

LAUSANNE SORAYA DE ALMEIDA

**AVALIAÇÃO MORFOLÓGICA DE MUDAS DE *Allophylus edulis*
(A. ST.-HIL., A. JUSS. & CAMBESS.) RADL. (VACUM) E *Schinus
terebinthifolius* RADDI (AROEIRA) PRODUZIDAS EM DIFERENTES
SUBSTRATOS**

**Dissertação apresentada como requisito
parcial à obtenção do grau de Mestre em
Ciências Florestais, Curso de Pós-
Graduação em Engenharia Florestal, Setor
de Ciências Agrárias, Universidade Federal
do Paraná.**

**Orientador: Prof. Dr. Alessandro Camargo
Angelo**

**Co-orientadores: Pesquisador MSc. Márcio
Pinheiro Ferrari
Profa. Dra. Nerilde Favaretto**

CURITIBA

2005

Dedico ao meu marido Artur pelo apoio e compreensão e aos meus pais por
terem sempre incentivado os meus estudos

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela concessão da bolsa de estudos.

À Embrapa-Florestas por ter cedido seu espaço para que este trabalho pudesse ser desenvolvido.

À amiga Juliane Garcia Knapik que me acompanhou em todos os momentos desta jornada.

À amiga Bárbara Ferreira pela atenção, preocupação e disponibilidade em ajudar sempre.

Às amigas Ângela e Larissa que disponibilizaram o seu tempo para ajudar na coleta de dados.

À Profa Dra Katia C. Zuffellato-Ribas pela amizade, conselhos e a quem devo minha iniciação científica tão bem orientada.

Ao professor, orientador e amigo Alessandro Camargo Angelo por acreditar no meu trabalho.

Aos co-orientadores Márcio Ferrari (*in memoriam*) e Nerilde Favaretto pela troca de informações, disposição e atenção sempre fornecidas.

Ao pesquisador Edílson, Embrapa-Florestas, pelas valiosas dicas estatísticas.

À pesquisadora Letícia pelos conselhos e palavras amigas.

Ao Dr. Antonio Carlos Medeiros, Murilo Barddal, Daniela C. Abreu e Ozias pelo apoio na coleta de sementes.

Aos técnicos do viveiro da Embrapa-Florestas pelas dicas, apoio e serviços prestados, em especial ao Joel Nunes da Veiga por estar sempre disposto a ajudar.

Aos técnicos do Departamento de Solos da Embrapa-Florestas, Cláudia, Paula, Onécimo e Dias pela paciência durante o processamento das análises.

Aos técnicos, Aldair, Roberto, Reginaldo e Nara, do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Paraná pelo apoio e orientação durante as análises químicas e físicas.

Ao professor Edelclaiton pelo consentimento do uso do Laboratório de Fitotecnia da Universidade Federal do Paraná e aos técnicos deste laboratório, em especial à Maria Emília, pela dedicação, paciência e atenção nunca negados.

Ao professor Antonio Carlos Nogueira pelas conversas e troca de conhecimentos técnicos valiosos.

À Tânia de Barros Baggio, biblioteca de Ciências Florestais e da Madeira, pela competência e disposição em ajudar sempre.

Ao amigo Diego Tyszka pela ajuda nos últimos detalhes para a entrega deste trabalho.

À amiga Rafaela Ribeiro pelo apoio e conselhos que muito me ajudaram nos momentos difíceis.

À empresa Amafibra, em nome do gerente técnico Ângelo Luiz Malvestiti, pelo fornecimento de substratos utilizados neste estudo.

À empresa Húmus Rio Nillo por ter concedido seu material para este trabalho.

À todos que sempre acreditaram em mim.

SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES	vii
RESUMO	viii
ABSTRACT	ix
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 IMPORTÂNCIA DO ESTUDO DE ESPÉCIES DE FLORESTA RIPÁRIA	3
2.2 CARACTERÍSTICAS DAS ESPÉCIES	4
2.2.1 Aroeira.....	4
2.2.2 Vacum	8
2.3 SUBSTRATOS.....	10
2.3.1 Características ideais para substratos.....	10
2.3.1.1 Propriedades físicas.....	12
2.3.1.1.1 Densidade	12
2.3.1.1.2 Porosidade	13
2.3.1.2 Propriedades químicas	14
2.3.1.2.1 PH do substrato.....	14
2.3.1.2.2 Capacidade de troca de cátions (CTC).....	15
2.3.1.2.3 Relação C/N.....	16
2.3.1.2.4 Disponibilidade de nutrientes do substrato	16
2.3.2 Características de importantes substratos utilizados na produção de mudas.....	17
2.3.2.1 Substrato à base de casca de pinus e vermiculita	17
2.3.2.2 Casca de arroz carbonizada	18
2.3.2.3 Fibra de coco.....	19
2.3.2.4 Vermicomposto.....	20
2.4 IMPORTANCIA DAS VARIÁVEIS DE QUALIDADE DE MUDAS	22
2.4.1 Padrões de qualidade de mudas	22
2.4.2 Variáveis importantes na avaliação de qualidade de mudas	23
2.4.2.1 Sistema radicial.....	24
2.4.2.2 Relação entre as variáveis	25
3 MATERIAL E MÉTODOS	27
3.1 LOCAL	27
3.2 SEMENTES	27
3.3 PREPARO DOS SUBSTRATOS E TRATAMENTOS	28
3.4 EMBALAGEM	29
3.5 SEMEADURA E RALEAMENTO	29
3.6 ADUBAÇÃO	30
3.7 AVALIAÇÕES.....	31
3.8 CARACTERIZAÇÃO DOS SUBSTRATOS.....	32
3.8.1 Características físicas.....	32
3.8.2 Características químicas.....	33
3.9 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	33
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
4.1 CARACTERIZAÇÃO DOS SUBSTRATOS.....	35

4.1.1 Química	35
4.1.2 Física	41
4.1.2.1 Densidades.....	41
4.1.2.1.1 Densidade real ou de partículas	41
4.1.2.1.2 Densidade aparente ou global.....	42
4.1.2.2 Granulometria	43
4.1.2.3 Capacidade máxima de retenção de água.....	44
4.1.2.4 Porosidades	46
4.1.2.4.1 Porosidade total.....	46
4.1.2.4.2 Macroporosidade e microporosidade	47
4.2 AROEIRA	49
4.2.1 Emergência de plântulas	49
4.2.2 Altura.....	50
4.2.3 Diâmetro de colo.....	52
4.2.4 Área foliar.....	54
4.2.5 Biomassa seca.....	54
4.2.6 Índices morfológicos.....	55
4.2.7 Morfologia das raízes.....	57
4.2.8 Geral	59
4.3 VACUM	61
4.3.1 Emergência de plântulas	61
4.3.2 Altura.....	62
4.3.3 Diâmetro de colo.....	63
4.3.4 Área foliar.....	64
4.3.5 Biomassa seca.....	66
4.3.6 Índices morfológicos.....	67
4.3.7 Morfologia das raízes.....	68
4.3.8 Geral	69
5 CONCLUSÕES.....	71
6 CONSIDERAÇÕES E RECOMENDAÇÕES.....	72
REFERÊNCIAS	74
ANEXOS	85

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - ESQUEMA DO ASPECTO DE POROS NO SUBSTRATO.....	13
QUADRO 1 - ESCALA DE VALORES PARA A INTERPRETAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS E FÍSICAS DE SUBSTRATOS PARA A PRODUÇÃO DE MUDAS FLORESTAIS EM TUBETES.....	17
QUADRO 2 - PROPORÇÕES (%) DE SUBSTRATOS QUE FORAM UTILIZADAS PARA COMPOR OS DIFERENTES TRATAMENTOS.....	28
QUADRO 3 - ADUBAÇÃO DE BASE E COBERTURA UTILIZADAS NESTE ESTUDO.....	30
QUADRO 4 - VALORES DE REFERÊNCIA CONSIDERADOS BAIXOS, PARA SOLOS E SUBSTRATOS.....	39
TABELA 1 - ANÁLISE QUÍMICA DOS SUBSTRATOS.....	40
TABELA 2 - RESULTADOS DAS ANÁLISES DE DENSIDADES.....	43
TABELA 3 - GRANULOMETRIA EXPRESSA EM VOLUME.....	44
TABELA 4 - CAPACIDADE MÁXIMA DE RETENÇÃO DE ÁGUA NOS DIFERENTES TRATAMENTOS.....	46
TABELA 5 - RESULTADOS DAS ANÁLISES DE POROSIDADES.....	49
TABELA 6 - PORCENTAGEM DE EMERGÊNCIA DE PLÂNTULAS DE AROEIRA APÓS 30 DIAS DE SEMEADURA.....	50
TABELA 7 - ALTURA MÉDIA DE MUDAS DE AROEIRA, EM DIFERENTES PERÍODOS DE AVALIAÇÃO.....	52
TABELA 8 - DIÂMETRO DE COLO MÉDIO DE MUDAS DE AROEIRA EM DIFERENTES PERÍODOS DE AVALIAÇÃO.....	53
TABELA 9 - ÁREA FOLIAR MÉDIA E BIOMASSA SECA MÉDIA DE MUDAS DE AROEIRA, NOS TRATAMENTOS TESTADOS.....	55
TABELA 10 - ÍNDICES MORFOLÓGICOS DE QUALIDADE DE MUDAS DE AROEIRA.....	57
TABELA 11 - COMPRIMENTO, SUPERFÍCIE E VOLUME DAS RAÍZES DE AROEIRA NOS DIFERENTES TRATAMENTOS TESTADOS.....	59
TABELA 12 - PORCENTAGEM DE EMERGÊNCIA DE PLÂNTULAS DE VACUM APÓS 30 DIAS DE SEMEADURA.....	62
TABELA 13 - ALTURA MÉDIA DE MUDAS DE VACUM, EM DIFERENTES PERÍODOS DE AVALIAÇÃO.....	63
TABELA 14 - DIÂMETRO DE COLO MÉDIO DE MUDAS DE VACUM EM DIFERENTES PERÍODOS DE AVALIAÇÃO.....	64
TABELA 15 - ÁREA FOLIAR MÉDIA E BIOMASSA SECA MÉDIA DE MUDAS DE VACUM, NOS TRATAMENTOS TESTADOS.....	66
TABELA 16 - ÍNDICES MORFOLÓGICOS DE QUALIDADE DE MUDAS DE VACUM.....	67
TABELA 17 - COMPRIMENTO, SUPERFÍCIE E VOLUME DAS RAÍZES DE VACUM NOS DIFERENTES TRATAMENTOS TESTADOS.....	68

RESUMO

A produção de mudas envolve diversos fatores que precisam ser investigados, tais como o substrato. Este pode apresentar diferentes características físicas e químicas. Para a otimização de tais características, as quais podem ser decisivas na produção de mudas de boa qualidade, costuma-se realizar misturas de diferentes materiais. Comercialmente há diversos substratos disponíveis, porém a indicação destes para a produção de espécies florestais nativas é limitada. Visando suprir esta lacuna, o presente trabalho teve como objetivo o estudo da produção de mudas de *Allophylus edulis* (A. St.-Hil., A. Juss. & Cambess.) Radl. (vacum) e *Schinus terebinthifolius* Raddi (aroeira-vermelha) em diferentes substratos, através da avaliação de variáveis morfológicas. Foram utilizados substratos puros ou misturas de produto à base de casca de pinus e vermiculita (CPV), casca de arroz carbonizada (CAC), fibra de coco granulada (FCG), fibra de coco mista (FCM) e vermicomposto (VC). Os tratamentos corresponderam a: T1 - 100% CPV; T2 - 70% CPV + 30% CAC; T3 - 70% CPV + 30% FCG; T4 - 70% CPV + 30% FCM; T5 - 70% CPV + 20% CAC + 10 % VC; T6 - 70% CPV + 20% FCG + 10% VC; T7 - 70% CPV + 20% FCM + 10% VC; T8 - 50% CPV + 20% CAC + 20% FCG + 10 %VC; T9 - 50% CPV + 20% CAC + 20% FCM + 10% VC; T10 - 100% CAC; T11 - 70% CAC + 20% FCG + 10% VC e T12 - 70% CAC + 20% FCM + 10% VC. O experimento foi conduzido no viveiro da Embrapa-Florestas, sendo instalado em janeiro/2004 e distribuído em 6 blocos com 8 mudas/bloco e tratamento. Medições de altura (quinzenais) e diâmetro de colo (mensais) foram realizadas até 105 dias após a emergência de plântulas para aroeira (10 dias após a semeadura) e 135 dias para o vacum (20 dias após a semeadura). Para as análises destrutivas foram utilizadas 12 mudas por tratamento e espécie. A área foliar, comprimento total, superfície e volume de raízes foram obtidos em escâner óptico acoplado ao programa Win Rhizo[□] e, após secagem em estufa a 65°C por 72 horas foi encontrada a biomassa seca da parte aérea e radicial. O maior desempenho das mudas de aroeira ocorreu em T2, T3, T5 e T6, tratamentos com pequenas proporções de CAC e FCG. Os tratamentos com maiores proporções de CAC, em geral, propiciaram mudas de menores dimensões, principalmente quando este material foi utilizado puro (T10) ou em misturas com FCM (T9 e T12). Para o vacum, de maneira geral, T5, T6, T8 e T11 geraram mudas de melhor qualidade. Estes substratos estão associados à presença de CAC, VC e FCG. Já o desenvolvimento de mudas de menor porte, conforme as variáveis analisadas, ocorreu em T4 e T9, os quais estão relacionados à presença de FCM. Para um viveiro que produza aroeira e vacum, recomenda-se o uso do substrato T5, o qual originou mudas de boa qualidade para ambas as espécies.

Palavras-chave: produção de mudas, espécies florestais, espécies nativas, qualidade de mudas, morfologia de raízes

ABSTRACT

Seedlings production involves several factors that need to be investigated, for example, substrates. They presents different physical and chemistries characteristics. In order to improve of such characteristics, which can be decisive in the seedlings production good quality, take place mixtures of different materials. Commercially there is several available substrates, however the indication of these for the native forest species production is limited. The present work had as objective the study of the seedlings production of *Allophylus edulis* (A. St. -Hil., A. Juss., & Cambess.) Radl. and *Schinus terebinthifolius* Raddi in different substrates, through the evaluation its height, diameter, leaf area, dry biomass (shoot and roots), total length, surface and volume of roots. Pure substrate or mixtures of commercial product were used with bark of pinus and vermiculit (CPV), carbonized rice husk (CAC), coconut fiber granulated (FCG), coconut fiber mixed (FCM) and vermicompost (VC). The treatments corresponded the: T1 - 100% CPV; T2 - 70% CPV + 30% CAC; T3 - 70% CPV + 30% FCG; T4 - 70% CPV + 30% FCM; T5 - 70% CPV + 20% CAC + 10% VC; T6 - 70% CPV + 20% FCG + 10% VC; T7 - 70% CPV + 20% FCM + 10% VC; T8 - 50% CPV + 20% CAC + 20% FCG + 10 %VC; T9 - 50% CPV + 20% CAC + 20%FCM + 10% VC; T10 - 100% CAC; T11 - 70% CAC + 20% FCG + 10% VC and T12 - 70% CAC + 20% FCM + 10% VC. The experiment was led in the nursery of the Embrapa-forests, being installed in janeiro/2004 and distributed in 6 blocks with 8 seedlings/blocks and treatment. Height and diameter were measurements biweekly up to 105 days after the germination for *S. terebinthifolius* and 135 days for *A. edulis*. For the destructive analyses 12 seedlings were used by treatment and specie. The leaf area, total length, surface and volume of roots were obtained in optical scanner coupled to the program Win Rhizo and, after drying process at 65°C for 72 hours were found the shoot and root biomass dry. The best results were found with the *S. terebinthifolius* seedlings in T2, T3, T5 and T6, treatments with small proportions of CAC and FCG. The treatments with larger proportions of CAC, in general, propitiated seedlings of smaller dimensions, mainly when this material was used pure (T10) or in mixtures with FCM (T9 and T12). *A. edulis*, in a general way, T5, T6, T8 and T11 generated seedlings of better quality. These substrates are associated the presence of CAC, VC and FCG. Already the smaller seedlings, according to the analyzed variables, it happened in T4 and T9, which are related with the presence of FCM. T5 is recommended for a nursery that produces *S. terebinthifolius* and *A. edulis*, because originated good seedlings for both species.

Key-words: seedlings production, forest essences, native species, seedlings quality, roots morphology

1 INTRODUÇÃO

O desrespeito às florestas nativas é evidente quando é observada a situação das florestas ripárias. Áreas próximas às margens de rios são usufruídas sem qualquer preocupação para a prática da agricultura e pecuária, além de vilarejos que são formados no decorrer de grandes extensões de rios que passam por áreas urbanas e que muitas vezes servem de esgoto e simultaneamente de fornecedor de água para a população.

A importância das florestas ciliares não está relacionada somente com a conservação de florestas nativas, mas com todo um conjunto de fatores relacionados à proteção de rios e mananciais, desde a qualidade e quantidade de sua água, o tipo de solo de suas margens, a prevenção de erosão, a contenção de assoreamentos, a proteção contra enchentes e a preservação da fauna (SALVADOR, 1989; MACEDO, 1993; DAVIDE; BOTELHO, 1999).

Com o decorrer da destruição das florestas localizadas nas margens de rios e nascentes, a legislação foi gradativamente se estabelecendo (Art 2º do Código Florestal, Lei nº 4771/65), assim como projetos e programas referente à proteção e à recomposição desta vegetação, que nos dias de hoje vem preocupando produtores rurais, instituições e o governo em geral.

Estudos sobre adaptação das espécies que ocorrem em florestas ciliares são importantes para subsidiar estudos de recomposição (PIMENTA et al., 1996).

Para que a população saiba a quem recorrer, o que e como plantar há necessidade de conhecimento técnico-científico (MACEDO, 1993) sobre a produção de mudas indicadas para recompor áreas degradadas aos cursos dos rios.

Devido ao fato da produção de mudas das espécies de floresta ripária ser escassa, foram escolhidas para o presente estudo duas espécies que ocorrem em Floresta Ombrófila Mista Aluvial, *Allophylus edulis* (A. St.-Hil., A. Juss. & Cambess.) Radl. (vacum) e *Schinus terebinthifolius* Raddi (aroeira).

Dentre os fatores que influenciam diretamente a produção de mudas, encontra-se o substrato. Este pode ser constituído por diferentes materiais, o que por consequência lhe confere diferentes características físicas e químicas, tais como disponibilidade de água, oxigênio e nutrientes. Para a otimização de tais características, que podem ser decisivas na produção de mudas de boa qualidade, costuma-se realizar misturas de diferentes componentes.

Comercialmente há diversos substratos disponíveis, porém a indicação destes para a produção de espécies florestais nativas é um tanto limitada, por falta de estudos e pesquisas nesta área.

Visando suprir esta lacuna, o presente trabalho teve como objetivo identificar o comportamento de mudas de *Allophylus edulis* e *Schinus terebinthifolius* produzidas em diferentes substratos.

A hipótese principal deste experimento foi verificar se o desempenho das mudas produzidas em diferentes substratos é diferente ou não, baseando-se em variáveis morfológicas. Portanto, tem-se que:

H_0 = não há diferença no desempenho das mudas quando estas são produzidas em diferentes substratos

H_1 = há diferença no desempenho das mudas quando estas são produzidas em diferentes substratos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 IMPORTÂNCIA DO ESTUDO DE ESPÉCIES DE FLORESTA RIPÁRIA

Em função da crescente consciência sobre a importância da preservação ambiental, e o avanço das leis que disciplinam a ação humana nas florestas de proteção, um alto interesse vem sendo despertado para os programas de revegetação em áreas degradadas, exigindo que os conhecimentos técnicos-científicos sejam rapidamente repassados aos potenciais usuários desses programas (MACEDO, 1993).

A degradação da qualidade da água e dos próprios rios, as pragas que atormentam a agricultura e o empobrecimento do solo são algumas das conseqüências direta do desmatamento, além da redução progressiva da variedade de espécies características de cada tipo de floresta (SPVS, 1996).

O próprio termo mata ciliar já designa a sua importância, com o aspecto e função de proteção semelhante aos cílios para os olhos (SANTOS JR, 2000).

Quando preservadas atuam evitando o assoreamento e contaminação de rios por deposição de dejetos ou insumos agrícolas (DAVIDE; BOTELHO, 1999), minimizam a destruição da ictiofauna (BARBOSA et al., 1992), atuam como barreira física, regulando os processos de troca entre os sistemas terrestre e aquático, desenvolvendo condições propícias à infiltração (KAGEYAMA, 1986) e apresentam ainda grande importância nas bacias hidrográficas, pela regulação dos regimes hídricos por meio dos lençóis freáticos, manutenção da qualidade da água, entre outros, que tornam imprescindível a conservação do que resta e necessária recuperação do muito que já foi degradado (SALVADOR, 1989).

2.2 CARACTERÍSTICAS DAS ESPÉCIES

2.2.1 Aroeira

Conhecida como aroeira, aroeira-vermelha, aroeira-mansa, aroeira-branca, aroeira-pimenteira, entre outros, *Schinus terebinthifolius* pertence à família Anacardiaceae (REITZ; KLEIN; REIS, 1988; REITZ, 1989; SANCHOTENE, 1989; CARVALHO, 1994; LORENZI, 1998; BACKES; IRGANG, 2002).

O gênero *Schinus* vem da forma como se designava na Grécia clássica a atual *Pistacia lentiscus* L., pertencente à família Anacardiaceae (MARCHIORI, 1995) e o fato das folhas serem semelhantes às do gênero *Terebinthus*, pertencente a esta mesma família, originou o nome da espécie *Schinus terebinthifolius* (REITZ, 1989), o que também pode estar associado ao aroma de terebintina que a planta apresenta (LORENZI, 1998).

Ocorre de Pernambuco até o Rio Grande do Sul e Mato Grosso do Sul em várias formações vegetais, sendo comum em beira de rios, córregos e várzeas de formações secundárias, contudo, cresce também em dunas e terrenos secos e pedregosos e o seu aspecto varia muito em função de sua adaptação a esses variados ambientes, podendo se apresentar como arbustos rasteiros e retorcidos até a forma de árvore com fuste desenvolvido e copa globosa (LORENZI, 1998; BACKES; IRGANG, 2002). Em plantios experimentais tem crescido melhor em solos de nível de fertilidade química média a elevada, bem drenados e com textura franco argilosa (CARVALHO, 1994). A aroeira é planta nativa também no Paraguai, Uruguai e leste da Argentina (SANCHOTENE, 1989).

