

JOSÉ MAURO GOMES

PARÂMETROS MORFOLÓGICOS NA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE
MUDAS DE *Eucalyptus grandis*, PRODUZIDAS EM DIFERENTES
TAMANHOS DE TUBETE E DE DOSAGENS DE N-P-K.

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de "Doctor Scientiae".

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2001

JOSÉ MAURO GOMES

PARÂMETROS MORFOLÓGICOS NA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE
MUDAS DE *Eucalyptus grandis*, PRODUZIDAS EM DIFERENTES
TAMANHOS DE TUBETE E DE DOSAGENS DE N-P-K.

APROVADA: 12 de dezembro de 2001

Prof. Dr. Hélio Garcia Leite
(Conselheiro)

Prof. Dr. Aloisio Xavier
(Conselheiro)

Prof. Dr. Ésio de Pádua Fonseca

Prof. Dr. Wantuelfer Gonçalves

Prof. Dr. Laércio Couto
(Orientador)

Aos meus pais José Saraiva e Maria do Carmo,
Aos meus filhos Marco Túlio e Tatiana,
À minha esposa Clara Regina,
A Octacílio e Lira Maciel,
Aos meus familiares,
Aos meus amigos,

Pelo apoio, pelo incentivo e pela amizade,
Dedico este trabalho.

AGRADECIMENTOS

À minha esposa Clara Regina e aos meus filhos Marco Túlio e Tatiana, pelo amor, pela amizade, pelo estímulo e pela valiosa ajuda.

Ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa pela oportunidade de realização do curso.

Ao Professor Laércio Couto pela amizade, pela orientação, pelos ensinamentos e pela dedicação na realização deste trabalho.

Aos Professores Hélio Garcia Leite, Aloisio Xavier, Ésio de Pádua Fonseca e Wantuelfer Gonçalves, pelos ensinamentos, pelas sugestões, pelo apoio e pela amizade.

Aos professores Laércio Couto, Aloisio Xavier, Guido Assunção Ribeiro, Haroldo Nogueira de Paiva, Carlos Antônio A. S. Ribeiro, Sebastião Venâncio Martins, Rita de Cássia Gonçalves Borges e Luciano Baião Vieira, pelos ensinamentos nas disciplinas cursadas.

A Silvana Lages Ribeiro Garcia, pela amizade, pelo estímulo, pelo apoio e pelas contribuições para a realização deste trabalho.

Aos Engenheiros Florestais Antônio Sérgio Alípio e Luciano do Amaral Rodrigues, da CENIBRA - Celulose Nipo-Brasileira S.A., pela amizade, pelo apoio e pelo estímulo.

Aos Engenheiros Florestais Ivar Wendling e José Urbano Alves, pela amizade, pelo estímulo e pelo apoio.

À Rita de Cássia Silva Alves, pelo excelente atendimento, pela competência e pelo apoio na secretaria da pós-graduação.

Aos funcionários do Setor de Pesquisa em Propagação de Plantas Lenhosas, Geraldo Magela de Araújo Mol, Sebastião José de Freitas, Adão do Carmo, João Geraldo de Freitas, Maurício da Silva Araújo e Wantuil dos Santos, pelo apoio, pela dedicação e pela amizade.

Aos professores e aos funcionários do Departamento de Engenharia Florestal pelo incentivo e pelo apoio.

Aos meus colegas do curso de Pós-Graduação em Ciência Florestal pela convivência, pelo estímulo e pelo apoio.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

JOSÉ MAURO GOMES, filho de José Saraiva Gomes e de Maria do Carmo Gomes, nasceu em 10/08/1946, em Viçosa, MG, Brasil.

Em março de 1968, ingressou na Escola Superior de Florestas da Universidade Rural do Estado de Minas Gerais, graduando-se em Engenharia Florestal em dezembro de 1971.

Em janeiro de 1972, foi contratado como Engenheiro pelo Projeto de Desenvolvimento e Pesquisa Florestal PNUD/FAO/IBDF/BRA-45.

Em março de 1975, iniciou o curso de Pós-Graduação, em nível de mestrado, em Ciência Florestal, no Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa, defendendo tese em junho de 1977, obtendo o título de "Magister Scientiae".

