Scientia forestalis**, n. 69, p.77-83, dez. 2005.

SANTOS, P. H. dos. **Métodos de extração de micronutrientes em substratos para as plantas**; 78 p. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical)-Setor de Gestão de Recursos Agro ambientais, Instituto Agrônômico de Campinas, Campinas, 2005.

SANTOS, C. B. dos, *et al.* Efeito do volume de tubetes e tipos de substratos na qualidade de mudas de *Cryptomeria japonica* (L.F.) D. Don. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 10, n. 2, p. 1-15. 2000.

SCHORN, L. A.; FORMENTO, S. Silvicultiura II: Produção de Mudas Florestais, Universidade Regional de Blumenau, Centro de Ciências Tecnológicas, **Apostila**, Departamento de Engenharia Florestal, 58p, 2003.

SCREMIN-DIAS, E. *et al.* Produção de mudas de espécies florestais nativas: manual, Ed: UFMS, Campos grande, MS, **Rede de Sementes do Pantanal**, 56p. 2006

SILVA, E. T. da *et. al.*, Comportamento da temperatura do ar sob condições de cultivo em ambiente protegido, Revista acadêmica: **Ciências Agrárias e Ambientais**, v.1, n. 1, p. 51-54, jan/dez, 2003.

SODRÉ, G. A. *et al.* Características químicas de substratos utilizados na produção de Mudas de cacauzeiros, **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, SP, v. 27, n. 3, p. 514-516, Dezembro 2005, Comunicação científica.

SOUSA, F. X. Casca de arroz carbonizada: um substrato para a propagação de plantas, CNPAI/EMBRAPA, **Revista Lavoura Arrozeira**. v. 46 n. 406, jan/fev. 11p, 1993.

STURION, J. A. Métodos de produção e técnicas de manejo que influenciam o padrão de qualidade de mudas de essências florestais. IN: **1º Seminário de sementes e viveiros florestais**. II., Curitiba: FUPEF, 1981, p. 01-26. (Anais).

STURION, J. A.; GRAÇA, L. R.; ANTUNES, J. B. M. Produção de mudas de espécies de rápido crescimento por pequenos produtores. Colombo: Embrapa Florestas, **Circular Técnica**, n. 37, 20 p. 2000.

TAVEIRA, J. A. Fibra de coco: Uma nova alternativa para formação de mudas cítricas, Agrofit, 2008. Resumo, disponível em [<http://www.agrofit.com.br/portal/index.php?view=article&catid=52%3Acitros&id=88%>](http://www.agrofit.com.br/portal/index.php?view=article&catid=52%3Acitros&id=88%), acesso em 06/10/2010.

THIBES-RODRIGUES *et al.* Caracterização nutricional de branquilha (*Sebastiania commersoniana* (Baillon) Smith & Downs, Euphorbiaceae) cultivado em solo contaminado com petróleo. **Floresta**, v. 36, n. 3, p. 349-356, 2006.

VALERI, S. V.; CORRADINI, L. Fertilização em viveiros para produção de mudas de *Eucalyptus* e *Pinus*. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: Instituto de Pesquisa Florestal, p.167-190. 2000.

WENDLING, I. GATTO, A. **Substratos, adubação e irrigação na produção de mudas**. Viçosa, Minas Gerais: Aprenda fácil, 2002.

WENDLING, I.; GUASTALA, D.; DEDECEK, R. Características físicas e químicas de substratos para produção de mudas de *Ilex paraguariensis* St. Hill, **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.31, n.2, p. 209-220, 2007.

WENDLING, I. ;GUASTALA, D.; DOMINGOS, D. M. **Substratos para produção de mudas de erva-Mate em tubetes plásticos**. Bol. Pesq. Fl., Colombo, n. 52, p. 21-36, jan/jun. 2006.

ZANETTI, M.,*et al.* **Solos e nutrição: características físicas de substratos para a produção de mudas cítricas sob telado**. LARANJA, Cordeirópolis, v.24, n.2, p.519-530. 2003.