De acordo com CARVALHO (1994) a aroeira ocorre desde o nível do mar até 2000 metros de altitude, em locais com precipitação média anual de 950 mm a 2200 mm, apresentando regime pluviométrico uniforme, sem estação seca na Região Sul a estacional com chuvas concentradas no verão nas demais regiões e estação seca até 6 meses de duração com déficit hídrico moderado na região central de Minas

Gerais. Nos locais de ocorrência foram observadas temperaturas médias anual, do mês mais frio e do mês mais quente, respectivamente de 12 a 26° C, de 8 a 24°C e de 20 a 28°C, com até 57 geadas por ano.

Schinus terebinthifolius ocorre com bastante freqüência nas Formações Pioneiras de Influência-Marinha (restinga), bem como de forma esparsa na Floresta Ombrófila Densa (mata atlântica). Sua presença é freqüente ainda na Floresta Ombrófila Mista (floresta com araucária) e na Floresta Estacional Decidual do Alto Uruguai (REITZ, 1989). Em estudos de levantamento fitossociológico foi encontrada em Floresta Ombrófila Mista Montana (RONDON-NETO et al., 2002) e Floresta Ombrófila Mista Aluvial, sendo neste a terceira espécie com maior valor de importância no compartimento superior da floresta (BARDDAL, 2002).

O pioneirismo e a agressividade da aroeira permitem o seu estabelecimento em locais adversos, como a caatinga, sendo uma das espécies que compõe esta vegetação (BAGGIO, 1988; SANCHOTENE, 1989).

Seu desenvolvimento é comum nas orlas e menos freqüente no interior dos capões. Nas orlas costuma estar associada com *Lithrea brasiliensis* (pau-de-bugre), *Myrcia bombycina* (guamirim-do-campo), *Gomidesia sellowiana* (guamirim), *Myrceugenia euosma* (cambuinzinho) entre outras espécies. E juntamente com as espécies já citadas costuma formar a composição inicial dos capões, podendo ocorrer ainda com *Capsicodendron dinisii* (pimenteira) e *Schinus polygamus* (assobieira) (REITZ, 1989).

É uma planta com folhas compostas imparipinadas que apresentam a nervura central nitidamente dilatada, o que lhes confere o aspecto alado (ráquis alada). Suas brotações jovens apresentam coloração avermelhada. As folhas da aroeira podem causar alergia a pessoas sensíveis, porém apresentam propriedades anti-reumáticas, podendo ser mascadas para branquear os dentes. A infusão da casca é muito utilizada no curtimento do couro e no fortalecimento de redes de pesca, devido à presença de tanino. Do cerne de sua madeira obtém-se uma resina que quando dissolvida no álcool

é utilizada como anti-séptico. Na Alemanha os frutos da aroeira são vendidos no comércio, vindos da Ilha Maurício, como substituto da pimenta-do-reino (DURATEX, 1989; SANCHOTENE, 1989; CARVALHO, 1994; LORENZI, 1998; BACKES; IRGANG, 2002).

É uma árvore bastante ornamental, principalmente durante o período em que os frutos persistem na planta, sendo uma das espécies mais procuradas pela avifauna, a qual, juntamente com as formigas, é responsável pela sua dispersão e boa regeneração natural (LORENZI, 1998; BACKES; IRGANG, 2002). O aspecto de uma árvore de aroeira pode ser visto no Anexo 1.

Apresenta atributos para usos múltiplos e potencial para associações florestais. Pode ser utilizada como suplemento alimentar de caprinos, em arborização de pastos, por ser perenifólia e se adaptar a condições adversas e ainda, devido a sua capacidade de rebrota e resistência ao fogo, como já foi constatado em exemplares na região do cerrado, pode ser utilizada em barreiras contra incêndios, desde que manejada na forma arbustiva (BAGGIO, 1988).

Devido aos seus abundantes frutos vermelhos e o seu comportamento como espécie pioneira agressiva, a aroeira é indicada para o reflorestamento de margens de reservatórios de hidroelétricas (REITZ; KLEIN; REIS, 1988) e encontra-se entre as espécies recomendadas para a recuperação de áreas degradadas nos estágios inicial e médio em cursos d'água de Floresta Ombrófila Mista, Floresta Estacional Decidual e Floresta Estacional Semidecidual (GLUFKE, 1999). É uma espécie potencial para revegetação (CARPANEZZI, et al., 1990), inclusive para a recuperação em áreas de extração de areia (SOUZA, 2000).

Suas flores são melíferas e o seu florescimento ocorre predominantemente entre setembro e janeiro e a frutificação entre janeiro e julho (LORENZI, 1998) porém há grande variabilidade entre plantas, sendo, portanto difícil precisar épocas de floração e frutificação (CARVALHO, 1994). A floração da aroeira é precoce, podendo ocorrer a partir do primeiro ano de vida (CARVALHO, 1994). Os frutos podem

permanecer na planta até a próxima floração, a qual pode ocorrer duas vezes no ano (REITZ, 1989).

Na Flórida tornou-se uma terrível invasora, sendo proibido o seu plantio (BACKES; IRGANG, 2002). Entretanto, no Brasil não se caracteriza como tal, ocorrendo em proporções incapazes de comprometer a integridade das demais espécies nativas componentes da flora (SANCHOTENE, 1989).

Sua madeira é considerada pesada ou moderadamente pesada (840 Kg/m^3) e de grande durabilidade natural, podendo ser utilizada para moirões, esteios, lenha e carvão. Quando cortada rebrota tanto a partir do caule como da raiz, desenvolvendo troncos múltiplos (SANCHOTENE, 1989; CARVALHO, 1994; LORENZI, 1998; BACKES; IRGANG, 2002).

A propagação pode ser feita por sementes ou por estaquia a partir de segmentos da raiz e do caule, já que ambos os órgãos vegetativos emitem brotações quando cortados (SANCHOTENE, 1989; CARVALHO, 1994).

Em estudo realizado sobre a germinação da espécie, envolvendo luz, temperatura e água, SILVA, NAKAGAWA e FIGLIOLIA (2001), constataram que *Schinus terebinthifolius* é pouco exigente e estaria adaptada a germinar e apresentar bom desenvolvimento em áreas abertas e de pequenas clareiras.

A emergência de plântulas em viveiro ocorre entre 10 e 70 dias, correspondendo à cerca de 80%, a céu aberto e em solo bem drenado. O plantio das mudas pode ser realizado a partir de 4 meses e o crescimento no campo é rápido, sendo mais intenso nos primeiros anos de vida, podendo atingir um metro de altura em um ano. Mudas com altura entre 20 e 80 cm não apresentam problemas no plantio (SANCHOTENE, 1989; CARVALHO, 1994; BACKES; IRGANG, 2002).

2.2.2 Vacum

Pertencente à família Sapindaceae, *Allophylus edulis* é conhecido como vacum, vacunzeiro, chal-chal, baga-de-morcego, fruta-de-pombo, murta-vermelha, entre outros (REITZ, 1980; SANCHOTENE, 1989; LORENZI, 1998; KUERA, 2002).

De acordo com MARCHIORI (1995), certos nomes de gêneros botânicos referem-se a uma situação geográfica, como é o caso de *Allophylus* que vem do grego *állos* (de outro) e *phyllus* (nação), pois o material da descrição original era procedente do Ceilão (atual Sri Lanka). Já o nome específico *Allophylus edulis* refere-se aos frutos muito apreciados pelo homem e pelos animais silvestres, pois *edulis* vem do latim e significa comestível (REITZ, 1980; MARCHIORI, 1995).

Sua ocorrência vai da Região Amazônica até o Ceará e do Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Rio de Janeiro até o Rio Grande do Sul, ocorrendo ainda nas Guianas, Paraguai, Bolívia, Uruguai e Argentina (REITZ, 1980; LORENZI, 1998)

É bastante comum no interior de florestas primárias, situadas em solos bastante úmidos, bem como em solos rochosos de matas mais abertas, ocorrendo também em capoeira, capoeirões e beira de rios. É uma espécie preferencial da floresta do Alto Uruguai (REITZ, 1980). No Paraguai é encontrada associada ao *Inga marginata*, entre outras espécies da região (KUERA, 2002). Aparece tanto em locais onde a luminosidade é intensa como à sombra, predominando nos estratos médio e inferior da floresta (SANCHOTENE, 1989).

Foi encontrada em levantamento fitossociológico de um trecho de Floresta Estacional Semi-decidual Aluvial (SOARES-SILVA; KITA; SILVA, 1998), em fragmento de Floresta Ombrófila Mista Montana, sendo a segunda espécie com maior valor de importância (RONDON NETO et al., 2002) e em Floresta Ombrófila Mista Aluvial, onde foi a segunda espécie com maior valor de importância no compartimento superior da floresta e a mais expressiva na regeneração (BARDDAL, 2002).

O vacum é facilmente reconhecível por suas folhas compostas por três folíolos serrados, com intensa floração branca e especialmente por seus frutos

vermelhos que lhe conferem um contraste vivo sobre sua copa densa verde-escura (BACKES; IRGANG, 2002). No Anexo 2 poder ser visto um exemplar de *vacum* com seus frutos vermelhos.

O florescimento ocorre durante os meses de setembro à novembro e a frutificação em novembro e dezembro, produzindo anualmente grande quantidade de sementes férteis (LORENZI, 1998). Suas flores são melíferas e os frutos vermelhos e comestíveis são bastante disseminados pela avifauna e bugios que contribuem para a regeneração da espécie. (REITZ, 1980; SANCHOTENE, 1980).

A árvore é bastante ornamental, podendo ser empregada com sucesso na arborização urbana (LORENZI, 1998). É uma planta rústica que vem sendo utilizada em praças, parques e jardins do município de Porto Alegre, e vem demonstrando boa resistência às condições urbanas. A natureza do sistema radicial, a adaptabilidade tanto à luz quanto à sombra e o médio porte dessa espécie permitem que se recomende o seu plantio em calçadas e canteiros centrais de avenidas, inclusive onde há rede elétrica e/ou telefônica (SANCHOTENE, 1989).

Encontra-se entre as espécies recomendadas para a recuperação de áreas degradadas nos estágios inicial e médio em cursos d'água de Floresta Ombrófila Mista, Floresta Estacional Decidual e Floresta Estacional Semidecidual (GLUFKE, 1999).

A sua madeira varia de leve a moderadamente pesada ($670-690 \text{ Kg/m}^3$), sendo macia, de pouca durabilidade em ambientes externos e própria para marcenaria, esteios, moirões, lenha, carvão e cabos de ferramentas (SANCHOTENE, 1989; LORENZI, 1998; KUERA, 2002).

A emergência de plântulas ocorre entre 20 e 30 dias, sendo superior a 80%. As mudas ficam prontas para plantio em campo em menos de 6 meses, e devem ser mantidas em ambiente semi-sombreado. Aos 12 meses de idade pode alcançar de 30 a 50 cm de altura (SANCHOTENE, 1989; LORENZI, 1998; BACKES; IRGANG, 2002).

2.3 SUBSTRATOS

Entre as técnicas empregadas no manejo de um viveiro destaca-se a seleção do substrato, tendo em vista sua fundamental importância no crescimento e desenvolvimento das plantas (KAMPF, 2000a).

Em comparação com o cultivo a campo, onde as plantas dispõem de um grande volume para o crescimento de suas raízes, no cultivo em recipientes esse volume é muito reduzido, o que diminui a drenagem e a superfície de contato com a atmosfera, essencial para as trocas gasosas (CO_2 e O_2) (KAMPF, 2000b). Portanto, é de extrema importância o conhecimento das características do substrato, uma vez que ele deve compensar este volume reduzido, através de características físicas especiais.

A facilidade com que o substrato é explorado pelas plântulas em desenvolvimento define sua fertilidade e, segundo o potencial genético daquelas, a sua produtividade. É desse meio que dependerá o desenvolvimento do sistema radicial e, por extensão, da plântula, já que a raiz é a conexão entre o substrato e a parte aérea, cujo desenvolvimento será reflexo das propriedades físicas, químicas e biológicas do substrato (LOURENÇO et al., 1999).

O substrato é considerado por NINAMI¹, citado por FONSÊCA (2001), como o componente mais sensível e complexo do sistema de produção de mudas, pois qualquer variação na sua composição pode alterar desde a emergência de plântulas até o processo final da produção de mudas.

2.3.1 Características ideais para substratos

As funções básicas de um substrato são a sustentação da planta, o fornecimento de nutrientes, água e oxigênio (GONÇALVES, 1997). O nível de eficiência dos substratos para germinação de sementes, iniciação radicial, enraizamento de estacas e formação da parte aérea, está estreitamente relacionado com

¹ MINAMI, K. Produção de mudas de alta qualidade. São Paulo: T. A. Queiroz, 1995.

as características de capacidade de aeração, drenagem, retenção de água e disponibilidade balanceada de nutrientes. Estas características são altamente correlacionadas entre si (GONÇALVES et al., 2000).

O desenvolvimento das raízes em recipientes é diferente daquele no campo, devido ao espaço limitado, portanto o substrato deve apresentar melhores características do que o solo (KAMPF, 2000a).

As características essenciais que um bom substrato deve apresentar, de acordo com vários autores, (GONÇALVES, 1997; HARTMANN; KESTER; DAVIES JR, 1997; GONÇALVES et al., 2000; FERREIRA; CARVALHO, 2002; WENDLING; FERRARI; GROSSI, 2002) são:

- boa estrutura e consistência, de forma a exercer a função de sustentação;
- boa porosidade, de modo a permitir pronta drenagem do excesso de água durante irrigações ou chuvas, mantendo adequada aeração junto ao sistema radicial;
- boa capacidade de retenção de água, de modo a evitar irrigações frequentes. Além disso, o substrato não deve se contrair excessivamente após a secagem;
- isenção de substâncias tóxicas, inóculos de doenças, plantas invasoras e insetos;
- estar prontamente disponível em quantidade adequada e custos economicamente viáveis;
- deve ser padronizado, com características físicas e químicas pouco variáveis de lote para lote;
- apresentar pH estável, alta capacidade de troca de cátions e em geral, baixo teor de sais solúveis (depende da espécie);
- deve ser leve e fácil de armazenar.

De acordo com STURION e ANTUNES (2000), o substrato, além de propiciar boas condições para o desenvolvimento das mudas, deve apresentar uma estrutura que não dificulte a sua retirada por ocasião do plantio das mudas e que não se destoroe. KAMPF (2000a) também comenta sobre a importância do substrato ter alta estabilidade de estrutura, a fim de evitar a compactação deste, além de possuir alto teor de fibras resistentes à decomposição, para evitar a compostagem na embalagem.

Difícilmente se encontra um material com todas as características positivas para uso como substrato. KAMPF (2000a), denomina condicionador de substratos, o componente que irá melhorar, de modo significativo, as propriedades do meio de cultivo. Por definição o condicionador participa da mistura em fração igual ou menor a 50%. Por isso são realizadas misturas com diferentes materiais.

As características dos substratos são definidas pelas suas propriedades físicas, como densidade, porosidade e capacidade de retenção de água e pelas características químicas como o pH, a capacidade de troca de cátions e disponibilidade de nutrientes.

2.3.1.1 Propriedades físicas

2.3.1.1.1 Densidade

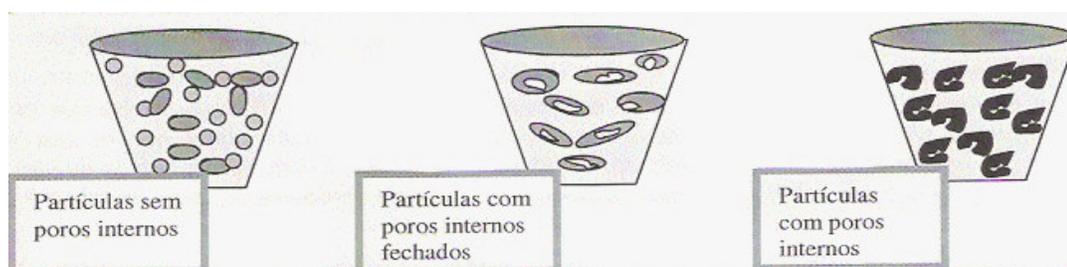
É a relação entre a massa e o volume de substrato. Quanto mais alta a densidade, mais difícil o cultivo no recipiente, quer por limitações no crescimento das plantas, quer pela dificuldade no transporte dos vasos ou bandejas (KAMPF, 2000a).

Quanto maior for a densidade, menor é a porosidade total do solo, seja pela natureza do arranjo das partículas sólidas, ou pela compactação (PREVEDELLO, 1996).

2.3.1.1.2 Porosidade

Os substratos, em geral, têm maior porosidade, se comparados ao solo, pois a maioria dos materiais utilizados tem poros internos além daqueles externos, interparticulares. Os substratos possuem um percentual mais elevado de poros de maior dimensão. Os poros internos podem estar fechados, sem contato com o meio externo, não interferindo portanto na porosidade, ou então estarem abertos, como ocorre nos materiais orgânicos, formando uma rede de canais com o meio externo (FERMINO, 2002), conforme pode ser observado na Figura 1.

FIGURA 1 - ESQUEMA DO ASPECTO DE POROS NO SUBSTRATO



FONTE: FERMINO, 2002

A alta concentração de raízes formadas nos recipientes exige elevado suprimento de oxigênio e rápida remoção do gás carbônico formado. 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, 2000a).

A caracterização da porosidade de um solo é determinada pela capacidade dos sólidos de diferentes tamanhos em formar agregados, originando poros. Nestes espaços porosos, ocupados pela fase líquida, gasosa e raízes, que ocorrem todos os processos físicos de transporte de água, solutos e gases. Para manter suas funções fisiológicas, as raízes das plantas consomem oxigênio e produzem gás carbônico. Estes gases devem ser trocados com a atmosfera pelo mesmo sistema poroso que deve assegurar às plantas, adequados suprimentos de água, nutrientes e calor. O equilíbrio

entre a fase líquida e a fase gasosa no solo, constitui-se num dos mais importantes fatores que determinam o bom desenvolvimento das raízes (PREVEDELLO, 1996).

2.3.1.2 Propriedades químicas

2.3.1.2.1 PH do substrato

As propriedades físicas, químicas e biológicas do solo e substrato estão direta ou indiretamente associadas com acidez ou alcalinidade. Solo com pH maior que oito geralmente tem problemas com salinidade, dispersão do solo, deficiência de ferro, entre outros (MARQUES; MOTTA, 2003).

Substrato ácido significa grande quantidade de íons H^+ , pouco cálcio, magnésio e potássio e às vezes muito alumínio e manganês. Estes íons H^+ estão em solução no substrato e, em parte, adsorvidos à fração argila (colóides) ou partículas de matéria orgânica, de onde saem facilmente. O mesmo ocorre com alumínio e manganês (CARNEIRO, 1995).

Um pH baixo ou uma acidez elevada (abaixo de 5) é prejudicial, porque reduz sensivelmente a atividade de bactérias e actinomicetos e, conseqüentemente, a formação de nitratos e sulfatos diminui a disponibilidade de nitrogênio, cálcio, magnésio e potássio, insolubiliza o fósforo, boro, cobre e zinco, provoca o aparecimento de quantidades tóxicas de alumínio, ferro e manganês. Um pH muito elevado ou elevada alcalinidade, acima de 6,5, diminui demasiadamente a disponibilidade de fósforo e micronutrientes (cobre, zinco, ferro e manganês) às plantas (MALAVOLTA; ROMERO, 1975; KAMPF, 2000a).

A acidez e a deficiência ou o excesso de nutrientes estão entre as características químicas do solo que mais influenciam o desenvolvimento das raízes. Em condições de baixo pH, o alumínio tóxico se encontra em maior quantidade e muitos nutrientes em baixa disponibilidade na solução do solo, podendo restringir o

crescimento de raízes de espécies sensíveis. Porém, existem espécies que toleram altos teores de alumínio, são pouco exigentes em nutrientes e/ou são mais eficientes em seu uso (SCHUMACHER et al., 2003).

Os valores de pH variam muito entre os componentes de substratos, desde extremamente baixos, como turfas e xaxim, até os extremamente altos, como a vermiculita, casca de arroz, casca de acácia. Valores inadequados de pH podem causar desequilíbrios fisiológicos nas plantas, afetando a disponibilidade dos nutrientes. Para substratos com predominância de matéria orgânica, a faixa de pH recomendada é de 5 a 5,8 e quando for à base de solo mineral, entre 6 e 6,5 (KAMPF, 2000a).

No setor florestal o pH deve situar-se acima de 4,5 para não tornar os nutrientes indisponíveis (CARNEIRO, 1995). Para as espécies florestais, segundo o FOREST SERVICE², citado por CARNEIRO (1995), o desenvolvimento no viveiro é satisfatório com pH entre 5 e 6. Contudo esta questão é muito variável de espécie para espécie.

2.3.1.2.2 Capacidade de troca de cátions (CTC)

Considerando-se que muitos cátions presentes no substrato são nutrientes, a capacidade de troca de cátions (CTC) é um indicativo de capacidade de manutenção destes nutrientes e também valiosa informação do potencial de fertilidade do substrato. O aumento da CTC está relacionado ao aumento do conteúdo de matéria orgânica e/ou à correção do pH do substrato (CARNEIRO, 1995).

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,

² FOREST SERVICE. Handbook on Soil. Washington, D. C., 1961.

com alto valor de CTC. A CTC de um solo ou substrato é a propriedade de suas partículas sólidas de adsorver e trocar cátions. 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. Matéria orgânica humificada apresenta alta CTC, contribuindo significativamente para a melhoria dessa propriedade no solo (KAMPF, 2000a).