Em julho de 1977, foi contratado como professor, sendo hoje Titular em Propagação de Espécies Lenhosas e Técnicas Silviculturais do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa.

Em agosto de 2000, iniciou o curso de Pós-Graduação, em nível de doutorado, em Ciência Florestal, no Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa, defendendo tese em dezembro de 2001, obtendo o título de "Doctor Scientiae".

ÍNDICES

RESUMO.....	XII
ABSTRACT.....	XIII
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	3
2.1. Qualidade das Mudas	3
2.2. Parâmetros Morfológicos.....	6
2.2.1. Altura da parte aérea.....	6
2.2.2. Diâmetro do coleto	8
2.2.3. Produção de matéria seca.....	8
2.2.3.1. Peso de matéria seca total.....	9
2.2.3.2. Peso de matéria seca da parte aérea.....	9
2.2.3.3. Peso de matéria seca das raízes	10
2.2.4. Índices que determinam a qualidade de mudas	10
2.2.4.1. Relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto	10
2.2.4.2. Relação altura da parte aérea/peso de matéria seca da parte aérea	11
2.2.4.3. Relação do peso de matéria seca da parte aérea/ peso de matéria seca das raízes	11
2.2.4.4. Índice de qualidade de Dickson (IQD)	12
2.3. Recipientes na Qualidade de Mudas.....	13
2.3.1. Torrão Reba	15
2.3.2. Torrão Paulista.....	15
2.3.3. Torronete	16
2.3.4. Laminado de madeira.....	17
2.3.5. Togaflora.....	18
2.3.6. Paper-pot.....	18
2.3.7. Fertil-pot	19
2.3.8. Vapo	19
2.3.9. Bandejas de isopor	20
2.3.10. Win-strip.....	21
2.3.11. Saco plástico.....	22
2.3.12. Tubetes de plástico rígido	24

2.4. Substrato na Qualidade de Mudanças	27
2.4.1. Vermiculita.....	28
2.4.2. Composto orgânico.....	30
2.4.3. Moinha de carvão	32
2.4.4. Terra de subsolo.....	33
2.4.5. Acícula de Pinus	34
2.4.6. Esterco bovino	34
2.4.7. Serragem	36
2.4.8. Turfa	36
2.4.9. Bagaço de cana	37
2.5. Fertilização na qualidade de mudas	38
2.5.1. Nitrogênio	39
2.5.2. Fósforo.....	40
2.5.3. Potássio.....	41
2.5.4. Cálcio	42
2.5.5. Magnésio	43
2.5.6. Enxofre	44
2.5.7. Ferro.....	45
2.5.8. Zinco.....	45
2.5.9. Cobre.....	46
2.5.10. Molibdênio.....	46
2.5.11. Boro.....	47
2.5.12. Manganês	48
2.5.13. Cloro	48
3. MATERIAL E MÉTODOS	50
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	54
4.1. Tamanhos dos Tubetes, Fertilizações e Idades	54
4.2. Parâmetros morfológicos e o padrão de qualidade das mudas	76
5 . RESUMO	88
6. CONCLUSÕES	90
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	91

LISTA DE QUADROS

	Página
1 . Diferentes tamanhos de tubetes de plástico rígido com seus diâmetros, suas alturas e seus volumes, utilizados para a produção de mudas de <i>Eucalyptus grandis</i>	87
2 . Resultados das análises químicas do substrato utilizado, provenientes da mistura de composto orgânico (80%) e de moinha de carvão (20%) com as adubações de Nitrogênio, de Fósforo e de Potássio (presença e ausência), combinados entre si, constituindo os oito tratamentos.....	89
3 . Arranjo dos quatro tamanhos de tubetes com as 8 combinações dos elementos N, P e K, formando os trinta e dois tratamentos.....	89
4 . Resumo da análise de variância dos dados da Altura (H), do Diâmetro do Coleto (DC) e da Relação Altura/Diâmetro do Coleto (RHDC), de mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> avaliadas aos 60, 90 e 120 dias após a semeadura.....	95