ANEXOS

ANEXO 1 - CORRELAÇÃO DE VARIÁVEIS QUÍMICAS FOLIARES COM VARIÁVEIS QUÍMICAS DO SUBSTRATO

Variáveis	pH H ₂ O	Ca	Mg	K	P (ppm)	CE (μS/cm)	Cu (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Zn (mg/kg)	K (g/Kg)	Ca (g/kg)	Mg (g/kg)	P (g/kg)
pH H ₂ O	1,00													
Ca	-0,65**	1,00												
Mg	-0,41 ^{ns}	0,18 ^{ns}	1,00											
K	0,06 ^{ns}	0,16 ^{ns}	-0,70**	1,00										
P (ppm)	0,14**	0,42 ^{ns}	-0,64**	0,86**	1,00									
CE (μS/cm)	-0,11 ^{ns}	0,12 ^{ns}	-0,31 ^{ns}	0,79**	0,56**	1,00								
Cu (mg/kg)	0,07 ^{ns}	-0,10 ^{ns}	-0,20 ^{ns}	0,48*	0,29 ^{ns}	0,53*	1,00							
Mn (mg/kg)	0,31 ^{ns}	-0,08 ^{ns}	-0,54*	0,02 ^{ns}	0,13 ^{ns}	-0,31 ^{ns}	-0,16 ^{ns}	1,00						
Fe (mg/kg)	-0,07 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,31 ^{ns}	-0,45*	-0,40 ^{ns}	-0,37 ^{ns}	-0,51*	0,12 ^{ns}	1,00					
Zn (mg/kg)	-0,40 ^{ns}	0,34 ^{ns}	0,11 ^{ns}	-0,04 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	-0,07 ^{ns}	-0,06 ^{ns}	0,11 ^{ns}	-0,18 ^{ns}	1,00				
K (g/Kg)	-0,23 ^{ns}	-0,09 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,02 ^{ns}	-0,20 ^{ns}	0,28 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	-0,30 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,06 ^{ns}	1,00			
Ca (g/kg)	0,25 ^{ns}	0,07 ^{ns}	-0,71**	0,62**	0,60**	0,34 ^{ns}	0,44*	0,41 ^{ns}	-0,12 ^{ns}	0,03 ^{ns}	-0,03 ^{ns}	1,00		
Mg (g/kg)	0,10 ^{ns}	-0,41 ^{ns}	0,65**	-0,53*	-0,71**	-0,13 ^{ns}	0,12 ^{ns}	-0,30 ^{ns}	0,31 ^{ns}	-0,18 ^{ns}	0,21 ^{ns}	-0,36 ^{ns}	1,00	
P (g/kg)	-0,03 ^{ns}	-0,37 ^{ns}	-0,25 ^{ns}	0,08 ^{ns}	-0,21 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,31 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,08 ^{ns}	1,00

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$), * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$), ns não significativo ($p \geq 0,05$); foi aplicado o teste T aos níveis de 5 e 1%, informa-se que as correlações são lineares

Al – Alumínio, Ca – Calcio, Mg – Magnésio, K – Potássio, P – Fósforo, CE – Condutividade elétrica, Cu – Cobre, Mn – Manganês, Fe – Ferro, Zn – Zinco.

ANEXO 2 – CORRELAÇÃO ENTRE AS PROPRIEDADES FÍSICAS DO SUBSTRATO E AS VARIÁVEIS MORFOLÓGICAS DAS MUDAS DE *Sebastiania commersoniana*