2.3.1.2.3 Relação C/N

A adição de material orgânico ao substrato é conduzida com a mistura de vegetais, turfa, serapilheira, esterco, casca de vegetais, entre outros. Com relação a esta adição de material orgânico é importante que seja monitorada a relação C/N do substrato, pois caso o substrato possua baixa concentração de N, irá ocorrer uma competição entre as mudas e os microrganismos que necessitam de N para o seu metabolismo. Como os materiais orgânicos não decompostos apresentam alta taxa de C, a relação C/N é elevada, propiciando uma mobilização do N pelos microrganismos, causando deficiência deste elemento para as mudas. Neste caso, uma adição suplementar de fontes nitrogenadas torna-se necessária, quando a relação C/N for superior a 30/01. Quando os valores estiverem na faixa de 15 a 20/01, há liberação do N do substrato e este elemento torna-se disponível para as mudas, como uma consequência da atividade microbiana (CARNEIRO, 1995).

2.3.1.2.4 Disponibilidade de nutrientes do substrato

O pequeno volume de substrato e a alta taxa de lixiviação, principalmente de N, representam dificuldades na manutenção de níveis adequados de nutrientes, devido principalmente à alta frequência de irrigação. Com isso a quantidade de nutrientes encontrada nos substratos é insuficiente para um bom desenvolvimento das plantas, sendo portanto necessário se fazer fertilizações complementares (FONSÊCA, 2001).

A capacidade do solo em suprir as raízes das plantas com água, ar, calor e nutrientes é que determina a sua fertilidade (PREVEDELLO, 1996).

Em função da disponibilidade de nutrientes do substrato e da espécie a ser produzida é que será definida a adubação no decorrer da produção de mudas. No entanto há recomendações que são padrões, a depender do tipo de embalagem e espécie. GONÇALVES et al. (2000) recomendam para a produção de espécies nativas em tubetes, adubação de base com 150 g de N, 300 g de P₂O₅, 100 g K₂O e 150 g de coquetel de micronutrientes, através do uso, respectivamente, dos seguintes adubos: sulfato de amônio, superfosfato simples, cloreto de potássio e “fritas”.

GONÇALVES e POGGIANI (1996) propuseram níveis de valores para substratos utilizados para produção de mudas de espécies florestais (Quadro 1).

QUADRO 1 – ESCALA DE VALORES PARA A INTERPRETAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DE SUBSTRATOS PARA A PRODUÇÃO DE MUDAS FLORESTAIS EM TUBETES

Característica	Nível			
	baixo	médio	alto	adequado
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 retenção H ₂ O (mL/50 cm ³)	<15	15-25	>25	20-30
Relação C/N	8-12/1	12-18/1	>18/1	8-12/1
pH (em CaCl ₂ 0,01M)	<5,0	5,0-6,0	>6,0	5,5-6,5
Fósforo resina (mg.dm ⁻³)	<200	200-400	>400	400-800
Potássio trocável (cmol _c .dm ⁻³)	<1,5	1,5-3,0	>3,0	3,0-10
Cálcio trocável (cmol _c .dm ⁻³)	<10	10-15	>15	10-20
Magnésio total (cmol _c .dm ⁻³)	<5	5-10	>10	5-10
CTC (cmol _c .dm ⁻³)	<10	10-20	>20	>20

FONTE: adaptado de GONÇALVES e POGGIANI (1996)

2.3.2 Características de importantes substratos utilizados na produção de mudas

2.3.2.1 Substrato à base de casca de pinus e vermiculita

O desenvolvimento florestal brasileiro teve como uma das conseqüências o plantio de extensas áreas com espécies do gênero pinus, destinados à indústria de papel

e às serrarias. Como subproduto dessas atividades, grandes volumes de cascas de pinus começaram a surgir sem que houvesse um destino adequado para este material. Com isso surgiu a necessidade do uso de tal resíduo, que após estar seco e moído (fragmentos de vários tamanhos), passou a ser utilizado em misturas de substratos para plantas, apresentando características como baixa densidade, fácil drenagem, má absorção de água e pH ácido (3,7) (GONÇALVES, 1997).

Devido a tais características, a casca de pinus costuma ser comercializada para a utilização no processo de produção de mudas misturada a outros materiais, como a vermiculita, a qual também é recomendada para uso em misturas (NEVES; GOMES; NOVAIS, 1990). Esta apresenta grande capacidade de retenção de água (GONÇALVES, 1997; WENDLING; GATTO, 2002; GOMES; PAIVA, 2004) que vem complementar a baixa eficiência, neste aspecto, da casca de pinus.

2.3.2.2 Casca de arroz carbonizada

A casca de arroz, após o seu beneficiamento, pode ser submetida a uma fonte de calor, seja sobre chapa, no chão, ou ao redor de uma lata para ser utilizada como substrato de plantas. É formado um material bastante leve, indicado principalmente para o enraizamento de plantas, apresentando ainda as seguintes características (GONÇALVES; POGGIANI, 1996; GONÇALVES, 1997; KAMPF, 2000a; WENDLING; GATTO, 2002):

- fácil manuseio;
- drenagem rápida e eficiente, exigindo constantes regas quando usada pura;
- baixa capacidade de retenção de umidade;
- boa homogeneidade no tamanho das partículas;
- baixa densidade;
- pH ligeiramente alcalino o que pode provocar deficiências de micronutrientes;

- baixas concentrações de N e S;
- relação C/N muito alta;
- material biologicamente estéril;
- baixo custo.

GONÇALVES e POGGIANI (1996) equivalem as características da casca de arroz carbonizada às características da cinza de caldeira de biomassa e bagaço de cana carbonizado. Porém, quando há o predomínio de partículas muito pequenas, com alta fração de cinzas, o material apresenta maior constituição do resíduo da queima de cascas de arroz do que da casca de arroz carbonizada propriamente dita, o que faz com que este apresente maior retenção de água. A este material denomina-se casca de arroz queimada (KAMPF, 2000a).

2.3.2.3 Fibra de coco

O pó de coco é um material vegetal natural, renovável, muito leve e bastante parecido com as melhores turfas de *Sphagnum* spp, encontradas no Norte da Europa e América do Norte (ROSA et al., 2002).

O substrato de fibra de coco origina-se de desfibramento industrial das cascas de coco. Este desfibramento gera um material leve, de estrutura granular e homogênea, intercalado por fibrilas, de altíssima porosidade total (94-96%) e elevada capacidade de aeração (20-30%). Esta elevada porosidade total permite que a fibra de coco alie uma ótima aeração a uma boa capacidade de retenção de água, cerca de três a quatro vezes o seu peso. Apresenta ainda alta estabilidade física, pois se decompõe muito lentamente e alta característica de molhabilidade, isto é, não repele a água entre uma irrigação e outra, o que traz grandes vantagens no manejo da irrigação para o produtor. Como não se trata de um material fossilizado, como as turfas, nem compostado, como as cascas de árvores, é natural que a fibra de coco tenha maior demanda de nitrogênio, a qual deve ser compensada via fertirrigação ou com o uso de adubos de liberação lenta ou controlada. A fibra de coco apresenta ainda uma tendência de fixar cálcio e magnésio e liberar potássio no meio e o seu pH é

ligeiramente ácido (6,3-6,5). Estes fatores também devem ser levados em conta quando o produtor traçar seu programa de nutrição da cultura (TAVEIRA, 2002; WEDLING; GATTO, 2002; MALVESTITI, 2003).

Propriedades físicas e químicas diferem, amplamente, entre diferentes fontes de resíduo, em função do método usado para processar a fibra e o local de origem. Assim, o controle das características físicas e químicas do material antes do uso como substrato é de grande importância (ROSA et al., 2002). RÖBER (2000) considera importante, devido à origem do material, que seja realizada análise dos teores de Na e Cl antes do seu uso, pois esses elementos poderão estar presentes em teores acima do aceitável, prejudicando o efeito positivo do uso da fibra de coco.

A desvantagem do substrato de fibra de coco está relacionada ao seu custo em relação aos demais substratos comerciais. Estudos relacionados à produção de mudas florestais ainda estão em andamento, não sendo bem conhecido o manejo para tal finalidade.

2.3.2.4 Vermicomposto

Vermicompostagem é a tecnologia na qual se utilizam as minhocas para a produção de composto orgânico, portanto vermicomposto é o nome dado a esta mistura de matéria orgânica humificada e os excrementos da minhoca, os quais são expelidos na forma de pequenos grãos (ANTONIOLLI et al., 2002).

O vermicomposto é preparado, em geral, com minhocas do gênero *Eisenia* (vermelha da Califórnia). A minhoca se alimenta de matéria orgânica (restos vegetais e animais, cama de curral, resíduos industriais, entre outros), revolve o alimento em seu tubo digestório, inoculando-o com microrganismos, que serão responsáveis por sua decomposição. Suas propriedades são variáveis, dependendo do alimento que é dado às minhocas, mas em geral apresentam as seguintes características (KÄMPF, 2000a; ANTONIOLLI et al., 2002; GOMES; SILVA, 2004):

- alta densidade;
- predomínio de poros pequenos e alta retenção de água;
- baixa aeração;
- promove agregação das partículas do solo;
- favorece o equilíbrio do pH;
- alto teor de nutrientes disponíveis à planta;
- propicia controle biológico de alguns patógenos e pragas;
- age na complexação de Al e Fe tóxicos.

A mistura do vermicomposto em outros substratos deve ser em pequenas proporções. CALDEIRA, SCHUMACHER e TEDESCO (2000) obtiveram melhores respostas na produção de mudas de acácia negra com 20 e 40% de vermicomposto. Maiores doses reduziram o crescimento das mudas. Para a produção de erva-mate o vermicomposto foi considerado uma excelente opção, desde que utilizado em doses baixas (LOURENÇO et al., 1999).

Utilizado como condicionador de casca de pinus na produção de mudas de *Eucalyptus camaldulensis*, o vermicomposto compôs 10, 20, 30 e 40% do volume total dos tubetes, em estudo realizado por BARICHELLO et al. (2001). Foi constatado que este influencia positivamente na produção de mudas desta espécie, sendo a sua eficiência máxima para o diâmetro de colo, com 35% da mistura. A quantidade de vermicomposto seguiu um comportamento linear para massa seca aérea, radicial e total, em função do uso crescente deste substrato.

Para a produção de mudas recomenda-se que seja feita a utilização de dois ou mais materiais para a formulação do substrato, visando uma boa aeração, drenagem e fornecimento de nutrientes de forma mais adequada. O tipo de material e a proporção de cada um na composição do substrato variam de acordo com a disponibilidade local, custo, recipiente e muda a ser produzida. De modo geral, pode-se recomendar que sejam feitas misturas de material de grupos diferentes, o que resulta em maiores

alterações das características do substrato final. O tipo de mistura, bem como a proporção de componentes de diferentes grupos deve ser feita objetivando o ajuste das propriedades físicas, uma vez que as químicas, em geral podem ser facilmente modificadas com práticas de adubação e manejo de irrigação (WENDLING; FERRARI; GROSSI, 2002).

2.4 IMPORTÂNCIA DAS VARIÁVEIS DE QUALIDADE DE MUDAS

Para se saber como as plantas estão reagindo à determinadas variações, sejam elas relacionadas à temperatura, luz, adubação, substrato, entre outras, são realizadas medições e/ou análises de variáveis como altura, diâmetro de colo, biomassa seca, que refletirão o comportamento da planta nas condições que estas encontram-se submetidas, indicando o quanto estes fatores estão influenciando no crescimento das mudas.

2.4.1 Padrões de qualidade de mudas

O padrão de qualidade de mudas varia entre espécies e, para uma mesma espécie, entre sítios. O objetivo é atingir uma qualidade e maior uniformização de crescimento, tanto da altura quanto do sistema radicial, promovendo um endurecimento tal 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; GOMES, 2001).

O aumento da porcentagem de sobrevivência decorre do uso de mudas de melhor padrão de qualidade. A operação de replantio é muito onerosa e só pode ser evitada em plantios com alta porcentagem de sobrevivência, além do fato de que mudas com maior desenvolvimento em altura nos meses subsequentes ao plantio proporcionam uma redução na necessidade de limpeza do plantio. Mudas com bom

padrão de qualidade são o elo que une as atividades técnicas desenvolvidas no viveiro e o seu desempenho no campo (CARNEIRO, 1995).

Muda de boa qualidade apresenta vigor e bom estado nutricional, com folhas de tamanho e coloração típicas da espécie e sua altura ideal varia entre 20 a 35 cm e o diâmetro de colo entre 5 e 10 mm, de acordo com GONÇALVES et al. (2000), para espécies nativas produzidas em sacos plásticos.

Já para mudas de eucalipto, baseando-se num padrão utilizado por empresas florestais, a altura encontra-se entre 15 e 30 cm e o diâmetro de colo em torno de 2 mm, além de sistema radicial bem desenvolvido, com boa formação e sem enovelamento, raiz principal reta com raízes secundárias bem distribuídas e com boa agregação ao substrato; uma boa rigidez da haste e um bom aspecto fitossanitário (FONSECA, 1988). Estas últimas características são desejáveis para qualquer muda, independente do tipo de produção e espécie.

Padrões relacionados principalmente à altura ainda são muito questionados e não há um consenso entre os pesquisadores.

2.4.2 Variáveis importantes na avaliação de qualidade de mudas

As variáveis morfológicas são as mais utilizadas na determinação de qualidade de mudas, pois são mais fáceis de serem visualizadas e/ou medidas, no entanto ainda é carente de definições mais precisas para responder às exigências quanto à sobrevivência e ao crescimento, determinadas pelas adversidades encontradas no campo (GOMES, 2001; GOMES; PAIVA, 2004).

Entre as variáveis morfológicas encontram-se a altura da parte aérea, diâmetro de colo, área foliar, biomassa seca da parte aérea, biomassa seca radicial e ainda morfologia das raízes.

A altura da parte aérea e o diâmetro de colo são as variáveis mais utilizadas para definir padrões de qualidade de mudas, uma vez que não consistem na destruição destas para a sua análise, como ocorre com a obtenção da biomassa seca das mudas

(CARNEIRO, 1976; REIS et al., 1991; CARNEIRO, 1995; GOMES, 2001; GOMES; PAIVA, 2004). No entanto, alguns autores consideram muito importante a obtenção da biomassa seca, pois a relacionam com a sobrevivência e crescimento inicial das mudas após o plantio no campo (THOMPSON³, citado por AZEVEDO, 2003; GOMES; PAIVA, 2004).

Estudos envolvendo a morfologia de raízes são menos freqüentes, pois são muito onerosos (CARNEIRO, 1995), mas a importância que a raiz exerce sobre a muda faz com que seja dada maior ênfase a esta região da planta.

2.4.2.1 Sistema radicial

O sistema radicial determina com que eficiência a planta pode aproveitar a água e os nutrientes presentes no solo/substrato. Este é resultado do potencial genético que a planta possui para desenvolver raízes (alocando uma parte de sua produção em carboidratos para o sistema radicial) e de fatores ambientais. Fatores externos que influenciam o desenvolvimento radicial podem ser classificados como químicos (pH, elementos tóxicos, nutrientes, hormônios de crescimento), físicos (oxigenação, temperatura, umidade, densidade, porosidade) e biológicos (atividade microbiana, entre outros). A radiação solar também está diretamente relacionada ao crescimento radicial, pois é fonte de energia para a produção de fotoassimilados produzidos nas folhas e alocados para as raízes (COSTA; ROSOLEM; TORRES, 1999; DAROS et al., 1999; LIBARDI; JONG VAN LIER, 1999; GONÇALVES; MELLO, 2000).

Dentre várias análises que podem ser realizadas com as raízes, encontram-se o comprimento total, a superfície e volume destas. Estas características têm sido usadas para avaliar a quantidade de raízes e verificar o aspecto do sistema radicial das plantas (COSTA et al., 2000). Tanto o comprimento quanto a superfície são considerados muito importantes em estudo sobre absorção de água e nutrientes, sendo

³ THOMPSON, E. Seedling morphological evaluation – what you can tell by looking. In: EVALUATION SEEDLING QUALITY: PRINCIPES PROCEDURES AND PREDICTIVE ABILITIES OF MAJOR TESTS, 1984, Corvallis. **Proceedings...**Corvallis: Forest Research Laboratory, 1985. p. 59-71.

o volume complementar (GONÇALVES; MELLO, 2000).

A superfície e o volume de raízes consiste na determinação da média dos diâmetros de um considerável número de raízes e o comprimento total destas (CARNEIRO, 1995), que hoje já pode ser realizada por programas de computador. Esta tecnologia tem operacionalizado as medições do sistema radicial, envolvendo maior quantidade de características, exatidão e redução de tempo e o aperfeiçoamento desses métodos poderá propiciar os conhecimentos necessários sobre a formação e a distribuição das raízes para se estabelecer relações entre o sistema radicial, adaptabilidade e produtividade florestal (RODRIGUES et al., 2003).

2.4.2.2 Relação entre as variáveis

Há relações entre variáveis que são usualmente utilizadas para expressar a qualidade de mudas, dentre as quais estão a relação altura e diâmetro de colo (H/D), relação biomassa seca da parte aérea e da parte radicial (BSA/BSR) e índice de qualidade de Dickson (IQD) (GOMES; PAIVA, 2004).

Em geral nenhuma das variáveis morfológicas deve ser avaliada isoladamente. A avaliação da altura deve ser feita em conjunto com o diâmetro, de preferência com o índice altura/diâmetro (JOSÉ, 2003).

A relação calculada entre a biomassa seca da parte aérea e radicial (BSA/BSR) é considerada como índice seguro para expressar o padrão de qualidade de mudas. Num encontro de pesquisadores ficou estabelecido como sendo dois o melhor valor para este índice (GOMES; PAIVA, 2004).

Apesar de não ter sido desenvolvido para espécies tropicais este índice é bastante utilizado. Seu cálculo abrange biomassa seca total (BST), e as relações citadas anteriormente, sendo obtido pela divisão da BST (g) com a soma das relações $H(\text{cm})/D(\text{mm})$ e $BSA(\text{g})/BSR(\text{g})$ (GOMES; PAIVA, 2004).

Para as espécies florestais *Pinus ssp* e *Eucalyptus ssp*, tem-se procurado aprimorar valores indicativos das características que as mudas devem apresentar antes

de serem plantadas no campo. Por outro lado para as espécies florestais nativas, os estudos ainda são incipientes e os padrões de qualidade ainda não estão bem definidos (JOSÉ, 2003).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCAL

O experimento foi conduzido no viveiro da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária na unidade localizada em Colombo-PR, Embrapa-Florestas, situado a 25°19'17" de latitude S e 49°09'39" de longitude W. O clima da região de acordo com o Sistema Internacional de Köeppen é do tipo Cfb (clima subtropical úmido).

3.2 SEMENTES

As sementes de vacuum foram coletadas em 04/12/2003 de 7 matrizes localizadas na região de Araucária, nas proximidades do Rio Barigui em área da Refinaria Presidente Getúlio Vargas-Araucária (REPAR). Em laboratório os frutos foram removidos dos ramos e mantidos de um dia para o outro em recipiente com água para facilitar a remoção da parte carnosa em peneira sob água corrente. Após tal procedimento, as sementes foram colocadas sobre jornal e mantidas em temperatura ambiente para retirada da umidade superficial, para então serem armazenadas em sacos de papel em câmara seca com temperatura de $14^{\circ}\text{C} \pm 1$ e umidade relativa de $38\% \pm 2$.

As sementes de aroeira foram obtidas da Embrapa-Florestas, sendo coletadas entre março e maio de 2003 de 4 árvores matrizes da região de Bocaiúva do Sul-PR. Estas se encontravam armazenadas em embalagens plásticas em câmara fria com temperatura de $4^{\circ}\text{C} \pm 1$ e umidade relativa de $84\% \pm 2$.

O teor de umidade das sementes foi obtido em laboratório através de 3 amostras de 30 sementes cada uma, pelo método de estufa a $105^{\circ}\text{C} \pm 3$ por 24 horas.

3.3 PREPARO DOS SUBSTRATOS E TRATAMENTOS

Foram utilizados substratos puros ou misturas de produto comercial à base de casca de pinus e vermiculita (CPV), casca de arroz carbonizada (CAC), fibra de coco granulada (FCG), fibra de coco mista (FCM) e vermicomposto (VC) para compor os tratamentos que constam no Quadro 2. Aspecto da textura dos cinco tipos de materiais utilizados como substratos pode ser observado no Anexo 3.

QUADRO 2 – PROPORÇÕES (%) DE SUBSTRATOS QUE FORAM UTILIZADOS PARA COMPOR OS DIFERENTES TRATAMENTOS

Tratamentos	CPV ⁽¹⁾	CAC ⁽²⁾	FCG ⁽³⁾	FCM ⁽⁴⁾	VC ⁽⁵⁾
T1	100	0	0	0	0
T2	70	30	0	0	0
T3	70	0	30	0	0
T4	70	0	0	30	0
T5	70	20	0	0	10
T6	70	0	20	0	10
T7	70	0	0	20	10
T8	50	20	20	0	10
T9	50	20	0	20	10
T10	0	100	0	0	0
T11	0	70	20	0	10
T12	0	70	0	20	10

(1) casca de pinus com vermiculita

(2) casca de arroz carbonizada

(3) fibra de coco granulada

(4) fibra de coco mista

(5) vermicomposto

O substrato à base de casca de pinus e vermiculita utilizado, apresentava casca de pinus compostada como matéria prima básica e 17% de vermiculita fina expandida em relação à porcentagem do volume de casca.

O vermicomposto utilizado foi proveniente de minhocas vermelhas da Califórnia, tendo como alimento matéria orgânica em decomposição, com maior predomínio de esterco bovino.

Já as fibras de coco utilizadas apresentavam diferentes granulometrias. O pó obtido após o desfibramento do mesocarpo, gera a fibra de coco granulada, que

apresenta textura mais fina. O material que fica retido em peneira de 2 cm, corresponde à fibra de coco fibrosa e a mistura destes dois materiais constitui a fibra de coco mista, conforme denominações comerciais (MALVESTITI, 2003).

Os substratos foram misturados em betoneira, permanecendo nesta por 3 minutos. Após, as bandejas contendo os tubetes foram posicionadas sobre mesa vibratória e estes preenchidos com os substratos. A mesa foi acionada por 30 segundos e a seguir as embalagens foram preenchidas com mais substrato. O mesmo procedimento foi repetido duas vezes, até o preenchimento completo dos tubetes. Esta técnica evita a compactação exagerada do substrato nos recipientes.