5 . Resumo da análise de variância dos dados dos Pesos de Matéria Seca da Parte Aérea (PMSPA), das Raízes (PMSR) e Total (PMST) de mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> avaliadas aos 60, 90 e 120 dias após a semeadura.....	96
6 . Resumo da análise de variância dos dados da Relação Altura/Peso da Matéria Seca da Parte Aérea (RHPMSPA), da Relação Parte Aérea/Raízes (RPPAR) e do Índice de Qualidade de Dickson (IQD), de mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> avaliadas aos 60, 90 e 120 dias após a semeadura.....	97
7 . Médias das alturas das mudas (H) de <i>Eucalyptus grandis</i> em diferentes idades, adubações e tamanhos de tubetes.....	102
8 . Médias dos diâmetros do coleto (DC) de mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> em diferentes idades, adubações e tamanhos de tubetes...	105
9 . Médias da relação altura/diâmetro do coleto (RHDC) de mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> em diferentes idades, adubações e tamanhos de tubetes.....	108
10 . Médias dos pesos de matéria seca da parte aérea (PMSPA) de mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> em diferentes idades, adubações e tamanhos de tubetes.....	110
11 . Médias dos pesos de matéria seca da raiz (PMSR) de mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> em diferentes idades, adubações e tamanhos de tubetes.....	112
12 . Médias dos pesos de matéria seca total (PMST) de mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> em diferentes idades, adubações e tamanhos de tubetes.....	115
13 . Médias das Relações altura/peso da matéria seca da parte aérea (RHPMSPA) de mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> em diferentes idades, adubações e tamanhos de tubetes.....	117

14 . Médias das relações parte aérea/raiz (RPPAR) de mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> em diferentes idades, adubações e tamanhos de tubetes.....	120
15 . Médias dos Índices de Qualidade de Dickson (IQD) de mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> em diferentes idades, adubações e tamanhos de tubetes.....	122
16 . Agrupamento dos 32 tratamentos, com base nos parâmetros de qualidade das mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> avaliadas aos 60, 90 e 120 dias após a <i>semeadura</i> , utilizando a distância generalizada de Mahalanobis e o método de Tocher, com suas respectivas médias.....	126
17 . Agrupamento dos 32 tratamentos e a contribuição relativa dos parâmetros de qualidade das mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> avaliadas aos 60 dias após a <i>semeadura</i> , tendo como base o método de Tocher, utilizando a distância generalizada de Mahalanobis.....	130
18 . Agrupamento dos 32 tratamentos e a contribuição relativa dos parâmetros de qualidade das mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> avaliadas aos 90 dias após a <i>semeadura</i> , tendo como base o método de Tocher, utilizando a distância generalizada de Mahalanobis.....	135
19 . Agrupamento dos 32 tratamentos e a contribuição relativa dos parâmetros de qualidade das mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> avaliadas aos 120 dias após a <i>semeadura</i> , tendo como base o método de Tocher, utilizando a distância generalizada de Mahalanobis.....	139

RESUMO

Gomes, José Mauro, D.S., Universidade Federal de Viçosa, dezembro de 2001. **Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*, produzidas em diferentes tamanhos de tubete e de dosagens de N - P - K.** Orientador: Laércio Couto. Conselheiros: Hélio Garcia Leite e Aloisio Xavier.

Este experimento foi instalado no Viveiro de Pesquisas em Propagação de Plantas Lenhosas do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, em novembro de 2000, com o objetivo de estudar os parâmetros morfológicos e seus índices, determinados pelas suas relações, nas avaliações da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis* produzidas em diferentes tamanhos de tubetes e de dosagens de N - P - K. O substrato utilizado foi uma mistura de 80% de Composto Orgânico (CO) e de 20% de Moinha de Carvão (MC), adubados com a presença e ausência dos elementos N, P e K. Como embalagens foram utilizados 4 tamanhos de tubetes de plástico rígido com volumes de 50, 110, 200 e 280cm³, ficando acondicionados em bandejas de plástico rígido a 80cm de altura. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, disposto num arranjo fatorial com 32 tratamentos e três repetições. As análises estatísticas foram efetuadas com o objetivo de avaliar os parâmetros morfológicos e os índices resultantes de suas relações, assim como para verificar o agrupamento dos tratamentos, com base nos parâmetros de qualidade das mudas de *Eucalyptus grandis* avaliadas nas idades definidas, utilizando a distância generalizada de Mahalanobis e o método de Tocher. Em cada idade, independente das fertilizações, as médias das alturas e dos pesos de matérias secas, foram significativamente maiores, à medida que se aumentou o volume dos tubetes, provavelmente devido às considerações de nutrição e espaço para o crescimento radicular em maior volume de substrato. Os volumes dos tubetes devem ser considerados na produção de mudas de *Eucalyptus grandis*. Apesar de os maiores crescimentos terem sido nos maiores tubetes, esses não devem ser utilizados, uma vez que as alturas das mudas estão acima das tecnicamente ótimas para o plantio, além de o custo de produção ser