Tratamentos	D	H	BsPA	BsPR	BsT	% Raízes	BsPA/BsPR	IQD	Afoliar	Comp R	Vol Raiz
DS	0,49*	0,58**	0,63 ^{ns}	0,55**	0,60**	-0,63**	0,64**	0,53*	0,52*	0,72**	0,66**
pH (h20)	-0,51*	-0,43*	-0,48 ^{ns}	-0,34 ^{ns}	-0,46*	0,68*	-0,65**	-0,45*	-0,34 ^{ns}	-0,60**	-0,50*
CE	0,22 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,07 ^{ns}	-0,07 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,01 ^{ns}	-0,07 ^{ns}
PT	0,24 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,19 ^{ns}	-0,37 ^{ns}	0,34 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,21 ^{ns}
EA	0,04 ^{ns}	0,14 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,34 ^{ns}	-0,33 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,12 ^{ns}	-0,31 ^{ns}	0,11 ^{ns}
AFD	-0,02 ^{ns}	-0,18 ^{ns}	-0,06 ^{ns}	-0,23 ^{ns}	-0,09 ^{ns}	-0,28 ^{ns}	0,25 ^{ns}	-0,06 ^{ns}	-0,20 ^{ns}	0,05 ^{ns}	-0,17 ^{ns}
AT	0,03 ^{ns}	-0,03 ^{ns}	0,10 ^{ns}	-0,08 ^{ns}	0,07 ^{ns}	-0,39 ^{ns}	0,38 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,26 ^{ns}	-0,01 ^{ns}
AD	-0,02 ^{ns}	-0,17 ^{ns}	-0,04 ^{ns}	-0,21 ^{ns}	-0,07 ^{ns}	-0,28 ^{ns}	0,26 ^{ns}	-0,04 ^{ns}	-0,17 ^{ns}	0,07 ^{ns}	-0,17 ^{ns}

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$), * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$), ns não significativo ($p \geq 0,05$);

foi aplicado o teste T aos níveis de 5 e 1%, informa-se que as correlações são lineares

DS - Densidade seca, pH em H₂O, CE - Condutividade elétrica, PT - Porosidade total, EA - Espaço de aeração AFD - Água facilmente disponível, AT- Água tamponada, AD- Água disponível, D – Diâmetro, H – Altura, BsPA- Biomassa seca da parte aérea, BsPR - Biomassa seca da parte radicial, BSTotal- Biomassa seca total, psa/psr- Relação peso seco da parte aérea e peso seco da parte radicial e % raízes- Percentagem da raiz, IQD – Índice de qualidade de mudas, AFOLIAR – Área foliar, COMP R- Comprimento da raiz, VOL RAIZ- Volume da raiz

ANEXO 3 – CORRELAÇÃO ENTRE AS VARIÁVEIS FÍSICAS E QUÍMICAS DOS SUBSTRATOS

Variáveis	pH H ₂ O	Ca mmol/dm ³	Mg mmol/dm ³	K mmol/dm ³	P (mg/dm ³)	CE (μS/cm)
DS	-0,55**	0,50*	0,56**	-0,70**	-0,44*	-0,65*
pH H ₂ O	0,97**	-0,58*	-0,36 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,16 ^{ns}	-0,17 ^{ns}
CE	-0,26 ^{ns}	0,27 ^{ns}	-0,29 ^{ns}	0,83**	0,63**	0,85**
PT	-0,44*	0,16 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,04 ^{ns}	-0,09 ^{ns}	0,34 ^{ns}
EA	0,55**	-0,22 ^{ns}	-0,75**	0,23 ^{ns}	0,35 ^{ns}	-0,12 ^{ns}
AFD	-0,50*	0,04 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,32 ^{ns}	-0,03 ^{ns}	0,62**
AT	-0,40 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,47*	-0,07 ^{ns}	-0,19 ^{ns}	0,34 ^{ns}
AD	-0,49*	0,07 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,28 ^{ns}	-0,05 ^{ns}	0,64**

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p<0,01), * significativo ao nível de 5% de probabilidade, ns-não significativo; foi aplicado o teste T aos níveis de 5 e 1%, informa-se que as correlações são lineares

pH em água, Al – Alumínio, Ca – Cálcio, Mg – Magnésio, K – Potássio, P – Fósforo, C – Carbono, CE – Condutividade elétrica, Cu – Cobre, Mn – Manganês, Fe – Ferro, Zn – Zinco, DS - Densidade seca, pH em H₂O, CE - Condutividade elétrica , PT - Porosidade total, EA - Espaço de aeração AFD - Água facilmente disponível, AT- Água tamponada, AD- Água disponível

ANEXO 4 - *Sebastiania commersoniana* (branquilha)

1. Fruto



2. Sementes



3. Muda



4. Árvore adulta



ANEXO 5 - SUBSTRATOS PUROS UTILIZADOS PARA A PRODUÇÃO A FORMULAÇÃO DOS TRATAMENTOS

1. Casca de arroz carbonizada



2. Fibra de coco



3. Vermiculita fina



4. Substrato comercial