Foram coletadas amostras de 1000 mL, antes da adubação de base, as quais foram acondicionadas em sacos de papel, para posterior análise das características físicas e químicas dos substratos.

3.4 EMBALAGEM

Foram utilizadas embalagens de polipropileno, denominadas tubetes, com capacidade de aproximadamente 100 cm³ cada. Os tubetes apresentavam 13,7 cm de comprimento, 6 estrias internas e diâmetros interno e externo, respectivamente de 3,6 cm e 4,4 cm. A região cônica inferior possuía 2,2 cm de comprimento, com orifício de 0,99 cm de diâmetro interno e 1,3 cm de diâmetro externo e 3 estrias vazadas.

3.5 SEMEADURA E RALEAMENTO

A semeadura direta foi realizada em 10/01/2004, sendo utilizadas 3 sementes por tubete para aroeira e 2 sementes por tubete para vacum. Para o cálculo da porcentagem de emergência de plântulas foram considerados um total de 70 sementes, correspondendo ao número inicial de tubetes. Este acompanhamento foi realizado para se ter noção do comportamento das sementes em viveiro e não para fins estatísticos.

Inicialmente as bandejas foram acomodadas em estufa com sombreamento de

50% (casa de germinação) e permaneceram nesta durante um mês após a semeadura. Neste momento foi realizado o raleamento das mudas, com o objetivo de eliminar as plântulas excedentes nas embalagens, deixando apenas uma, a mais central e vigorosa. Nesta condição a irrigação foi por aspersão leve, a qual foi acionada de duas a três vezes ao dia, dependendo das condições do tempo.

Posteriormente as bandejas foram transferidas para estufa coberta na região superior com plástico e aberta lateralmente, onde permaneceram por duas semanas, sendo após transferidas para pleno sol. As bandejas foram acomodadas em suporte para suspensão das mesmas e o sistema de irrigação utilizado foi por aspersão, o qual foi acionado de uma a duas vezes por dia. No Anexo 4 constam ilustrações das estufas onde foi realizado o experimento.

3.6 ADUBAÇÃO

As adubações de base e de cobertura foram realizadas conforme GONÇALVES et al. (2000) e constam no Quadro 3. A adubação de base foi misturada em betoneira, juntamente com os substratos. A adubação de cobertura teve início um mês após a instalação do experimento e as aplicações ocorreram quinzenalmente para N e mensalmente para KCl. Esta adubação foi suspensa um mês antes das avaliações finais.

QUADRO 3 – ADUBAÇÃO DE BASE E COBERTURA UTILIZADAS NESTE ESTUDO

Adubação	Dosagem de Nutrientes	Adubo utilizado	Quantidade de Adubo (g)	Aplicação
Base (dose/m ³)	150 g N	Sulfato de amônio	600	Fertilizantes misturados aos substratos no dia da instalação do experimento
	300 g P ₂ O ₅	Superfosfato simples	1667	
	100 g K ₂ O	Cloreto de potássio	167	
	150 g “fritas”	“fritas”	150	
Cobertura	200 g N	Sulfato de amônio	800	Dissolvidos na proporção de 100 L de água para regar 10.000 mudas.
	150 g K ₂ O	Cloreto de potássio	250	

FONTE: adaptado de GONÇALVES et al. (2000).

3.7 AVALIAÇÕES

Medições de altura (quinzenais) e de diâmetro de colo (mensais) foram realizadas até 105 dias após a emergência de plântulas para aroeira e 135 dias para o vacum. A altura foi medida apoiando-se a régua no tubete até o ponto apical da planta e o diâmetro de colo, através do posicionamento de paquímetro digital a 1 cm da base da muda.

As análises destrutivas foram realizadas com 12 mudas por tratamento e por espécie. Foram selecionadas mudas que apresentavam altura média dentro do tratamento. Estas foram identificadas com etiquetas aderidas ao caule e após serem removidas dos tubetes foram colocadas sobre plástico escuro para a montagem do rocambole (cerca de 30 mudas por embalagem) e posterior transporte para o laboratório de Fitotecnia da Universidade Federal do Paraná (Anexo 5).

No laboratório foi obtida a área foliar, biomassa seca da raiz, parte aérea e total e variáveis morfológicas das raízes (comprimento total, superfície e volume) dos 12 exemplares selecionados de cada espécie e tratamento

A área foliar e as variáveis morfológicas das raízes foram obtidas através de escâner óptico acoplado ao programa Win Rhizo[®] pró v. 2002c (RÉGENT INSTRUMENTS INC., 2004). As folhas foram destacadas das mudas e dispostas em lâmina de plástico duplo, fixo por apenas uma das laterais, para ficarem planas (Anexo 6). As raízes foram lavadas sob peneira para a remoção do excesso de substrato. Em seguida as raízes finas foram desmembradas da raiz principal e então dispostas em bandejas de acrílico com uma fina lâmina de água, para melhor distribuição das mesmas, para então as leituras serem realizadas (Anexo 7). Após, o material foi levado para secagem em estufa a 65°C por 72 horas e então foram obtidas as biomassas secas.

Foram também calculados os seguintes índices morfológicos: relação altura e diâmetro (H/D), relação biomassa seca aérea e biomassa seca radicial (BSA/BSR), obtido pela divisão destas variáveis e o índice de qualidade de Dickson (IQD), calculado pela seguinte fórmula: $BST (g) / \{H (cm) / D (mm) + BSA (g) / BSR (g)\}$.

Para o cálculo destes índices foram utilizados dados das mesmas mudas que foram submetidas às análises destrutivas, correspondendo altura, diâmetro de colo e biomassas secas a cada muda respectivamente.

3.8 CARACTERIZAÇÃO DOS SUBSTRATOS

3.8.1 Características físicas

Para as análises físicas avaliou-se densidade real (método do balão volumétrico), densidade aparente (método da proveta), porosidade total (calculada através das densidades), macroporosidade (pela mesa de tensão de Richards) e microporosidade (calculada por diferença entre porosidade total e macroporosidade), seguindo metodologias da EMBRAPA (1997). A macroporosidade também foi calculada, segundo GONÇALVES e POGGIANI (1996), pela seguinte fórmula: $\{[(50 \text{ mL} \times \text{porosidade total (\%)} / 100) - \text{capacidade máxima de retenção de água (mL)}] / 50 \text{ mL}\} \times 100$.

Analisou-se também o tamanho das partículas utilizando-se a metodologia de determinação da estabilidade de agregados via seca com o uso de um conjunto de cinco peneiras, correspondendo a 6,35mm, 4 mm, 2 mm, 0,71 mm e 0,5 mm de abertura de malha (adaptado de EMBRAPA, 1997 e SILVA, 1998). Foram utilizados 300 mL de substrato não compactado e seco a 105°C. As peneiras, contendo o substrato, foram posicionadas em aparelho de oscilação vertical, específico para vibração das mesmas, na intensidade cinco, permanecendo nesta posição por cinco minutos. Após foi medido o volume, utilizando-se proveta e calculada a porcentagem de material retido em cada peneira.

A capacidade máxima de retenção de água foi encontrada através do uso de tubetes de 50 cm³, pela diferença do peso da amostra úmida (48 horas após saturação) com o peso da amostra seca (105°C), seguindo metodologia proposta por GONÇALVES e POGGIANI (1996).

Todas as análises físicas foram realizadas no Laboratório de Física do Solo da Universidade Federal do Paraná em duplicata nos 12 tratamentos.

3.8.2 Características químicas

As análises químicas foram realizadas no Laboratório de Fertilidade do Solo da Universidade Federal do Paraná e na Embrapa-Florestas. A determinação do pH foi realizada em solução CaCl_2 0,01mol/L. Alumínio (Al), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) trocáveis foram extraídos por solução de KCl 1mol/L, sendo Al determinado por titulometria (titulação com NaOH 0,025N) e o Ca e Mg determinados por complexometria (titulação com EDTA 0,0125 mol/L). Para extração de potássio (K) e fósforo (P) utilizou-se solução Mehlich 1 (HCl 0,05 mol/L + H_2SO_4 0,025 mol/L), usando para a determinação de K, fotômetro de chama e para P o método do colorímetro e leitura através de espectrofotômetro. Tais metodologias encontram-se descritas em PAVAN et al. (1992). O nitrogênio total foi determinado pelo método de Kjeldahl (destilação), conforme descrito por EMBRAPA (1997). Para a obtenção do carbono orgânico foi utilizado o método de Walkley-Black, como consta em TEDESCO (1995).

3.9 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Após a emergência e raleamento das plântulas, os tubetes foram alternados em bandejas de 18 x 21 células e o experimento foi distribuído em blocos ao acaso, correspondendo a seis blocos, os quais foram representados pelas bandejas. Cada tratamento apresentou 8 mudas/bloco, num total de 48 mudas por tratamento e por espécie, além das mudas de bordadura.

Os dados obtidos foram submetidos ao teste de Bartlett para verificação da homogeneidade das variâncias, seguido da análise de variância. Quando esta demonstrou diferença entre as médias dos tratamentos, indicando valor de F

significativo, foi realizado teste de comparação de médias (teste de Tukey). No caso de variâncias não homogêneas, as médias foram transformadas e somente após a homogeneização destas, foi realizada a análise de variância e quando necessário, teste de comparação de médias. Para aroeira houve a necessidade de transformação dos dados para as variáveis BSA e BSR, através de LOG X. O mesmo ocorreu para o vacum nas seguintes variáveis: diâmetro de colo aos 105 e 135 dias, área foliar, biomassa seca radicial e total. Para variáveis que apresentavam valores inferiores a 1, a transformação dos dados foi obtida através de LOG (X+1). Nas tabelas dos resultados constam as médias dos dados não transformados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CARACTERIZAÇÃO DOS SUBSTRATOS

4.1.1 Química

As análises químicas dos substratos foram realizadas antes destes receberem adubação de base. Os resultados foram comparados com valores estipulados por GONÇALVES e POGGIANI (1996) (Quadro 1), correspondendo aos seguintes níveis de classificação: baixo (B), médio (M), alto (A) e adequado (AD). Na Tabela 1 constam os resultados das análises químicas com a respectiva classificação. Os resultados que não apresentam tal comparação foram obtidos através de diferentes metodologias quando comparados com GONÇALVES e POGGIANI (1996).

Constatou-se que o maior incremento de CAC aumentou o pH do substrato, tornando-o adequado em T10, T11 e T12, tratamentos que apresentaram maior porcentagem de CAC (Tabela 1). Tal ocorrência já era esperada, uma vez que a CAC apresenta pH alcalino (GONÇALVES, 1997; KAMPF, 2000a; WENDLING; GATTO, 2002).

Para K os resultados, em geral, indicaram níveis médios, ficando apenas T10 bastante diferenciado dos demais valores. Para substrato contendo casca de pinus e vermiculita em sua composição, MORAES NETO e GONÇALVES (2001) encontraram baixa quantidade de K ($1,37 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$), valor relativamente próximo ao que foi encontrado nos tratamentos deste trabalho, que também tiveram como composição base o substrato de casca de pinus com vermiculita (Tabela 1).

De acordo com RÖBER (2000) a vermiculita apresenta de 5 a 8% de teores de K disponíveis e NEVES, GOMES e NOVAIS (1990), comentam que este material apresenta excesso de K, no entanto análise realizada por MORAES NETO, GONÇALVES e TAKAKI (2001), com vermiculita fina (comercial) indicou apenas $0,18 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ de K. Portanto, a quantidade de K encontrada nos substratos, provavelmente não está associada à vermiculita, uma vez que esta representou 17% na

composição do substrato de casca de pinus e que tratamentos que não apresentavam este material em sua composição (T11 e T12), mantiveram praticamente o mesmo nível de K que os demais tratamentos, com exceção de T10 (Tabela 1).

Pode-se verificar (Tabela 1) que em todos os tratamentos, os níveis de Ca e Mg foram considerados baixos, o que pode estar relacionado ao pH ácido encontrado nos substratos (CARNEIRO, 1995).

Tanto para Ca quanto para Mg pode-se observar (Tabela 1) que houve a formação de dois grupos distintos, excluindo-se a CAC. Nos tratamentos que tiveram sua maior composição com substrato à base de casca de pinus e vermiculita com a adição de 10% de vermicomposto (T5 a T9), ocorreu aumento nas quantidades de ambos os elementos em relação a T1, T2, T3, T11 e T12. Tal fato que pode estar associado à presença do vermicomposto e menor porcentagem de casca de arroz na composição da mistura, uma vez que análise realizada com o vermicomposto utilizado nos tratamentos, indicou 7,45 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ e 4,55 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$, respectivamente para Ca e Mg, valores superiores aos encontrados nas misturas dos substratos, com exceção de Ca para T9 (Tabela 1).

Para P, observando-se os resultados entre os tratamentos (Tabela 1), apenas T3, T4 e T10 apresentaram valores menores em relação aos demais. Os tratamentos que tiveram 30% de mistura com fibra de coco (T3 e T4) foram representados pelos menores resultados de P em relação às demais misturas, com exceção da casca de arroz pura (Tabela 1). Ressalta-se que em solos com elevados teores de matéria orgânica pode ocorrer uma super estimativa dos valores de fósforo extraídos por Mehlich 1 (PREVEDELLO; KRIEGER; MOTTA, 2003).

Com relação ao Al, os tratamentos que tiveram CAC como principal componente da mistura (T10, T11 e T12), não apresentaram tal elemento detectado na análise. Pode-se verificar ainda que conforme foi sendo reduzida a adição do substrato à base de casca de pinus e vermiculita (do T1 para o T12) e adicionados outros materiais, as quantidades de Al foram reduzidas (Tabela 1). Estes resultados estão diretamente relacionados ao pH, pois nos substratos em que a acidez foi reduzida, não foi detectado o Al. Em geral, substrato ácido está associado a maior presença de Al

(CARNEIRO, 1995; SCHUMACHER et al., 2003).

Em solos, os teores de Al são classificados como baixos para valores menores que $0,5 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$, médios para valores entre $0,5$ e $1 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ e altos quando os níveis de Al forem superior a $1 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ (OLEYNIK et al., 2004).

Para a CTC, T10 apresentou valor bem inferior aos demais tratamentos, os quais, de maneira geral apresentaram resultados bem próximos uns dos outros. MORAES NETO, GONÇALVES e TAKAKI (2001) também encontraram a menor CTC em substrato com maior quantidade de CAC (50%), correspondendo a $10,1 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$, conforme ocorreu em T10, T11 e T12 (Tabela 1).

Já para a saturação de bases, que se refere à proporção de cátions considerados básicos (Ca, Mg, K) que ocupa a CTC do solo (PREVEDELLO; KRIEGER; MOTTA, 2003), valores entre 51 e 70% são considerados médios, sendo que resultados abaixo e acima destes se enquadram em níveis baixo e alto, respectivamente (OLEYNIK et al., 2004). De acordo com a Tabela 1 verifica-se que de T1 a T5, além de T7 e T10, a saturação pode ser considerada média, sendo para os demais tratamentos, alta, isto dentro de valores de referência estipulados para solos.

O substrato utilizado por MORAES NETO, GONÇALVES e TAKAKI (2001), composto por 60% de esterco de gado curtido e 40% CAC, apresentou valores de Mg ($3,6 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$) e CTC ($19,6 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$), equivalentes aos valores encontrados na maioria dos substratos do presente trabalho. Já para Ca ($9,8 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$) e K ($8,14 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$) os resultados foram bem mais elevados (Tabela 1). No entanto é importante ressaltar que a água utilizada no viveiro da Embrapa-Florestas apresentava excesso de Ca.

De maneira geral T10 apresentou valores bem inferiores em relação aos demais tratamentos. Este material é recomendado para uso em misturas e não puro, além de ser um material inerte (KÄMPF, 2000a; WENDLING; GATTO, 2002). Verificou-se que quando a CAC foi misturada a outros substratos, como em T2, T11 e T12, as características químicas aumentaram significativamente. No entanto, a relação C/N foi elevadíssima para casca de arroz pura (ANTONIOLLI et al., 2002), apesar de todos os tratamentos apresentarem valores altos (Tabela 1).

Altos valores da relação C/N foram encontrados em substratos estudados por LOPES (2004). Em mistura de 70% de casca de pinus e vermiculita com 30% de fibra de coco foi obtida uma relação C/N de 57:1, correspondendo ao que foi encontrado em T3 (56,91%), substrato com a mesma composição (Tabela 1). Já para a análise de substrato de casca de pinus e vermiculita, a relação C/N foi de 30:1, valor inferior ao encontrado em T1 (53,25%). Esta diferença provavelmente esteja relacionada com a proporção de casca de pinus e vermiculita utilizadas nos substratos.

Cinzas provenientes de carbonização de madeira, de modo geral, possuem importante participação de elementos como Ca, K, P e Mg, no entanto para a casca de arroz carbonizada, que apresenta porcentagem de cinzas em sua composição, não ocorreu a mesma tendência (Tabela 1). Portanto, o material proveniente da cinza tem grande influência na composição química desta, já a propriedade alcalina pode ser considerada para cinzas em geral (GREZ; GERDING, 1997).

Devido à composição dos substratos ser basicamente de elementos ricos em matéria orgânica, os resultados da relação C/N foram bastante altos em todos os tratamentos. Isto provavelmente foi equilibrado com as adubações de cobertura nitrogenadas que ocorreram no processo de produção de mudas, pois estas não apresentaram sintomas de deficiência de nitrogênio. Durante a produção de mudas de eucalipto, LOPES (2004) também não teve problemas com altas relações C/N encontradas nos substratos. Atribuiu tal falta à adubação e à estabilidade da fibra de coco, nos substratos em que esta estava presente.

Para a interpretação de análise de solos há valores médios que servem como referência para uma pré-avaliação. Tais valores quando comparados com a classificação para substratos (GONÇALVES; POGGIANI, 1996) são bem menores (Quadro 4).

Assim fica claro que os valores médios para interpretação de resultados de análise de solos são bem diferentes em relação aos substratos, estes são bem mais altos do que aqueles. Portanto, novas metodologias de análise de substratos devem ser estudadas e aplicadas, uma vez que os extratores utilizados nas análises são ajustados

para solos, podendo assim fornecer resultados pouco precisos sobre a disponibilidade real dos nutrientes presentes nos substratos (BARROSO, et al., 1998).

QUADRO 4 – VALORES DE REFERÊNCIA CONSIDERADOS BAIXOS, PARA SOLOS E SUBSTRATOS

Nutrientes	Valores de referência para “nível baixo” de nutrientes	
	Solos ¹	Substratos ²
Fósforo (mg.dm ⁻³)	< 3 ³	< 200 ⁴
Potássio trocável (cmol _c .dm ⁻³)	< 0,10	< 1,5
Cálcio trocável (cmol _c .dm ⁻³)	< 2	< 10
Magnésio (cmol _c .dm ⁻³)	< 0,4	< 5

(1) de acordo com OLEYNIK et al., (2004)

(2) de acordo com GONÇALVES e POGGIANI (1996)

(3) metodologia P Mehlich 1

(4) metodologia P resina

As análises que foram comparadas com os valores de referência estipulados por GONÇALVES e POGGIANI (1996), apresentaram a mesma metodologia utilizada por esses autores.

TABELA 1 – ANÁLISE QUÍMICA DOS SUBSTRATOS COM CLASSIFICAÇÃO EM NÍVEIS BAIXO (B), MÉDIO (M), ALTO (A) E ADEQUADO (AD) DE ACORDO COM GONÇALVES E POGGIANI (1996)

Tratamentos	PH		K ⁺ (1)	Ca ²⁺ (2)	Mg ²⁺ (2)	Al ³⁺ (2)	H ⁺ +Al ³⁺	CTC ⁽³⁾	P ⁽¹⁾	V ⁽⁴⁾	C ⁽⁵⁾	N ⁽⁶⁾	C/N
	CaCl ₂	SMP	cmol _c /dm ³					mg/dm ³	%	g/kg	g/kg		
T1	4,10 B	5,30	1,45 B	5,40 B	3,12 B	1,10	8,40	18,37	556	54,27	672,02	12,62	53,25 A
T2	3,90 B	5,40	1,31 B	5,45 B	3,12 B	1,10	7,80	17,68	499	55,88	704,86	12,12	58,16 A
T3	4,10 B	5,70	1,52 M	4,90 B	2,88 B	0,90	6,20	15,50	282	60,00	706,22	12,41	56,91 A
T4	4,20 B	5,60	1,59 M	5,40 B	2,96 B	0,90	6,70	16,65	388	59,76	708,96	12,69	55,87 A
T5	4,60 B	5,90	1,47 B	6,60 B	4,00 B	0,70	5,40	17,47	610	69,09	626,88	10,97	57,14 A
T6	4,70 B	6,00	1,76 M	6,30 B	4,52 B	0,50	5,00	17,58	575	71,56	646,03	14,90	43,36 A
T7	4,70 B	5,90	1,84 M	6,50 B	4,44 B	0,50	5,40	18,18	591	70,30	667,92	10,97	60,89 A
T8	4,80 B	6,10	1,60 M	6,00 B	4,03 B	0,40	4,60	16,23	425	71,66	661,08	11,04	59,88 A
T9	4,90 B	6,10	1,89 M	7,80 B	4,00 B	0,40	4,60	18,29	692	74,85	628,25	10,18	61,71 A
T10	5,50 AD	7,40	0,60 B	1,50 B	0,90 B	0,00	1,80	4,80	191	62,50	533,86	3,23	165,28 A
T11	5,70 AD	7,30	1,71 M	5,40 B	2,70 B	0,00	1,90	11,71	591	83,77	572,16	6,17	92,73 A
T12	6,00 AD	7,20	1,50 M	5,20 B	3,97 B	0,00	2,00	12,65	692	84,19	544,80	6,10	89,31 A

NOTAS: T1- 100% CPV; T2- 70% CPV + 30% CAC; T3- 70% CPV + 30% FCG; T4- 70% CPV + 30% FCM; T5- 70% CPV + 20% CAC + 10 % VC; T6- 70% CPV + 20% FCG + 10% VC; T7- 70%CPV + 20% FCM + 10% VC; T8- 50% CPV + 20% CAC + 20% FCG + 10 %VC; T9- 50% CPV + 20%CAC + 20%FCM + 10% VC; T10- 100% CAC; T11- 70% CAC + 20% FCG + 10% VC e T12- 70% CAC + 20% FCM + 10% VC.

(1) Extração por solução Mehlich 1

(2) Extração por solução de KCl 1 mol/L

(3) CTC pH 7, calculada pela fórmula: Ca + Mg + K + Al + H

(4) Saturação de bases, calculada pela fórmula: {(Ca + Mg + K)/CTC pH 7} x 100

(5) Método de Walkley-black

(6) Método de Kjeldahl

4.1.2 Física

As análises físicas que apresentam classificação foram comparadas com valores estipulados por GONÇALVES e POGGIANI (1996) (Quadro 1), conforme foi feito para os resultados das análises químicas.

4.1.2.1 Densidades

4.1.2.1.1 Densidade real ou de partículas

Os valores mínimo e máximo da densidade real foram 0,92 e 1,79 g/cm³, respectivamente para T3 e T12. As maiores densidades de partículas estão associadas à presença de vermicomposto, no entanto a presença de maior quantidade de CAC é que gerou densidades mais elevadas, que ocorreram em T10, T11 e T12 (Tabela 2), o que provavelmente esteja associado a grande quantidade de cinzas presente na CAC (Tabela 4). As cinzas da casca de arroz são compostas basicamente por sílica (SOUZA, 1993), o que proporciona aumento do peso do substrato, conseqüentemente da densidade de partículas. Além do mais, a granulometria fina da cinza pode provocar efeito cimentante, fechando os poros (KAMPF, 2000a), o que causa maior compactação, promovendo maior densidade por volume. Materiais de granulometria mais fina, costumam compactar mais facilmente (ANTONIOLLI, 2002).

Esses substratos apresentaram densidade real equivalente ao que MORAES NETO, GONÇALVES e TAKAKI (2001) encontraram em substratos à base de esterco de gado curtido e húmus e na mistura de 60% de esterco de gado curtido e 40% de CAC, feita por MORAES NETO e GONÇALVES (2001), que apresentaram 1,70 g/cm³.

Para CAC (T10) a densidade de partícula foi de 1,70 g/cm³, o que está de acordo com o que STRIGHETA et al. (1997) e STUMPF, GROLLI e SILVA (1999)

obtiveram em análises deste material (1,76 e 1,69 g/cm³ respectivamente).

4.1.2.1.2 Densidade aparente ou global

As densidades estão em níveis baixo e médio, correspondendo a valores que variam de 0,21 (T3 e T10) a 0,38 g/cm³ (T5).

Percebe-se nitidamente que os tratamentos que apresentaram 10% de VC em sua composição, tiveram aumento em suas densidades, o que ocorreu em T5, T6, T7, T8, T9, T11 e T12. Os menores valores de densidade podem estar associados à maior quantidade de material orgânico do que mineral (PREVEDELLO, 1996) que são justamente os tratamentos que não apresentaram VC, com exceção de T10 na densidade real (Tabela 2).

Para solos, a densidade aparente ou massa específica do solo seco varia de 1 a 1,4 g/cm³, dependendo da textura, sendo que a densidade de partículas apresenta média de 2,6 g/cm³. Quanto maior a quantidade de matéria orgânica menor a densidade (PREVEDELLO, 1996).

Valores de densidade aparente encontrados por FABRI, SALA e MINAMI (2004) para substratos à base de casca de pinus e vermiculita foram equivalentes ao encontrado em T1, mesmo com o uso de diferentes metodologias.

A densidade aparente encontrada em T3, T4 e T10 foi equivalente ao encontrado por MORAES NETO, GONÇALVES e TAKAKI (2001) para mistura realizada com 50% de CAC, 30% de VC, 10% de terra de subsolo e 10% de esterco de gado curtido. Já os tratamentos que tiveram a adição de vermicomposto, apresentaram densidade aparente semelhante ao obtido por MORAES NETO e GONÇALVES (2001), em substrato composto por 60% de esterco de gado curtido e 40% de CAC, sendo de 0,39 g/cm³. Tais comparações indicam que diferentes misturas podem propiciar características semelhantes aos substratos. Neste caso a escolha para a utilização de um ou outro substrato depende do custo, disponibilidade e demais características físico-químicas.

A densidade aparente encontrada por STRIGHETA et al. (1997) para CAC foi bem superior ao obtido neste trabalho. Tal fato pode estar relacionado ao tamanho das partículas dos materiais analisados, pois a porosidade total encontrada por estes mesmos autores foi bem inferior (64%) ao obtido na análise de T10 (CAC), que foi de 87,6%. Quanto maior a porosidade total, menor a densidade aparente. A procedência e o manejo da CAC pode afetar as propriedades físicas deste material.

TABELA 2 – RESULTADOS DAS ANÁLISES DE DENSIDADES

Tratamentos	Densidade (g/cm ³)	
	Real ou de Partículas	Aparente ou Global
1	0,94	0,29 M
2	1,01	0,27 M
3	0,92	0,21 B
4	0,93	0,22 B
5	1,39	0,38 M
6	1,44	0,32 M
7	1,17	0,35 M
8	1,40	0,32 M
9	1,41	0,37 M
10	1,70	0,21 B
11	1,78	0,36 M
12	1,79	0,37 M

4.1.2.2 Granulometria

De acordo com a Tabela 3, pode-se observar que os tratamentos que tiveram FCM em sua composição (T4, T7, T9 e T12), apresentaram grande porcentagem de partículas maiores que 6,35 mm, em relação aos demais tratamentos. Isto pode garantir ao material um elevado espaço de aeração (SCHMITZ; SOUZA; KÄMPF, 2002). o que pode ser confirmado na Tabela 5, pela maior ocorrência de macroporos nestes tratamentos, com exceção de T12. Este, por apresentar maior quantidade de CAC, não seguiu a mesma tendência dos demais.

Houve grande concentração de partículas entre 2 e 0,71 mm em todos os tratamentos, podendo ser constatado que os substratos que tiveram a adição de CAC (T2, T5 e T8 a T12) apresentaram grande quantidade de partículas inferiores a 0,5 mm,

indicando a alta concentração de cinzas nestes substratos.

A grande quantidade de cinzas pode justificar a alta relação C/N encontrada em T10 (Tabela 1). GREZ e GERDING (1997) comentam sobre o cuidado que se deve ter com esta variável quando forem reaproveitadas cinzas de caldeira para a produção de plantas.

TABELA 3 – GRANULOMETRIA EXPRESSA EM VOLUME

Tratamentos	Tamanho de Partícula (mm)						Total
	>6,35	6,35 - 4	4 - 2	2 - 0,71	0,71 - 0,5	< 0,5	
	Volume %						
1	2,36	11,11	46,46	25,25	4,71	10,10	100,00
2	3,83	12,68	34,51	20,65	11,21	17,11	100,00
3	2,41	12,03	41,92	30,93	6,87	5,84	100,00
4	23,36	9,35	28,04	26,48	4,98	7,79	100,00
5	4,46	13,75	33,46	28,62	5,95	13,75	100,00
6	6,76	20,27	46,28	20,61	3,04	3,04	100,00
7	15,52	13,79	36,21	27,59	3,79	3,10	100,00
8	2,26	10,00	34,84	32,26	7,10	13,55	100,00
9	9,46	10,09	24,61	31,86	7,26	16,72	100,00
10	0,00	0,71	18,15	37,37	11,39	32,38	100,00
11	0,30	1,52	19,82	34,45	8,84	35,06	100,00
12	17,24	5,17	13,79	25,86	8,62	29,31	100,00

4.1.2.3 Capacidade máxima de retenção de água

Para a capacidade máxima de retenção de água, pode-se constatar que os substratos com CAC e VC em sua composição (T5, T8, T10, T11 e T12), apresentaram maior capacidade de retenção de água, com níveis médios e adequados. Os demais tratamentos indicaram baixa capacidade de retenção de água (Tabela 4). Tal fato ocorreu devido a grande quantidade de cinzas encontrada nos substratos com CAC (Tabela 3), o que justifica o aumento da capacidade de retenção de água nestes substratos (Tabela 4). Esta alta predominância de partículas pequenas, confere grande capacidade de retenção de água, podendo o espaço de aeração ficar reduzido (SCHMITZ; SOUZA; KÄMPF, 2002).

Após as análises de granulometria e de capacidade de retenção de água foi

detectado que o material inicialmente utilizado como CAC, poderia ser classificado como CAQ (casca de arroz queimada), devido a grande quantidade de cinzas presente no material (Tabela 3). Tal fato alterou as características físicas do substrato, uma vez que a CAC aumenta a drenagem e a CAQ propicia aumento da retenção de água, gerando características completamente diferentes. Isto pode ocasionar grandes problemas no processo de produção de mudas, portanto é importante ficar atento à quantidade de cinzas presente na casca de arroz que será utilizada.

Em misturas com materiais mais porosos, a granulometria fina da cinza da CAQ pode provocar efeito cimentante, fechando os poros, no entanto essa propriedade é positiva em materiais como a turfa fibrosa, pois aumenta a capacidade de retenção de água (KÄMPF, 2000a), tal como ocorreu nos tratamentos em que foi adicionada a casca de arroz.

Segundo CARNEIRO (1995), a presença de um ou mais componentes numa mistura de substratos, com partículas de diâmetro menor ou igual ao diâmetro médio dos macroporos da mistura, leva ao bloqueio de grande parte da macroporosidade; situação comum em misturas com predominância de componentes orgânicos, mas que recebam grande quantidades de terra de subsolo, rica em areia fina ou muito fina, silte ou argila. O que pode ser comparado ao que ocorreu com a casca de arroz carbonizada, rica em cinzas e que ocasionou aumento na capacidade de retenção de água.

A combinação de substrato à base de casca de pinus e vermiculita com fibra de coco mista (T4 e T7) não agregou maior capacidade de retenção de água em comparação com a testemunha (T1), portanto não é uma mistura adequada para este fim (Tabela 4).

Já os tratamentos T2 e T3 indicaram o quanto a fibra de coco granulada agregou maior valor de capacidade de retenção de água. Portanto, para um maior aumento desta característica, proporções de fibra de coco granulada, casca de arroz carbonizada (rica em cinzas) e vermicomposto, podem ser maiores em relação ao substrato à base de casca de pinus e vermiculita (T1), o qual apresentou a menor capacidade de retenção de água, o que provavelmente ocorreu devido a casca de pinus presente na composição.

Devido às diferentes características de capacidade de retenção de água, observadas pela Tabela 4, que já eram esperadas para diferentes composições de substratos, é interessante que estudos sobre irrigação (lâminas d' água) sejam realizados, pois assim poderá ser reduzida a quantidade de água aplicada, face à alta capacidade de retenção de água de determinados substratos, como é o caso de fibras de coco. Neste contexto, LOPES (2004) realizou estudo com *Eucalyptus grandis* W. (Hill ex Maiden) e obteve influencia dos substratos e das lâminas de irrigação aplicadas, para todas as características morfológicas avaliadas.

TABELA 4 – CAPACIDADE MÁXIMA DE RETENÇÃO DE ÁGUA NOS DIFERENTES TRATAMENTOS

Tratamentos	Capacidade Máxima de Retenção de Água	
	mL/50 cm ³	%
1	7,43	14,85
2	13,23	26,46
3	10,16	20,32
4	8,99	17,98
5	25,19	50,38
6	14,95	29,91
7	10,7	21,4
8	18,95	37,9
9	13,75	27,49
10	19,62	39,24
11	24,51	49,02
12	20,83	41,67

4.1.2.4 Porosidades

4.1.2.4.1 Porosidade total

Os níveis adequados de porosidade total foram encontrados em 50% dos tratamentos (T3, T4, T6, T8, T11 e T12), conforme Tabela 5. Porém pode-se observar que os valores estão bastante próximos, sendo que apenas T10 ficou um pouco discrepante dos demais. Este apresentou maior porcentagem de poros (87,6%), o que provavelmente está associado à combinação de diferentes tamanhos de partículas do

material, que em sua maioria ficaram entre 2 e 0,71mm e menores que 0,5 mm de diâmetro. O fato de grande porcentagem deste substrato apresentar partículas pequenas, ocasionou a formação de grande quantidade de poros, indicando que este material, constituído basicamente de cinzas não provocou o fechamento dos poros e sim, contribuiu para um aumento da porosidade total. Em estudo realizado por STRINGUETA et al. (1997), também ocorreu redução da porosidade total, conforme foi diminuída a quantidade de CAC no substrato.

Apesar de MORAES NETO, GONÇALVES e TAKAKI (2001) usarem diferentes misturas para a composição de substratos quando comparado ao que foi utilizado no presente trabalho, as porosidades totais encontradas por eles tiveram amplitude de 70,4 a 86%, sendo que a maior porosidade total foi obtida em substrato constituído com maior porcentagem de CAC, conforme ocorreu em T10, T11 e T12. STUMPF, GROLLI e SILVA (1999) também encontrou alta porosidade total em CAC, obtendo 81%, resultado um pouco inferior ao encontrado em T10 (CAC) que foi de 87,6%.

LOPES (2004) encontrou 69,1% e 75,52% para porosidade total, respectivamente em substratos equivalentes a T1 e T3. Tais valores encontram-se próximos aos resultados que constam na Tabela 5. No entanto a proporção de macro e microporos para o estudo desta mesma autora não foram equivalentes a este estudo.

Baseando-se pela densidade aparente, a qual está relacionada com os poros presentes no substrato, esperava-se que maiores valores desta resultassem em menores porcentagens de porosidade total. Para CAC ocorreu esta tendência, no entanto para os demais substratos não houve tal correlação, indicando que o uso de mais repetições e de outras metodologias é necessário.

4.1.2.4.2 Macroporosidade e microporosidade

Foram utilizadas duas metodologias para a obtenção da macroporosidade, GONÇALVES e POGGIANI (1996) e EMBRAPA (1989).

De acordo com metodologia de GONÇALVES e POGGIANI (1996), os resultados de macro e microporosidade foram bem menos proporcionais quando comparados com metodologia adotada por EMBRAPA (1989). No entanto a relação entre a maior presença de microporos e a maior capacidade de retenção de água foi encontrada na metodologia de GONÇALVES e POGGIANI (1996), em que todos os tratamentos, com exceção de T8 e T10, que apresentaram maior quantidade de microporos, também apresentaram na mesma seqüência maior capacidade de retenção de água (Tabela 5).

SCHMITZ, SOUZA e KÄMPF (2002) também encontraram maior valor de porosidade total entre os substratos analisados, em CAC, sendo de 82%, resultado equivalente ao obtido neste experimento (Tabela 5).

A macroporosidade obtida em T1 para a metodologia de GONÇALVES e POGGIANI (1996) (Tabela 5) foi equivalente ao encontrado por FABRI, SALA e MINAMI (2004) para substratos à base de casca de pinus e vermiculita, mesmo com o uso de metodologia diferente do que foi usado no presente estudo.

O equilíbrio entre a presença de macro e microporos, visando um adequado suprimento de água e ar para as plantas, constitui num dos mais importantes fatores do solo que determinam a sua adequação ao meio de desenvolvimento radicial, sendo que a capacidade do solo em suprir as raízes das plantas de água, ar, calor e nutrientes, determina a sua fertilidade (PREVEDELLO, 1996). Neste sentido pode-se observar pela Tabela 5, que apenas T8, T10 e T12 apresentaram relação macro/micro mais próximos da unidade. Os demais tratamentos, com exceção de T5 e T11, apresentaram maior quantidade de macroporos do que de microporos, isto seguindo a metodologia de GONÇALVES e POGGIANI (1996). Assim, o estudo de novas misturas, visando uma maior proporção entre os poros, podem ser experimentadas.

As duas metodologias indicaram pelos resultados que não são comparáveis, uma vez que não foi encontrada correlação entre os valores nos diferentes tratamentos. Pode-se observar que a metodologia proposta pela EMBRAPA (1989), para solos, não

foi bem aplicada para substratos e que a metodologia de GONÇALVES e POGGIANI (1996) é mais indicada para este fim, mesmo porque esta foi desenvolvida para substratos.

TABELA 5 – RESULTADOS DAS ANÁLISES DE POROSIDADES

Tratamentos	Microporosidade (%)		Macroporosidade (%)		Macro/Micro		Porosidade total %
	1	2	1	2	1	2	
1	14,9 B	37,0	54,2 A	32,1	3,65	0,87	69,1 M
2	26,5 M	38,0	46,8 A	35,3	1,77	0,93	73,3 M
3	20,3 B	37,0	56,9 A	40,2	2,80	1,09	77,2 AD
4	18,0 B	33,4	58,3 A	42,9	3,24	1,28	76,3 AD
5	50,4 AD	41,7	22,3 M	31,0	0,44	0,74	72,7 M
6	29,9 M	34,7	47,9 A	43,1	1,60	1,24	77,8 AD
7	21,4 B	36,6	48,7 A	33,5	2,28	0,92	70,1 M
8	37,9 M	34,4	39,2 AD	42,7	1,03	1,24	77,1 AD
9	27,5 M	34,3	46,3 A	39,5	1,68	1,15	73,8 M
10	39,2 M	22,6	48,4 A	65,0	1,23	2,88	87,6 A
11	49,0 AD	35,1	30,8 M	44,7	0,63	1,27	79,8 AD
12	41,7 M	31,4	37,6 AD	47,9	0,90	1,53	79,3 AD

NOTAS: 1 – Metodologia de acordo com GONÇALVES e POGGIANI (1996)

2 – Metodologia de acordo com EMBRAPA (1989)

4.2 AROEIRA

4.2.1 Emergência de plântulas

As sementes de aroeira apresentavam 16,12% de umidade ao serem semeadas. Estas iniciaram a emergência de plântulas 10 dias após a semeadura. Na Tabela 6 são apresentadas as porcentagens de emergência de plântulas de aroeira em todos os substratos, até 30 dias após a semeadura. Em geral, aos 27 dias ocorreu o maior número de emergência de plântulas.

A porcentagem de emergência média encontrada por BONNET (2001) para sementes de aroeira em viveiro, através de semeadura direta, foi de 88,89%, valor superior aos resultados que constam na Tabela 6, indicando provável influência do armazenamento e procedência das sementes.

TABELA 6 – PORCENTAGEM DE EMERGÊNCIA DE PLÂNTULAS DE AROEIRA 30 DIAS APÓS A SEMEADURA

Tratamentos	% emergência
1	61,43
2	78,57
3	67,14
4	58,57
5	74,29
6	62,86
7	64,29
8	75,71
9	62,86
10	70,00
11	67,14
12	72,86

4.2.2 Altura

Pela Tabela 7 percebe-se que não houve diferença estatística para a variável altura em todos os períodos avaliados. No entanto, entre os períodos pode ser verificado um grande incremento em altura nas medições quinzenais (Tabela 7). Tal ocorrência mostra a resposta das mudas de aroeira à mudança para um ambiente com maior radiação, pois neste período as mudas encontravam-se à pleno sol, indicando a necessidade da espécie a locais mais iluminados, para uma maior resposta ao crescimento em altura. Devido ao caráter pioneiro (BAGGIO, 1988; SANCHOTENE, 1989; BARDDAL, 2002) esta espécie provavelmente tenha maior sensibilidade à luz do que ao substrato.

O crescimento e a diferenciação das células da planta estão submetidos ao controle da luz em maior grau do que outros fatores, como por exemplo água, nutrientes e calor, que podem favorecer ou limitar ambos os processos, mas em poucos casos influenciam a forma e direção do crescimento (RIZZINI, 1997).

Aos 75 dias as mudas de aroeira apresentavam um equilíbrio entre o comprimento da parte aérea e radicial, pois algumas raízes já podiam ser observadas no orifício inferior do tubete. Porém, provavelmente a quantidade de raízes finas fosse menor neste período do que na época que as mudas foram avaliadas (105 dias). Dos 90

para os 105 dias percebe-se uma estabilização no crescimento em altura das mudas (Tabela 7), tanto pelo espaço limitado do tubete, quanto pela redução na temperatura e adubação.

O rápido crescimento em altura das mudas de aroeira também está associado à época em que estas foram produzidas (janeiro), período de temperaturas elevadas, fator que contribui para maior crescimento.

Estudo realizado por BARROSO et al. (1998), constatou que a altura de mudas de aroeira acompanhou de forma crescente o aumento de doses de N, indicando a resposta das mudas a tal nutriente e a sensibilidade destas à adubação nitrogenada. Portanto, para um controle da altura da parte aérea das mudas, a adubação nitrogenada pode ser reduzida.

Os maiores valores de altura foram encontrados em T6, T2 e T5 (Tabela 7), já os menores resultados foram atribuídos a T9, T10 e T12, tratamentos associados a maior quantidade de CAC, sendo que as alturas ficaram entre 22,70 e 27,70 cm, respectivamente em T9 e T6. No entanto, não foi constatada diferença estatística entre os tratamentos para esta variável, o que pode estar relacionado ao número de repetições, à sensibilidade do teste estatístico e menor resposta da espécie à variação do substrato para a variável altura.

Para a produção de mudas de *Cedrella fissilis* Vell., os substratos influenciaram o crescimento em altura das mudas, mas tal diferença foi mais evidente em tubetes com maior volume (AZEVEDO, 2003).

Em período de avaliação equivalente aos 90 dias após a emergência, BONNET (2001) encontrou alturas variando de 5,4 a 12,2 cm para mudas de aroeira produzidas em tubetes de 75 cm³. Estes dados são bem inferiores em mesmo tempo de produção de mudas do que em embalagens de 100 cm³, que foram utilizadas neste trabalho (Tabela 7). A mesma autora obteve alturas equivalentes aos 90 dias após a semeadura (100 dias após a instalação) para avaliação feita aos 187 dias após a instalação do experimento.

É claro que tais diferenças estão agregadas a diferentes volumes de embalagens, substratos e manejo de viveiro, no entanto tal comparação é válida para se levar em conta o tempo de produção de mudas, uma vez que a espécie estudada foi a mesma.

TABELA 7 – ALTURA MÉDIA DE MUDAS DE AROEIRA, EM DIFERENTES PERÍODOS DE AVALIAÇÃO

Tratamentos	Altura (cm)					
	30 dias	45 dias	60 dias	75 dias	90 dias	105 dias
1	2,6 a	4,9 a	9,0 a	16,3 a	25,0 a	26,7 a
2	3,5 a	6,4 a	11,0 a	17,8 a	25,9 a	27,4 a
3	3,6 a	6,6 a	10,6 a	16,8 a	24,9 a	26,5 a
4	2,9 a	5,5 a	9,4 a	15,7 a	23,6 a	24,7 a
5	3,5 a	6,5 a	11,0 a	17,8 a	25,4 a	27,2 a
6	3,2 a	6,1 a	10,6 a	17,1 a	25,9 a	27,7 a
7	3,0 a	5,5 a	9,7 a	16,6 a	25,4 a	27,3 a
8	3,4 a	6,2 a	10,1 a	16,6 a	24,0 a	25,7 a
9	2,6 a	5,1 a	9,0 a	15,0 a	21,4 a	22,7 a
10	2,5 a	4,9 a	8,9 a	14,6 a	21,5 a	22,8 a
11	2,6 a	5,2 a	9,3 a	16,4 a	25,0 a	26,7 a
12	3,0 a	5,6 a	9,1 a	14,9 a	22,5 a	24,1 a
CV (%)	20,28	18,71	18,08	17,07	18,82	19,10

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

4.2.3 Diâmetro de colo

Para o diâmetro de colo foi encontrada diferença estatística entre os tratamentos em todos os períodos (Tabela 8). Aos 60 dias, apenas T5 e T1 diferiram entre si, apresentando médias de 2,87 e 2,27 mm, respectivamente (Tabela 8). Já aos 90 e 105 dias de avaliação, os tratamentos foram apresentando maiores diferenças entre si.

Assim como ocorreu com a altura, as mudas de aroeira produzidas por BONNET (2001) também apresentaram diâmetro de colo bem inferiores aos obtidos no presente trabalho (Tabela 8), com valor mínimo de 1,16 mm e máximo de 1,82 mm, aos 106 dias após a instalação do experimento.

As mudas devem apresentar um diâmetro de colo mínimo, de acordo com a

espécie e que seja compatível com a altura, para que seu desempenho seja satisfatório no campo (CARNEIRO, 1995). GONÇALVES et al. (2000) consideram ideal para mudas de espécies florestais nativas, produzidas em sacos plásticos, altura variando entre 20 a 35 cm e diâmetro de colo entre 5 e 10 mm. No entanto, em função do grande número de espécies, de suas diferentes características e das condições de produção, fica difícil estabelecer um padrão.

Trabalhando com aroeira, JOSÉ (2003) adotou como padrão, mudas com no mínimo 25 cm de altura e 3 mm de diâmetro, valores que conforme Tabelas 7 e 8 foram alcançados neste experimento. Este mesmo autor considera o diâmetro como sendo a melhor característica a ser avaliada para a determinação da qualidade de mudas.

De acordo com GOMES e PAIVA (2004) muitos pesquisadores têm considerado o diâmetro de colo como uma das mais importantes variáveis para estimar a sobrevivência, logo após o plantio, de mudas de diferentes espécies florestais. Além do mais, existe uma relação entre biomassa de raízes e diâmetro de colo (SOUZA, 1981).

TABELA 8 – DIÂMETRO DE COLO MÉDIO DE MUDAS DE AROEIRA EM DIFERENTES PERÍODOS DE AVALIAÇÃO

Tratamentos	Diâmetro de colo (mm)		
	60 dias	90 dias	105 dias
1	2,27 b	3,88 bcd	4,22 cd
2	2,77 ab	4,52 ab	4,86 abc
3	2,70 ab	4,34 abcd	4,70 abcd
4	2,43 ab	3,84 bcd	4,23 cd
5	2,87 a	4,75 a	5,11 a
6	2,60 ab	4,47 abc	4,86 abc
7	2,49 ab	4,02 bcd	4,36 bcd
8	2,67 ab	4,52 ab	4,89 ab
9	2,34 ab	4,04 bcd	4,39 bcd
10	2,30 ab	3,83 cd	4,16 d
11	2,43 ab	4,05 bcd	4,42 bcd
12	2,42 ab	3,74 d	4,09 d
CV (%)	13,65	14,33	13,90

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

4.2.4 Área foliar

A determinação da área foliar é importante porque as folhas são as principais responsáveis pela captação de energia solar e pela produção de matéria orgânica através da fotossíntese (MAGALHÃES, 1985).

Os maiores valores absolutos de área foliar foram encontrados em T2 e T5 (Tabela 9). Para os substratos de T1 a T7, além de T11, não houve diferença estatística ao nível de 95% de probabilidade. Já os menores resultados foram representados por T9, T10 e T11 (Tabela 9).

4.2.5 Biomassa seca

Assim como na avaliação da área foliar, para biomassa seca foi detectada maior influência do substrato na produção de mudas de aroeira, do que o encontrado nas variáveis altura e diâmetro.

Os resultados de biomassa seca indicaram a formação de dois grupos distintos, sendo formados por T2 a T8 e por T9 a T12, além de T1. Estes não apresentaram diferenças estatísticas entre os tratamentos dentro do mesmo grupo, tanto para biomassa da parte aérea, da raiz e total (Tabela 9).

As maiores médias de biomassa seca foram representadas pelos substratos T2, T3, T5 e T6 e as menores médias representadas por T9, T10, T11 e T12, como pode ser observado na Tabela 9.

Apesar das elevadas alturas obtidas para aroeira em todos os tratamentos (Tabela 7), as mudas apresentaram altos valores de diâmetro de colo (Tabela 8) e biomassa seca (Tabela 9), fatores que acarretam maior resistências às condições adversas encontradas na área de plantio (GOMES, 2001). Isto também indica que as mudas não se encontravam estioladas.

TABELA 9 – ÁREA FOLIAR MÉDIA E BIOMASSA SECA MÉDIA DE MUDAS DE AROEIRA, NOS TRATAMENTOS TESTADOS

Tratamentos	Área Foliar (cm ²)	Biomassa Seca (g)		
		Parte aérea	Raiz	Total
1	186,534 abc	1,903 bcdef	0,550 c	2,454 cd
2	217,876 a	2,667 a	0,809 abc	3,476 ab
3	204,512 ab	2,585 a	0,812 abc	3,397 ab
4	193,007 ab	2,149 abc	0,631 abc	2,780 abcd
5	211,090 ab	2,664 a	0,916 a	3,580 a
6	198,179 ab	2,533 ab	0,874 ab	3,406 ab
7	182,914 abc	2,065 abcde	0,650 abc	2,715 bcd
8	170,239 bcd	2,172 abcd	0,704 abc	2,876 abc
9	130,107 d	1,564 ef	0,587 bc	2,152 d
10	141,527 cd	1,453 f	0,547 c	1,999 cd
11	171,396 abcd	1,853 cdef	0,567 c	2,420 cd
12	145,420 cd	1,603 def	0,553 c	2,156 cd
CV (%)	24,01	28,88	36,26	28,86

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

4.2.6 Índices morfológicos

Para a relação H/D não foi detectada diferença estatística entre os tratamentos aos 60 dias, ao contrário do que ocorreu aos 90 e 105 dias, indicando a importância da época de avaliação para esta variável (Tabela 10).

Aos 90 dias os substratos correspondentes a T7 e T1 apresentaram maior relação H/D e não diferiram estatisticamente entre si, o que também ocorreu com T5 e T9, porém estes apresentaram menores índices da relação H/D, ocorrendo portanto, maior proporcionalidade entre altura e diâmetro nas mudas produzidas nestes substratos. A mesma tendência ocorreu aos 105 dias (Tabela 10).

De 90 para 105 dias os resultados de H/D foram, em geral, menores, indicando que neste intervalo houve incremento em diâmetro, não ocorrendo o mesmo em altura. BONNET (2001) e JOSÉ (2003) observaram a mesma tendência em mudas de *Schinus terebinthifolius*. No entanto para este autor a relação H/D foi mais desproporcional, sendo de 7,3 e 7,6, respectivamente para tubetes de 50 e 150 cm³.

O valor resultante da divisão da altura de uma muda pelo seu respectivo diâmetro de colo é considerado um índice de extrema importância, pois fornece

indicações de quanto delgada está a muda e quanto menor o seu valor maior a chance de sobrevivência e estabelecimento no local de plantio (GOMES; PAIVA, 2004). GOMES (2001) obteve um menor crescimento de *Eucalyptus grandis* no campo, com mudas de maior altura, principalmente quando associadas a um menor diâmetro, isto é, com maior relação H/D. As árvores precisam manter uma certa taxa entre altura e diâmetro do caule para garantir suficiente estabilidade (POORTER, 1998), o mesmo deve ocorrer com mudas.

Para a relação BSA/BSR não ocorreu diferença estatística entre os tratamentos. Os resultados variaram de 2,76 e 3,57, respectivamente para T10 e T1. Em geral, todos os tratamentos apresentaram valores superiores a dois, que é o recomendado (GOMES; PAIVA, 2004) (Tabela 10).

JOSÉ (2003) encontrou uma relação BSA/BSR próxima ao que foi obtido em T10, para os dois volumes de tubetes usados por ele, correspondendo a 2,74 para 50 cm³ e 2,78 para 150 cm³, indicando haver maior proporcionalidade neste índice para as mudas de aroeira produzidas por este autor.

Com relação ao IQD, os substratos que até então apresentaram melhores resultados para as variáveis e índices estudados, mantiveram maiores valores para este índice, correspondendo, respectivamente a T5, T6, T2 e T3, enfatizando portanto o melhor desempenho das mudas quando produzidas nestes substratos. Da mesma forma, T10 se manteve como substrato que proporcionou menor desenvolvimento das mudas de aroeira, juntamente com T9, T11 e T12 (Tabela 10).

A maioria dos trabalhos recomendam um valor mínimo de 0,20 para o IQD (JOSÉ, 2003; GOMES; PAIVA, 2004), neste sentido todos os tratamentos testados superaram tal valor.

Os valores dos IQD que constam na Tabela 10, foram, de maneira geral, próximos ao que foi obtido por JOSÉ (2003), que encontrou 0,34 para mudas de aroeira produzidas em tubetes de 50 cm³.

TABELA 10 – ÍNDICES MORFOLÓGICOS DE QUALIDADE DE MUDAS PARA AROEIRA NOS TRATAMENTOS TESTADOS

Tratamentos	H/D			BSA/BSR	IQD
	60 dias	90 dias	105 dias	105 dias	105 dias
1	3,77 a	6,39 a	6,40 a	3,57 a	0,26 cd
2	3,93 a	5,66 bc	5,55 abc	3,36 a	0,40 abc
3	3,76 a	5,71 abc	5,60 abc	3,33 a	0,39 abc
4	4,10 a	6,34 ab	5,81 abc	3,47 a	0,30 bcd
5	3,72 a	5,16 c	5,12 c	3,12 a	0,45 a
6	3,98 a	5,68 abc	5,62 abc	2,98 a	0,40 ab
7	3,93 a	6,40 a	6,34 ab	3,51 a	0,29 bcd
8	3,80 a	5,44 abc	5,35 bc	3,25 a	0,35 abcd
9	3,77 a	5,33 bc	5,13 c	2,80 a	0,28 bcd
10	3,74 a	5,70 abc	5,61 abc	2,76 a	0,25 d
11	3,83 a	6,21 ab	6,08 abc	3,40 a	0,26 bcd
12	3,51 a	5,90 abc	5,84 abc	3,24 a	0,26 bcd
CV (%)	13,18	13,04	13,16	22,59	31,16

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

4.2.7 Morfologia das raízes

Os maiores valores para o comprimento total das raízes ocorreram em T3, T6 e T2, nesta ordem, sendo que estes apenas diferiram estatisticamente de T12 e T11, substratos que apresentaram os menores valores (Tabela 11).

Para a superfície ocorreu diferença estatística entre T2, tratamento com maior média, e T12, T11 e T9. Para o volume ocorreu a mesma situação, porém houve diferença estatística entre T1 também (Tabela 11).

Pode-se observar que tanto para a superfície quanto para o volume, os tratamentos que vinham apresentando maiores médias mantiveram-nas nestas variáveis de morfologia de raízes, sendo eles T2, T3, T5 e T6. Para o comprimento houve a mesma tendência, porém com a presença de T10. Este, através destas análises de raízes, indicou melhor resposta, ao passo que T9, T11 e T12, continuaram apresentando os menores resultados (Tabela 11).

Para mudas de *Eucalyptus* sp, produzidas em tubetes de 150 cm³, RODRIGUES et al. (2003) encontraram, em geral, menores médias de comprimento total (634 a 1428 cm) e superfície (111 a 131 cm²) do que os resultados obtidos para

aroeira-vermelha (Tabela 11) pelo mesmo sistema de avaliação. Os autores, em alguns tratamentos, obtiveram melhor visualização das raízes através do uso de corante, técnica que pode ser utilizada para este fim.

Foi encontrada correlação entre a biomassa seca das raízes e comprimento total em estudo realizado por COSTA et al. (2002) com diferentes genótipos de milho. No entanto para a aroeira o substrato casca de arroz que apresentou baixo valor de biomassa seca radicial em relação aos demais tratamentos (Tabela 9), não seguiu a mesma tendência para o comprimento total das raízes, o que pode ser explicado como uma estratégia da planta ao baixo teor de nutrientes disponíveis neste substrato (Tabela 1) e conseqüente desenvolvimento de maior número de raízes, principalmente finas, o que justifica uma baixa biomassa seca de raízes, em relação aos demais tratamentos (Tabela 9).

Em estudo realizado por SILVA et al. (2001) foi observada a estratégia da planta em disponibilizar recursos para a formação de raízes, quando ocorreu limitação de P no solo, reduzindo a formação da parte aérea. PAZ (2003) também constatou em estudo com mudas de espécies florestais tropicais, maior alocação para raízes em solos com menos recursos. As raízes foram mais finas e mais longas em locais com baixa fertilidade.

No período da avaliação final, 105 dias após a emergência de plântulas, as raízes de aroeira apresentavam amplo sistema radicial com coloração avermelhada, muitas raízes finas, e poucas extremidades esbranquiçadas. Isto mostra que o sistema radicial das mudas já teria alcançado o seu limite de crescimento e poucas raízes mantinham-se ativas, o que se deve principalmente ao espaço limitado do tubete. Portanto, recomenda-se que a produção de mudas de aroeira, para as mesmas condições deste experimento (época do ano e sistema de manejo), não ultrapasse este período em viveiro. Aspecto geral das raízes de aroeira, 105 dias após a emergência, pode ser observado no Anexo 8.

TABELA 11 – COMPRIMENTO TOTAL, SUPERFÍCIE E VOLUME DAS RAÍZES DE AROEIRA NOS DIFERENTES TRATAMENTOS TESTADOS

Tratamentos	Morfologia das Raízes		
	Comprimento (cm)	Superfície (cm ²)	Volume (cm ³)
1	1731,65 ab	289,87 abc	3,871 b
2	2173,94 a	403,97 a	6,051 a
3	2210,79 a	399,06 ab	5,766 ab
4	1856,68 ab	323,95 abc	4,517 ab
5	1892,49 ab	369,63 abc	5,777 ab
6	2184,51 a	389,45 ab	5,653 ab
7	1639,98 ab	293,56 abc	4,202 ab
8	1811,13 ab	343,27 abc	5,255 ab
9	1623,10 ab	284,10 bc	3,977 b
10	1896,21 ab	344,43 abc	5,018 ab
11	1514,90 b	271,38 c	3,892 b
12	1305,88 b	254,71 c	4,041 b
CV (%)	28,07	29,05	33,62

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

4.2.8 Geral

O maior desempenho das mudas de aroeira está associado à substratos com presença em pequenas proporções de casca de arroz (20 e 30%) e fibra de coco granulada, misturados ao substrato à base de casca de pinus e vermiculita, com ou sem vermicomposto (T2, T3, T5 e T6). Nos tratamentos com 20 e 30% de casca de arroz, os resultados obtidos através das variáveis de qualidade de mudas foram satisfatórios, no entanto, para os substratos que apresentaram a partir de 70% de casca de arroz em sua composição, os resultados encontrados foram bem inferiores aos demais tratamentos, indicando que a presença entre 30% e 70% de CAC na mistura do substrato, pode comprometer o desenvolvimento de mudas de aroeira.

A combinação de CAC e FCG com o substrato à base de casca de pinus foi a melhor para o desenvolvimento de mudas de aroeira.

Já os tratamentos com maiores proporções de CAC, em geral, propiciaram mudas de menores dimensões, principalmente quando este material foi utilizado puro (T10) ou em misturas com fibra de coco mista (T9 e T12). Na Tabela 1 pode-se observar que a análise química de T10 foi bem inferior aos demais tratamentos,

indicando que a utilização deste material puro não proporcionaria boa produção das mudas em viveiro.

Em termos operacionais e de custos, T2 e T3 são os substratos mais indicados, pois apresentam composição constituída por dois materiais, sendo que T5 e T6 foram compostos por três diferentes materiais, o que acarreta maior tempo de preparo do substrato e conseqüentemente maior custo de mão-de-obra.

Algo que pode estar relacionado ao menor desenvolvimento das mudas em T9, T10, T11 e T12 é o pH. Estes foram os tratamentos com maiores valores de pH. Apesar de terem sido considerados adequados, de acordo com classificação de GONÇALVES e POGGIANI (1996), para esta espécie pode ter sido um fator limitante, indicando que esta tolera meios mais ácidos, inclusive com a presença de alumínio. Estes mesmos substratos também estão relacionados a maiores relações de C/N (Tabela 1).

Em estudo sobre a influência do pH no crescimento de raízes de mudas de *Pinus pinaster*, através de solução de nutrientes, ARDUINI et al. (1998) encontraram maior biomassa de raízes e maior comprimento de raízes laterais em meio com pH 3,5. Para o comprimento de raízes laterais o menor resultado foi em pH 6,5. O autor ainda constatou que não houve influência do pH na iniciação das raízes. Esses resultados sugeriram a capacidade de *Pinus pinaster* crescer em solos ácidos, conforme ocorreu com aroeira, o que costuma ser uma limitação para as plantas.

Pelos resultados obtidos, pôde-se observar que a capacidade máxima de retenção de água, não foi um fator limitante para o desenvolvimento de mudas de aroeira, uma vez que os tratamentos que apresentaram os maiores e menores resultados para as variáveis estudadas, apresentaram alta capacidade de retenção de água (Tabela 3).

As características, principalmente físicas, não apresentaram correlação entre os tratamentos que demonstraram ser mais e menos adequados para a produção de mudas de aroeira. Tal fato provavelmente esteja relacionado a grande versatilidade da

espécie, que apresenta bom desenvolvimento em diferentes condições de clima e solo (BAGGIO, 1988; REITZ, 1989; SANCHOTENE, 1989; CARVALHO, 1994; LORENZI, 1998; BACKES; IRGANG, 2002), sendo portanto pouco exigente com relação ao substrato.

As metodologias utilizadas também podem estar relacionadas, pois em sua maioria, estão de acordo com o que é proposto para solos. Metodologias mais específicas para substratos devem ser realizadas, bem como o uso de maior número de repetições para as análises física e química.

A mortalidade de mudas de aroeira foi de apenas 1,04%, isto é, seis mudas, sendo uma de cada dos seguintes tratamentos: T2, T5, T6, T7, T11 e T12.

Pelos resultados obtidos, considera-se que a hipótese principal do trabalho foi aceita, pois houve diferença no desenvolvimento de mudas de aroeira em diferentes substratos, baseando-se nas variáveis morfológicas analisadas.

4.3 VACUM

4.3.1 Emergência de plântulas

Todos os tratamentos apresentaram alta taxa de emergência de plântulas (Tabela 12), ocorrendo uma variação de 85,71 a 100%. As sementes apresentavam 7% de umidade quando foram semeadas (um mês após a coleta).

Em estudo sobre germinação de sementes de *Allophylus edulis* num fatorial de 5 (substrato) x 4 (temperatura), ABREU (2002) encontrou médias de 86,40 a 94,14% de germinação. Isto indica que tanto para a emergência de plântulas quanto para porcentagem de germinação, nas condições testadas, as sementes de vacuum apresentaram bons resultados.

TABELA 12 – PORCENTAGEM DE EMERGÊNCIA DE PLÂNTULAS DE VACUM 30 DIAS APÓS A SEMEADURA

Tratamentos	% emergência
1	98,57
2	100,00
3	100,00
4	100,00
5	100,00
6	100,00
7	94,28
8	100,00
9	97,14
10	87,14
11	85,71
12	87,14

4.3.2 Altura

Com o passar do tempo os substratos foram se diferenciando entre si com relação à altura. Aos 30, 45 e 60 dias todos os tratamentos tiveram mesmo comportamento, estatisticamente, para esta variável (Tabela 13). A partir dos 75 dias de avaliação alguns substratos foram se destacando. Neste período, pela Tabela 13, observa-se que houve diferença estatística entre T5 e T11 com T4 e T10. Estes desenvolveram mudas de menor porte em altura. Essa tendência foi mantida nas avaliações subsequentes, porém com T11 diferindo estatisticamente de T4, T7 e T10.

A partir dos 105 dias ocorreu uma estabilização no desenvolvimento em altura, em todos os tratamentos, que mantiveram as mesmas médias aos 120 e 135 dias.

A utilização da altura de mudas de espécies florestais como único meio de avaliação do padrão de qualidade de mudas, pode apresentar deficiências no julgamento quando se espera um alto desempenho dessas, principalmente nos primeiros meses após o plantio, visto que há controvérsias na sobrevivência de mudas no campo, baseando-se pela altura obtida em viveiro (GOMES, 2001). Mais estudos sobre comparação de variáveis obtidas em viveiro, com resultados obtidos no campo devem ser realizados.

TABELA 13 – ALTURA MÉDIA DE MUDAS DE VACUM, EM DIFERENTES PERÍODOS DE AVALIAÇÃO

Tratamentos	Altura (cm)							
	30 dias	45 dias	60 dias	75 dias	90 dias	105 dias	120 dias	135 dias
1	4,8 a	6,9 a	8,0 a	9,1 abc	9,9 abc	10,2 abc	10,2 abc	10,2 abc
2	4,6 a	6,3 a	7,4 a	8,6 abc	9,6 abc	9,9 abc	9,9 abc	9,9 abc
3	5,0 a	6,6 a	7,6 a	8,7 abc	9,8 abc	10,0 abc	10,0 abc	10,0 abc
4	5,0 a	6,4 a	7,0 a	7,6 c	8,0 c	8,3 c	8,3 c	8,3 c
5	5,3 a	7,3 a	8,5 a	9,9 a	10,8 ab	11,1 ab	11,1 ab	11,1 ab
6	5,2 a	7,2 a	8,4 a	9,7 ab	10,6 ab	11,0 ab	11,0 ab	11,0 ab
7	4,7 a	6,4 a	7,3 a	8,3 abc	8,9 bc	9,3 bc	9,3 bc	9,3 bc
8	4,6 a	6,5 a	7,5 a	9,1 abc	10,5 ab	10,9 ab	10,9 ab	10,9 ab
9	4,3 a	6,0 a	6,9 a	8,4 abc	9,6 abc	10,1 abc	10,1 abc	10,1 abc
10	3,9 a	5,5 a	6,5 a	7,7 bc	8,8 bc	9,2 bc	9,2 bc	9,2 bc
11	4,2 a	6,4 a	8,0 a	9,9 a	11,3 a	11,8 a	11,8 a	11,8 a
12	4,4 a	6,4 a	7,4 a	8,7 abc	9,8 abc	10,1 abc	10,1 abc	10,1 abc
CV (%)	16,13	21,44	21,27	21,50	22,88	22,68	22,68	22,68

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

4.3.3 Diâmetro de colo

Assim como ocorreu com a altura, o diâmetro de colo também foi adquirindo comportamento diferenciado entre os substratos, conforme os períodos de avaliação.

Aos 105 e 135 dias ocorreu diferença estatística entre os substratos, o que não foi constatado aos 60 e 90 dias (Tabela 14).

Aos 135 dias, percebe-se que T5, T6, T8, T9, T11 e T12, tratamentos que apresentavam fibra de coco e vermicomposto em sua composição, foram responsáveis pelas maiores médias e não apresentaram diferenças estatísticas entre si.

Tanto para altura quanto para diâmetro de colo, aos 135 dias os valores máximos e mínimos das médias seguiram a mesma tendência e o maior desempenho das mudas foi encontrado em T11 e menores resultados em T4.

O diâmetro de colo, em geral, é a variável mais observada para indicar a capacidade de sobrevivência da muda no campo e para auxiliar na definição de doses de fertilização a serem aplicadas na produção de mudas (DANIEL et al., 1997; SCALON et al., 2002).

CARNEIRO (1976) encontrou alta correlação do diâmetro de colo com a

sobrevivência e crescimentos de mudas de *Pinus taeda* L. após plantio.

TABELA 14 – DIÂMETRO DE COLO MÉDIO DE MUDAS DE VACUM EM DIFERENTES PERÍODOS DE AVALIAÇÃO

Tratamentos	Diâmetro de Colo (mm)			
	60 dias	90 dias	105 dias	135 dias
1	1,16 a	2,86 a	3,20 abc	3,27 cd
2	1,89 a	2,88 a	3,12 bc	3,22 cd
3	1,90 a	2,85 a	3,16 abc	3,26 cd
4	1,88 a	2,74 a	2,99 c	3,12 d
5	2,02 a	3,25 a	3,47 ab	3,53 abc
6	2,04 a	3,17a	3,57 a	3,68 ab
7	2,00 a	3,08 a	3,26 abc	3,33 bcd
8	1,98 a	3,15 a	3,47 ab	3,58 abc
9	1,87 a	2,94 a	3,23 abc	3,35 abcd
10	1,80 a	2,77 a	3,11 bc	3,24 cd
11	1,99 a	3,21 a	3,61 a	3,72 a
12	1,98 a	3,14 a	3,35 abc	3,47 abc
CV (%)	16,07	14,31	12,46	11,44

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

4.3.4 Área foliar

Esta variável é de extrema importância, pois as folhas constituem uma das principais fontes de fotoassimilados e nutrientes para a adaptação da muda pós-plantio. Para assegurar o suprimento de água e nutrientes, principalmente nos 15 a 30 dias iniciais, as mudas recém plantadas alocam grande quantidade de fotoassimilados e nutrientes existentes em sua copa para a síntese de raízes (GONÇALVES et al., 2000).

O genótipo da planta determina o tamanho da superfície de interceptação da luz, porém esta característica estrutural também é influenciada, em maior ou menor grau, pelas condições ambientais, dependendo da plasticidade da planta (VALLADARES e PEARCY⁴, citado por OLIVEIRA e RAKOCEVIC, 2003).

As mudas de vacuum, em todos os tratamentos, costumavam apresentar aspecto de murcha, evidenciado pelas folhas, que apresentavam-se voltadas para baixo

⁴ VALLADARES, F.; PEARCY, R.W. The geometry of light interception by shoots of *Heteromyles abutilifolia*: morphological consequences for individual leaves. *Oecologia*, n. 121, p. 171-182, 1999.

(Anexo 9), porém esta posição ocorria mesmo com as constantes irrigações e com o substrato estando úmido. Esta provavelmente seja uma estratégia adaptativa da espécie para a proteção de injúrias causadas pelo superaquecimento e da intensidade de radiação excessiva. Assim, este efeito pode ser minimizado por movimentos de escape, como o posicionamento das folhas em um determinado ângulo com a radiação incidente, de forma que as folhas recebam menos energia, como por exemplo folhas com o ápice voltado para baixo, como se estivessem penduradas (LARCHER, 2000).

Esta estratégia apresenta maior fundamento em se tratando de uma espécie não pioneira. BARDDAL (2002) constatou em estudo de levantamento fitossociológico o caráter não pioneiro de *Allophylus edulis*, que foi classificada como espécie umbrófila de capacidade relativa de tolerar a luz, de acordo com Daubenmire (1982), citado pelo mesmo autor.

Neste sentido, o uso do vacuum em plantios sob cobertura seria o mais adequado, portanto uma maior área foliar passa a ter maior importância, pois assim as mudas seriam capazes de aumentar a eficiência de captação e transformação de energia luminosa (ENGEL e POGGIANI, 1990).

Grande parte da área foliar do vacuum obtida foi oriunda de ramos secundários (Anexo 10), que ocorreram em todos os tratamentos. Estudos sobre a morfologia de mudas de vacuum são recomendáveis para verificar se estas brotações laterais são uma característica da espécie.

Quando a incidência de luz sobre as gemas axilares é maior, há estímulo do perfilhamento e como consequência novas folhas se desenvolvem com alta capacidade fotossintética (WOLEDGE⁵, citado por BARBOSA et al., 2002).

Um grupo formado por T2, T3, T5, T6 e T11, apresentou médias acima de 86 cm², representando os maiores valores para esta variável (Tabela 15).

A média de área foliar para T4 foi bem inferior em relação ao obtido nos demais tratamentos (Tabela 15).

⁵ WOLEDGE, J. The effect of shading during vegetative and reproductive growth photosynthetic capacity of leaves in a grass sward. *Annals of Botany*, v. 42, n. 181, p. 1085-1089, 1978.

4.3.5 Biomassa seca

Para biomassa seca, T4 apresentou resultados bem menores em relação aos outros substratos. No entanto, para biomassa seca da parte aérea e total, este tratamento não mostrou diferença estatística com T10. Para a raiz, vários outros substratos não diferiram de T4 (Tabela 15).

Pode-se observar pela Tabela 15 que T11 formou mudas com maior biomassa seca aérea, radicial e total e que houve maior amplitude dos resultados para biomassa seca da parte aérea e total do que radicial.

Os maiores valores de diâmetro de colo foram encontrados nos tratamentos que proporcionaram maiores biomassas radiciais, enfatizando portanto a relação existente entre biomassa de raízes e diâmetro de colo, demonstrada por SOUZA (1981).

A produção de biomassa seca de aroeira foi bem superior ao obtido para o vacum. Esse comportamento evidencia, o que foi constatado por GONÇALVES et al. (1992), que espécies dos estágios iniciais de sucessão apresentam taxas de crescimento superiores, até mesmo na fase juvenil.

TABELA 15 – ÁREA FOLIAR MÉDIA E BIOMASSA SECA MÉDIA PARA MUDAS DE VACUM NOS TRATAMENTOS TESTADOS

Tratamentos	Área Foliar (cm ²)	Biomassa Seca (g)		
		Parte aérea	Raiz	Total
1	73,949 abc	0,658 bc	0,488 bc	1,146 bcd
2	86,557 ab	0,716 abc	0,465 bc	1,182 bcd
3	88,219 ab	0,710 abc	0,475 bc	1,185 bcd
4	49,637 d	0,430 e	0,367 c	0,797 e
5	88,473 a	0,741 abc	0,564 ab	1,305 abc
6	89,401 a	0,718 abc	0,612 ab	1,329 abc
7	75,097 abc	0,648 c	0,473 bc	1,121 bcd
8	79,439 abc	0,782 ab	0,605 ab	1,387 ab
9	67,604 bc	0,632 cd	0,449 bc	1,081 cd
10	62,576 cd	0,519 de	0,451 bc	0,970 de
11	87,849 ab	0,826 a	0,687 a	1,513 a
12	76,541 abc	0,715 abc	0,546 ab	1,261 abc
CV (%)	24,77	23,25	27,82	22,40

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

4.3.6 Índices morfológicos

Conforme ocorreu com a aroeira, para a relação H/D do vacuum, houve uma redução nos resultados com o passar dos dias, indicando um aumento no diâmetro de colo e estabilização da altura.

Apesar desta espécie manter a mesma altura dos 105 dias aos 135 dias (Tabela 13), ocorreu incremento em diâmetro, melhorando a relação H/D.

Para a relação BSA/BSR, nenhum tratamento apresentou resultados acima de dois (Tabela 13), que é o recomendado. No entanto, vale lembrar que esta espécie não é pioneira (SANCHOTENE, 1989; BARDDAL, 2002), portanto apresenta um crescimento mais lento.

Em estudo realizado por VENEKLAAS e POORTER (1998) com mudas de espécies florestais, foi verificado que mais da metade do que é assimilado pelas plantas é convertido em folhas, sendo 1/3 destinado para a raiz e 15% para o caule.

O IQD indicou que T11 foi o substrato que desenvolveu mudas de vacuum com maiores resultados para as variáveis de qualidade de mudas e que T4 foi o pior. Estatisticamente, T11 apresentou diferença apenas com T4, T9 e T10.

TABELA 16 – ÍNDICES MORFOLÓGICOS DE QUALIDADE DE MUDAS PARA VACUM NOS TRATAMENTOS TESTADOS

Tratamentos	H/D				BSA/BSR	IQD
	60 dias	90 dias	105 dias	135 dias	135 dias	135 dias
1	3,76 ab	3,30 ab	3,07 ab	3,01 ab	1,45 a	0,27 abc
2	3,74 ab	3,19 ab	3,05 ab	2,95 ab	1,62 a	0,27 abc
3	4,12 ab	3,48 ab	3,26 ab	3,19 a	1,53 a	0,25 abc
4	3,61 ab	3,02 b	2,84 b	2,72 b	1,23 a	0,21 c
5	4,36 a	3,31 ab	3,20 ab	3,14 ab	1,35 a	0,30 abc
6	4,20 ab	3,46 ab	3,13 ab	3,08 ab	1,18 a	0,32 ab
7	3,74 ab	3,01 b	3,03 ab	2,93 ab	1,44 a	0,26 abc
8	3,84 ab	3,13 ab	3,15 ab	3,08 ab	1,34 a	0,32 ab
9	3,67 ab	3,13 ab	3,12 ab	3,02 ab	1,43 a	0,25 bc
10	3,53 b	3,09 ab	2,90 ab	2,82 ab	1,20 a	0,25 bc
11	4,03 ab	3,66 a	3,36 a	3,25 a	1,23 a	0,35 a
12	3,68 ab	3,15 ab	2,96 ab	2,85 ab	1,37 a	0,30 ab
CV (%)	16,22	14,16	12,23	11,79	25,57	27,01

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

4.3.7 Morfologia das raízes

O padrão e extensão do crescimento radicial são reflexos do controle genético e das características ambientais, com acentuadas influências das condições edáficas (GONÇALVES et al., 1992).

Para o comprimento total das raízes os maiores resultados foram obtidos em T8, T6, T5, T10 e T11, respectivamente. A análise estatística indicou que somente T6 e T8, diferiram de T4, que apresentou menor valor (Tabela 17).

Tanto para a superfície quanto para o volume, T5, T6, T8 e T11 apresentaram melhores resultados e diferença estatística com T4.

Os maiores resultados encontrados para T10 nas análises de morfologia de raízes, em relação às demais variáveis estudadas, pode ser atribuído à uma estratégia de maior desenvolvimento radicial em ambiente de baixa fertilidade (LARCHER, 2000), tal como ocorreu com aroeira.

Neste período de avaliação final das mudas de vacum (135 dias após a emergência de plântulas), o sistema radicial apresentava raízes de coloração clara, com tons amarelados e muitas raízes finas. Aspecto geral das mudas de vacum, após 135 dias de emergência, pode ser visto no Anexo 11.

TABELA 17 – COMPRIMENTO TOTAL, SUPERFÍCIE E VOLUME DAS RAÍZES DE VACUM NOS DIFERENTES TRATAMENTOS TESTADOS

Tratamentos	Morfologia das raízes		
	Comprimento (cm)	Superfície (cm ²)	Volume (cm ³)
1	762,62 bc	155,45 ab	2,533 ab
2	892,27 abc	166,46 ab	2,502 ab
3	801,44 abc	152,91 ab	2,337 ab
4	714,03 c	128,41 b	1,857 b
5	1003,88 ab	193,33 a	3,000 a
6	1023,06 a	195,32 a	2,978 a
7	785,52 abc	150,97 ab	2,327 ab
8	1023,23 a	196,80 a	3,032 a
9	810,69 abc	160,14 ab	2,535 ab
10	977,77 ab	176,63 ab	2,582 ab
11	964,73 ab	197,43 a	3,246 a
12	810,02 abc	166,68 ab	2,788 ab
CV (%)	23,05	23,60	28,530

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

4.3.8 Geral

Pode-se dizer que, de maneira geral, T4 e T9 propiciaram mudas de menor porte do que os demais tratamentos testados, não sendo recomendado o uso destes para a produção de mudas de vacuum. Por outro lado, T5, T6, T8 e T11 geraram mudas de melhor qualidade, conforme as variáveis analisadas. Nota-se que estes substratos estão associados à presença de casca de arroz, vermicomposto e fibra de coco granulada, ao passo que T4 e T9 apresentam fibra de coco mista. Tal fato indica a influência da granulometria de um mesmo produto na produção de mudas de vacuum.

Os substratos representados por T5 e T11 foram os tratamentos que maior capacidade de retenção de água tiveram, assim como T4 foi um dos menores neste aspecto. Portanto, o desenvolvimento das mudas de vacuum pode estar relacionado à disponibilidade de água. BARDDAL et al. (2004), em estudo realizado em Floresta Ombrófila Mista Aluvial na região de Araucária-PR, encontraram *Allophylus edulis* como a espécie com maior valor de importância no compartimento inferior da floresta. Esta ocorreu em todas as parcelas analisadas, apesar de apresentar uma redução em locais de maior saturação hídrica. No entanto, tal fato demonstra a adaptação e plasticidade da espécie ao ambiente.

Os substratos T8 e T11 apresentam desvantagens operacionais em relação a T5 e T6, pois T11 apresenta 70% de CAC em sua composição e tal material é mais oneroso de ser manuseado do que o substrato à base de casca de pinus e vermiculita, que compõe a maior parte da composição que representa T5 e T6. Já T8, apresenta uma mistura com quatro componentes, o que ocasiona maior tempo gasto no preparo do substrato e maior custo na aquisição de produtos.

Ao final das avaliações foi constatada 100% de sobrevivência das mudas de vacuum.

Pelos resultados obtidos, considera-se que a hipótese principal do trabalho foi aceita, pois houve diferença no desenvolvimento de mudas de vacuum em diferentes substratos, baseando-se nas variáveis morfológicas analisadas.

Estudos em que as plantas são submetidas a fatores de estresse, tornando recursos limitantes, ocorrem maiores evidências de partição de biomassa e morfogênese, como em estudos sobre água (SILVA, 1998; LOPES, 2004) e intensidades luminosas (POORTER, 1998). Neste caso, apesar do uso de 12 diferentes substratos, nenhum fator foi tão limitante a ponto de evidenciar tais ocorrências. Em estudos realizados por LIZ et al. (2003) e SAMOR et al. (2002), os substratos também mostraram poucos efeitos sobre a produção de mudas.

5 CONCLUSÕES

- Substratos de casca de pinus com vermiculita misturados com 20 a 30% de casca de arroz carbonizada ou fibra de coco granulada, com ou sem vermicomposto (T2, T3, T5 e T6) são recomendados para a produção de mudas de *S. terebinthifolius*, conforme as condições testadas, visto que propiciaram mudas de qualidade superior aos demais tratamentos;

- Os substratos puros, casca de pinus com vermiculita (T1) e casca de arroz carbonizada (T10), bem como as misturas realizadas com 70% de casca de arroz carbonizada (T11 e T12) não são recomendados para a produção de mudas de *S. terebinthifolius*, uma vez que geraram plantas com características inferiores em relação aos outros substratos;

- Para *A. edulis* a presença do vermicomposto nos substratos constituídos por casca de pinus com vermiculita e 20% de casca de arroz carbonizada (T5) ou 20% de fibra de coco granulada proporcionou mudas de melhor qualidade do que nos tratamentos com mesmo material, porém sem o vermicomposto (T2 e T3), sendo portanto recomendado o seu uso para esta espécie;

- Os tratamentos constituídos por casca de arroz carbonizada e/ou fibra de coco granulada com vermicomposto (T5, T6, T8 e T11), propiciaram mudas de *A. edulis* de melhor qualidade, indicando que a mistura destes materiais favoreceu o bom desenvolvimento de mudas desta espécie;

- Substrato à base de casca de pinus com vermiculita e fibra de coco mista (T4) reduziu drasticamente o crescimento de mudas de *A. edulis*, não sendo indicado portanto, para a produção de mudas de *vacum*;

- Considerando um viveiro que produza tanto *S. terebinthifolius* quanto *A. edulis*, recomenda-se o uso do substrato à base de casca de pinus com vermiculita, casca de arroz carbonizada e vermicomposto (T5), uma vez que este originou mudas de boa qualidade para ambas as espécies.

6 CONSIDERAÇÕES E RECOMENDAÇÕES

Recomenda-se que a permanência de mudas de aroeira no viveiro não ultrapasse o período utilizado neste estudo, considerando a época e o manejo utilizados no presente trabalho, pois foi observado a ocorrência de pragas (tripes e lagartas) e seca da parte aérea de mudas, ocasionando redução na qualidade destas. A adubação nitrogenada pode ser reduzida, evitando assim a formação de mudas longas e a redução de ocorrência de pragas;

Ao final deste experimento, houve a ocorrência de geada na região e as mudas de vacuum demonstraram sensibilidade a esta. Mesmo estando em local coberto (estufa), algumas de suas folhas apresentaram queimaduras decorrentes do frio, sendo que após alguns dias as folhas secaram e caíram, porém não houve a mortalidade de nenhuma muda (Anexo 12).

Sugere-se que estudos nesta mesma linha de pesquisa sejam planejados com menor número de tratamentos, porém com maior número de repetições; e que sejam realizadas análises destrutivas em diferentes períodos, para um acompanhamento do crescimento das mudas, principalmente por causa do sistema radicial, pois assim é possível detectar com mais precisão quando a muda estará pronta para ir à campo;

Em estudos que envolvam caracterização de substratos, recomenda-se o uso de metodologias mais específicas para substratos, não esquecendo de usar repetições;

Estudos sobre a morfologia e produção de mudas de vacuum em diferentes sombreamentos podem ser realizados, principalmente para entender a característica observada neste trabalho, de emissão de brotações laterais, mesmo sem a perda da gema apical;

Para análise de morfologia de raízes, pode ser utilizado corante, caso estas sejam finas e pequenas;

É de extrema importância que ao se trabalhar com substratos de casca de arroz carbonizada seja feita uma análise para saber se este material não apresenta

grande quantidade de cinzas, o que caracteriza a casca de arroz queimada, pois tal ocorrência pode comprometer a produção de mudas. Neste trabalho o substrato foi tratado como casca de arroz carbonizada, pois acreditava-se que realmente o material era este. No entanto, através das análises foi verificado que o material apresentava características de casca de arroz queimada;

O uso de fibra de coco mista em misturas de substratos, dificulta o enchimento das embalagens, devido à textura e granulometria deste material;

É importante ressaltar que a procedência dos materiais utilizados como substrato, influenciam nos resultados;

Estudos que avaliem a produção de mudas em diferentes substratos, através de diferentes manejos de irrigação são de extrema importância;

Recomenda-se estudos nesta mesma linha de pesquisa, porém com continuidade no campo.

REFERÊNCIAS⁶

ABREU, D. C. de. **Caracterização morfológica de frutos e sementes e germinação de *Allophylus edulis* (St. Hil.) Radlk. e *Drimys brasiliensis* Miers.** Curitiba, 2002. 91 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

ANTONIOLLI, Z.I. et al. **Minhocultura e vermicompostagem.** Santa Maria: UFSM, 2002. 24 p. (Boletim Técnico, 3).

ARDUINI, I. et al. PH influence on root growth and nutrient uptake of *Pinus pinaster* seedlings. **Chemosphere**, v. 34, n. 4/5, p. 733-738, 1998. Cab Abstracts, 1998. Resumo.

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.** Viçosa, 2003. 88 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Viçosa.

BACKES, P.; IRGANG, B. **Árvores do Sul: guia de identificação e interesse ecológico.** As principais espécies nativas sul-brasileiras. Instituto Souza Cruz, 2002. 326 p.

BAGGIO, A. J. Aroeira como potencial para usos múltiplos na propriedade rural. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Curitiba, n. 17, p. 25-32, 1988.

BARBOSA, J. M. et al. Recuperação de áreas degradadas à partir de sementes. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 4, n. 3, p. 702-705, 1992.

BARBOSA, R. A. et al. Características morfogênicas e acúmulo de forragem do capim-tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia) em dois resíduos forrageiros pós-Pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 2, p. 583-593, 2002. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982002000300007&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 07 jan. 2005.

BARDDAL, M. L. **Aspectos florísticos e fitossociológicos do componente arbóreo-arbustivo de uma Floresta Ombrófila Mista Aluvial – Araucária, PR.** Curitiba, 2002. 89 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

⁶ Normas: UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. Sistema de Bibliotecas. Normas para apresentação de trabalhos científicos, 2000, v. 6: Referências.

BARDDAL, M. L. et al. Fitossociologia do sub-bosque de uma Floresta Ombrófila Mista Aluvial, no município de Araucária, PR. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 14, n. 1, p. 35-45, 2004.

BARICHELLO, L. R.; SCHUMACHER, M. V.; VOGEL, H. L. M.; CALDEIRA, M. V. W. Utilização de vermicomposto no crescimento de mudas de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. **Revista Árvore**, v. 25, n. 4, p. 397-402, 2001.

BARROSO, D. G. et al. Efeito da adubação em mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth) e aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi) produzidas em substrato constituído por resíduos agroindustriais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 22, n. 4, p. 433-441, 1998.

BONNET, B. R. P. **Produção de mudas de *Eucalyptus viminalis* Lambill (Myrtaceae), *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae) e *Mimosa scabrella* Benth. (Mimosaceae) em substrato com lodo de esgoto anaeróbico digerido alcalinizado e compostado.** Curitiba, 2001. 135 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

CALDEIRA, M. V. W.; SCHUMACHER, M. V.; TEDESCO, N. Crescimento de mudas de *Acacia mearnsii* em função de diferentes doses de vermicomposto. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, n. 57, p. 161-170, 2000.

CARNEIRO, J. G. A. **Determinação do padrão de qualidade de mudas de *Pinus taeda* L. para plantio definitivo.** Curitiba, 1976. 70 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

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

CARPANEZZI, A. A. et al. Funções múltiplas das florestas: conservação e recuperação do meio ambiente. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6; 1990, Campos do Jordão-SP. **Anais....** Campos do Jordão: SBS/SBEF, 2003. p. 216-221.

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

COSTA, A.; ROSOLEM, C. A.; TORRES, H. Distribuição de raízes de leguminosas em função de alterações nas características químicas e físicas em solos do Paraná. In: Workshop sobre sistema radicular: metodologias e estudo de casos,1; 1999, Aracaju. **Anais...** Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 1999. p. 191-202.

COSTA, C. et al. A sampling method for measurement of large root systems with scanner-based image analysis. **Agronomy Journal**, Madison, v. 92, n. 4, p. 621-627, 2000.

COSTA, C. et al. Root morphology of contrasting maize genotypes. **Agronomy Journal**, Madison, v. 94, p. 96-101, 2002.

DANIEL, O. et al. Aplicação de fósforo em mudas de *Acacia mangium*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 21, n. 2, p. 163-168, 1997.

DAROS, E. et al. Desenvolvimento e distribuição de raízes de diferentes culturas, em condições de rizotron, no Paraná. In: WORKSHOP SOBRE SISTEMA RADICULAR: METODOLOGIAS E ESTUDO DE CASOS, 1; 1999, Aracaju. **Anais...** Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 1999. p. 167-178.

DAVIDE, A. C.; BOTELHO, S. A. Análise crítica dos programas de recomposição de matas ciliares. In: SIMPÓSIO MATA CILIAR: CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 1; 1999, Belo Horizonte. **Anais...** Lavras: UFLA/FAEPE/CEMIG, 1999. p. 172-188.

DURATEX S/A. **Árvores no Brasil**. São Paulo: Prêmio, 1990. 119 p.

EMBRAPA. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solo, 1997. 212 p.

ENGEL, V. L.; POGGIANI, F. Influência do sombreamento sobre o crescimento de mudas de algumas essências nativas e suas implicações ecológicas e silviculturais. **IPEF**, Piracicaba, v. 43/44, p. 1-10, 1990.

FABRI, E. G.; SALA, F. C.; MINAMI, K. Caracterização física e química de diferentes substratos. In: BARBOSA, J. G et al. (ed.) **Nutrição e adubação de plantas cultivadas em substrato**. Viçosa: UFV, 2004. p. 318.

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

FERREIRA, C. A.; CARVALHO, P. E. R. Produção de mudas e plantio. In: GALVÃO, A. P. M.; MEDEIROS, A. C. de S. (Ed.). **Restauração da mata atlântica em áreas de sua primitiva ocorrência natural**. Colombo: Embrapa-florestas, 2002. p. 53-62.

FONSECA, E. P. **Efeito de diferentes substratos na produção de mudas de Eucalyptus grandis W. Hill ex Maiden em "Winstrip"**. Viçosa, 1988. 81 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Viçosa.

FONSÊCA, T. G. **Produção de mudas de hortaliças em substratos de diferentes composições com adição de CO₂ na água de irrigação**. Piracicaba, 2001. 85 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11136/tde-08042002-094507/publico/taysa.pdf>>. Acesso em: 26 jan. 2005.

GLUFKE, C. **Espécies florestais recomendadas para recuperação de áreas degradadas**. Porto Alegre: Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul, 1999. 48 p.

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-PK**. Viçosa, 2001. 166 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Viçosa.

GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. **Viveiros florestais**. Viçosa: UFV, 2004. 116 p.

GOMES, J. M.; SILVA, A. R. da. Os substratos e sua influência na qualidade de mudas.. In: BARBOSA, J. G. et al. (Ed.). **Nutrição e adubação de plantas cultivadas em substrato**. Viçosa: UFV, 2004. p. 190-225.

GONÇALVES, A. L. **Substratos para a produção de mudas em floricultura**. São Paulo: Instituto de Botânica, 1997. 13 p. (Folheto 23).

GONÇALVES, J. L. M. et al. Produção de biomassa e sistema radicular de diferentes estágios sucessionais. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 4, n. 2, p. 363-367, 1992.

GONÇALVES, J. L. M. et al. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In: GONÇALVES, J.L.M; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p. 310-350.

GONÇALVES, J. L. M.; MELLO, S. L. M. O sistema radicular das árvores. In: GONÇALVES, J.L.M; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p. 221-267.

GONÇALVES, J. L. M.; POGGIANI, F. Substrato para produção de mudas florestais. In: SOLO-SUELO- CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13, 1996. Águas de Lindóia-SP. **Relação de trabalhos**. Águas de Lindóia: SLCS/SBCS/ESALQ/USP/CEA-ESALQ/USP/SBM, 1996. 1 CD ROM.

GREZ, R.; GERDING, V. Experiencias sobre aprovechamiento de ceniza, aserrin y corteza. In: WORKSHOP SUL-AMERICANO SOBRE USOS ALTERNATIVOS DE RESÍDUOS DE ORIGEM FLORESTAL E URBANA, 1; 1997, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Embrapa-Florestas, 1997. p. 29-49.

HARTMANN, H. T. ; KESTER, D.E. ; DAVIES JR, F. T. **Plant propagation: principles and practices**. Nova Jersey: Ed. Prentice Hall, 1997. 674 p.

JOSÉ, A. C. **Utilização de mudas de espécies florestais produzidas em tubetes e sacos plásticos para revegetação de áreas degradadas**. Lavras, 2003. 101 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras.

KAGEYAMA, P. Y. **Estudo para implantação de matas de galeria na Bacia Hidrográfica de Passa Cinco, visando a utilização para abastecimento público**. Piracicaba, Universidade de São Paulo, 1986. 236 p.

KÄMPF, A. N. **Produção comercial de plantas ornamentais**. Guaíba: Agropecuária, 2000a. 245 p.

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

KUERA, N. Y. M. **Árboles comunes del Paraguay**. Paraguai: Mercurio, 2002. 458 p.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. Ed. 1. São Carlos: Rima Artes e Textos, 2000. 531 p.

LIBARDI, P. L.; JONG VAN LIER, Q. Atuação dos fatores físicos do solo no desenvolvimento do sistema radicular. In: WORKSHOP SOBRE SISTEMA RADICULAR: METODOLOGIAS E ESTUDO DE CASOS, 1; 1999, Aracaju. **Anais...** Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 1999. p. 47-56.

LIZ, R. S. de et al. Produção de mudas de tomateiro em diferentes substratos à base de fibra de coco verde. **Horticultura brasileira**, v. 21, n. 2, 2003. Disponível em: < <http://www.agr.unicamp.br/tomates/pdfs/olfi4014.pdf>> Acesso em: 31 out. 2003.

LOPES, J.L.W. **Produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. (Hill ex. Maiden) em diferentes substratos e lâminas de irrigação**. Botucatu, 2004. 100 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista. Disponível em: <<http://www.ipef.br/servicos/teses/arquivos/lopes,jlw.pdf>>. Acesso em: 26 jan. 2005.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**. Nova Odessa: Editora Plantarum, v.1, 1998. 352 p.

LOURENÇO, R. S. et al. Influência do substrato no desenvolvimento de mudas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hill.). **Boletim de Pesquisa Florestal**, Curitiba, n. 38, p. 13-30, 1999.

- MACEDO, A. C. **Revegetação**: matas ciliares e de proteção ambiental. São Paulo: Fundação Florestal, 1993. 27 p.
- MAGALHÃES, A. C. N. Análise quantitativa do crescimento. In: FERRI, M. G. (Coord.). **Fisiologia vegetal**. São Paulo: EPU, 1985. p. 333-350.
- MALAVOLTA, E.; ROMERO, J. P. **Manual de adubação**. São Paulo: ANDA, 1975. 346 p.
- MALVESTITI, A. L. **Uso das fibras de coco na floricultura**. Curitiba: Sul Flores, 2, 2003. (Palestra).
- MARCHIORI, J. N. C. **Elementos de dendrologia**. Santa Maria: UFSM, 1995. 163 p.
- MARQUES, R.; MOTTA, A. C. V. Análise química do solo para fins de fertilidade. In: LIMA, M. R. (Org.). **Manual de diagnóstico da fertilidade e manejo dos solos agrícolas**. Curitiba: Departamento de solos e engenharia agrícola-UFPR, 2003. p. 81-102.
- MORAES NETO, S. P.; GONÇALVES, J. L. M. Efeitos da luminosidade sobre o estado nutricional de mudas de seis espécies arbóreas, que ocorrem na mata atlântica. **Revista Árvore**, Viçosa, v.25, n.1, p.29-38, 2001.
- MORAES NETO, S. P.; GONÇALVES, J. L. M.; TAKAKI, M. Produção de mudas de seis espécies arbóreas, que ocorrem nos domínios da floresta atlântica, com diferentes substratos de cultivo e níveis de luminosidade. **Revista Árvore**, Viçosa, v.25, n.3, p.277-287, 2001.
- NEVES, J. C. L.; GOMES, J. M.; NOVAIS, R. F. de. Fertilização mineral de mudas de eucalipto. In: BARROS, N. F. de; NOVAIS, R. F. de. **Relação Solo-Eucalipto**. Viçosa: Folha de Viçosa, 1990. p. 99-126.
- OLEYNIK, J. et al. **Análise de solo**: tabelas para transformação de resultados analíticos e interpretação de resultados. Curitiba: EMATER-PR, 2004. 64 p.
- OLIVEIRA, F. C. de; RAKOCEVIC, M. Adaptação de um método para medir o índice de área foliar (IAF) e sua aplicação para braquiária (*Brachiaria brizantha* Hochst ex. Rich) em um sistema silvipastoril no noroeste do Paraná. In: EVENTO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA FLORESTAS, 2; 2003, Curitiba. **Relação de trabalhos**. Curitiba: Embrapa-Florestas, 2003. 1CD-ROM.
- PAVAN, M. A. et al. **Manual de análise química de solo e controle de qualidade**. Londrina: IAPAR, 1992. 40 p.

PAZ, H. Root/shoot allocation and root architecture in seedlings: variation among forest sites, microhabitats, and ecological groups. **Biotropica**, v. 35, n. 3, p. 318-332, 2003. Cab Abstracts, 2004. Resumo.

PIMENTA, J. A. et al. Aspectos de morfoanatomia e fisiologia de *Jacaranda puberula* Cham. (Bignoniaceae) em condições de hipoxia. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 19, n. 2, p. 215-220, 1996.

POORTER, L. **Seedling growth of Bolivian rain Forest tree species in relation to light and water availability**. Utrecht: Utrecht University, 1998. 195 p.

PREVEDELLO, B. M. S.; KRIEGER, K. I.; MOTTA, A. C. V. Considerações sobre interpretação de análise de solos (com exemplos). In: LIMA, M. R. (Org.). **Manual de diagnóstico da fertilidade e manejo dos solos agrícolas**. Curitiba: Departamento de solos e engenharia agrícola-UFPR, 2003. p. 123-141.

PREVEDELLO, C. L. **Física do solo com problemas resolvidos**. Curitiba: PREVEDELLO, C. L., 1996. 446 p.

RÉGENT INSTRUMENTS INC. **Programa Win Rhizo**. Disponível em: < <http://www.regentinstruments.com/>>. Acesso em: 03 set. 2004.

REIS, M. G. F. et al. Crescimento e forma de fuste de mudas de jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* Fr. Aliem) sob diferentes níveis de sombreamento e tempo de cobertura. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 15, n. 1, p. 23-34, 1991.

REITZ, R. Sapindáceas. In: **Flora Catarinense**. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 1980. 160 p.

REITZ, R. Anacardiáceas. In: **Flora Catarinense**. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 1989. 64p.

REITZ, R.; KLEIN, R. M.; REIS, A. **Projeto madeira do Rio Grande do Sul**. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 1988. 525 p.

RIZZINI, C. T. **Tratado de fitogeografia do Brasil**: aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos. 2 ed. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural, 1997. 747 p.

RÖBER, R. Substratos hortícolas: possibilidades e limites de sua composição e uso; exemplos da pesquisa, indústria e do consumo. In: KÄMPF, A.N.; FERMINO, M.H. (ed.). **Substrato para plantas**: a base da produção vegetal em recipientes. Porto Alegre: Genesis, 2000. p. 123-138.

RODRIGUES, E. A. C. et al. Qualidade morfológica de mudas de Eucalyptus avaliada em imagens obtidas por scanner óptico. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 8; 2003, São Paulo-SP. **Relação de trabalhos**. São Paulo: SBEF/SBS, 2003. n. 163 . 1 CD-ROM.

RONDON NETO, R. M. et al. Caracterização florística e estrutural de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista, em Curitiba, PR-Brasil. **Floresta**, Curitiba, v. 32, n. 1, p. 3-16, 2002.

ROSA, M. de F. et al. **Utilização da casca de coco como substrato agrícola**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2002. 24 p. (Documentos 52).

SALVADOR, J. L. G. **Considerações sobre as matas ciliares e a implantação de reflorestamentos mistos nas margens de rios e reservatórios**. São Paulo, 1989. 15 p.

SAMOR, O. J. M. et al. Qualidade de mudas de angico e sesbania, produzidas em diferentes recipientes e substratos. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 2, p. 209-215, 2002.

SANCHOTENE, M.C.C. **Frutíferas nativas úteis à fauna na arborização urbana**. Porto Alegre: SAGRA, 1989. 306 p.

SANTOS JR, N. A. **Estabelecimento inicial de espécies florestais nativas em sistema de semeadura direta**. Lavras, 2000. 96 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Lavras.

SCALON, S. de, P. Q. et al. Crescimento inicial de mudas de espécies florestais nativas sob diferentes níveis de sombreamento. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 1, p. 1-5, 2002.

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

SCHUMACHER, M. V. et al. Biomassa e comprimento de raízes finas (≤ 2 mm) em uma floresta de *Pinus elliottii* Engelm., em Santa Maria, RS. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 8; 2003, São Paulo-SP. **Relação de trabalhos**. São Paulo: SBEF/SBS, 2003. n. 51. 1 CD-ROM.

SILVA, M. C.; NAKAGAWA, J.; FIGLIOLIA, M. B. Influência da temperatura, da luz e do teor de água na germinação de sementes de *Schinus terebinthifolius* Raddi-Anacardiaceae (aroeira-vermelha). **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 13, n. 2, p. 135-146, 2001.

SILVA, M. R. **Caracterização morfológica, fisiológica e nutricional de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico durante a fase de rustificação.** Curitiba, 1998. 105 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

SILVA, N.C. et al. Produção e partição da biomassa de *Desmodium incanum* em resposta à aplicação de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 3, p. 541-548, 2001. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2001000300020&lng=pt&nrm=iso Acesso em: 07 jan. 2005.

SOARES-SILVA, L. H.; KITA, K. K.; SILVA, F. C. Fitossociologia de um trecho de floresta de galeria no Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR, Brasil. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer**, Brasília, v. 3, p. 46-62, 1998.

SOUZA, F. X. de. Casca de arroz carbonizada: um substrato para a propagação de plantas. **Revista Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 46, n. 406, p. 11, 1993.

SOUZA, L. J. B. de. **Fotomorfose e crescimento de *Cedrella fissilis* Vell. no viveiro e no plantio de enriquecimento em linhas.** Curitiba, 1981. 117 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

SOUZA, P. A. de. **Comportamento de 12 espécies arbóreas em recuperação de área degradada pela extração de areia.** Lavras, 2000. 92 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Lavras.

SPVS – Sociedade de Pesquisa em Vida Selvagem e Educação Ambiental. **Manual para recuperação da reserva florestal legal.** Curitiba: FNMA, 1996. 84 p.

STRINGHETA, A. C. O. et al. Caracterização física de substratos contendo composto de lixo urbano e casca de arroz carbonizada como condicionadores. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, n. 21, p. 155-159, 1997.

STUMPF, E. R. T.; GROLLI, P. R.; SILVA, J.A.G. Enraizamento de estacas de *Chamaecyparis lawsoniana* Parl. em cinco substratos com uso de ácido indólbutfírico. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 29, n. 2, p. 207-211, 1999.

STURION, J. A.; ANTUNES, J. B. M. Produção de mudas de espécies florestais. In: GALVÃO, A. P. M. **Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais: um guia para ações municipais e regionais.** Brasília: Embrapa, 2000, p. 125-150.

TAVEIRA, J. A. **Uso de substratos em floricultura.** Curitiba: Sul Flores, 1, 2002. (Palestra).

TEDESCO, J. M. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p. (Boletim Técnico 5).

VENEKLAAS, E. J.; POORTER, L. Growth and carbon partitioning strategies of tropical tree seedlings in contrasting light environments. In: POORTER, L. **Seedling growth of Bolivian rain Forest tree species in relation to light and water availability**. Utrecht: Utrecht University, 1998. p. 41-60.

WENDLING, I.; FERRARI, M. F.; GROSSI, F. **Curso intensivo de viveiros e produção de mudas**. Colombo: Embrapa-florestas, 2002. 48 p. (Documentos, n. 79).

WENDLING, I.; GATTO, A. **Substratos, adubação e irrigação na produção de mudas**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2002. 166p.

ANEXOS

ANEXO 1 – ÁRVORE DE AROEIRA	86
ANEXO 2 – ÁRVORE DE VACUM COM FRUTOS	87
ANEXO 3 – MATERIAIS UTILIZADOS NAS MISTURAS DOS SUBSTRATOS	88
ANEXO 4 – ESTUFAS ONDE FORAM PRODUZIDAS AS MUDAS	89
ANEXO 5 – IDENTIFICAÇÃO DAS MUDAS E MONTAGEM DO ROCAMBOLE PARA TRANSPORTE DESTAS AO LABORATÓRIO	90
ANEXO 6 – PREPARAÇÃO E LEITURA DA ÁREA FOLIAR	91
ANEXO 7 – PREPARAÇÃO E LEITURA DAS VARIÁVEIS MORFOLÓGICAS DAS RAÍZES.	92
ANEXO 8 – ASPECTO DAS RAÍZES DE AROEIRA 105 DIAS APÓS A EMERGÊNCIA DE PLÂNTULAS	93
ANEXO 9 – ASPECTO DAS FOLHAS DE VACUM VOLTADAS PARA BAIXO (ESTRATÉGIA ADAPTATIVA)	94
ANEXO 10 – BROTAÇÕES LATERAIS EMITIDAS PELAS MUDAS DE VACUM	94
ANEXO 11 – ASPECTO DAS RAÍZES DE VACUM 135 DIAS APÓS A EMERGÊNCIA DE PLÂNTULAS	95
ANEXO 12 – MUDAS DE VACUM ATINGIDAS PELA GEADA	96

ANEXO 1 – ÁRVORE DE AROEIRA



ANEXO 2 – ÁRVORE DE VACUM COM FRUTOS



ANEXO 3 – MATERIAIS UTILIZADOS NAS MISTURAS DOS SUBSTRATOS

**CPV****CAC****FCG****FCM****VC**

ANEXO 4 – ESTUFAS ONDE FORAM PRODUZIDAS AS MUDAS



ANEXO 5 – IDENTIFICAÇÃO DAS MUDAS E MONTAGEM DO ROCAMBOLE PARA TRANSPORTE DESTAS AO LABORATÓRIO



ANEXO 6 – PREPARAÇÃO E LEITURA DA ÁREA FOLIAR



ANEXO 7 –PREPARAÇÃO E LEITURA DAS VARIÁVEIS MORFOLÓGICAS DAS RAÍZES



ANEXO 8 – ASPECTO DAS RAÍZES DE AROEIRA 105 DIAS APÓS A EMERGÊNCIA DE PLÂNTULAS



ANEXO 9 – ASPECTO DAS FOLHAS DE VACUM VOLTADAS PARA BAIXO (ESTRATÉGIA ADAPTATIVA)



ANEXO 10 – BROTAÇÕES LATERAIS EMITIDAS PELAS MUDAS DE VACUM



ANEXO 11 – ASPECTO DAS RAÍZES DE VACUM 135 DIAS APÓS A EMERGÊNCIA DE PLÂNTULAS



ANEXO 12 – MUDAS DE VACUM ATINGIDAS PELA GEADA