onerado. Aos 60 dias de idade as mudas ainda estão pequenas e bastante tenras, sem o endurecimento adequado para o plantio no campo. Aos 120 dias após a semeadura o crescimento das raízes e da altura das mudas é afetado, mesmo nos tubetes de maiores volumes, não sendo essa a idade indicada. Após 90 dias de idade os volumes dos tubetes começam a restringir o crescimento das mudas, permitindo um maior crescimento diamétrico e uma maior produção de matéria seca. A adoção do diâmetro do coleto, da altura da parte aérea e da relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto deve ser indicada na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*, aos 90 dias de idade e os tubetes de 50 e de 110 cm³, poderão ser utilizados, devido ao fato de que foram os parâmetros que apresentaram uma boa contribuição relativa, sem contudo ser um processo destrutivo, além de ser fácil as suas determinações.

ABSTRACT

GOMES, José Mauro, D.S., Universidade Federal de Viçosa, December 2001. **Morphologic parameters in evaluating the quality of *Eucalyptus grandis* seedlings produced in different-sized tubes and doses of N-P-K.** Adviser: Laércio Couto. Committee members: Hélio Garcia Leite and Aloisio Xavier.

Aiming at the study on morphologic parameters and their indices determined by their relations in evaluating the quality of *Eucalyptus grandis* seedlings produced in different-sizes tubes and doses of N-P-K, an experiment was carried out on November 2000 at the "viveiro de pesquisas em propagação de plantas lenhosas" of the Forest Engineering Department in Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG. A mixture of 80% organic compound (CO) and 20% charcoal powder fertilized with and without the elements N, P and K was used as substrate. Four sizes of hard plastic tubes at the volumes of 50, 110, 200 and 300 cm³ were arranged on hard plastic trays at 80cm height and used as wrappings. The randomized block experimental design was used at a factorial arrangement with 32 treatments and three replicates. The statistical analyses were performed to evaluate the morphological parameters and the indices resulting from their relationships, as well as to verify the grouping of the treatments based on the quality parameters of the *Eucalyptus grandis* seedlings evaluated at definite ages by using the Mahalanobis generalized distance and the Tocher method. Independently of fertilizations, at each age the averages of the heights and dry matter weights were significantly higher as the tube volumes were increased, which was probably due to considerations of the nutrition and space for root growth in a higher substrate volume. The tube volumes should also be considered in producing *Eucalyptus grandis* seedlings. Although the highest growths occurred in the larger tubes, these tubes should not be used because the seedling heights far surpass the ones considered as technically optimum to planting, besides higher production cost. At 60-day old, the seedlings are still small and quite tender, and do not present the hardness appropriate to field planting. At 120 days after sowing, the restriction to root growth and

seedling height are affected even in the larger volume tubes, so this is not the indicated age. After 90-day old, the tube volumes begin to restrain the seedling growth, then allowing for a higher root collar diameter growth and a higher dry matter production. The adoption of the height of the aerial part, root collar diameter and height of the aerial part /root collar diameter relationship should be indicated to estimate the quality of the *Eucalyptus grandis* seedlings in the 50 and 110 cm³ volume tube when they were 90-day old might be used, since although presenting a satisfactory relative contribution besides being a nondestructive, easily determined and measured parameter.

1. INTRODUÇÃO

Para atender à crescente demanda de madeira, com características tecnológicas exigidas para os diversos usos, os plantios, principalmente com espécies dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*, têm-se expandido e, conseqüentemente, o número de mudas requeridas tem tido também um aumento bastante significativo. Devido a isso, esforços consideráveis tem sido exigidos dos pesquisadores florestais no sentido de definir métodos e técnicas de produção de mudas de alto padrão de qualidade, com custo condizente com a realidade florestal brasileira.

O êxito na formação de florestas de alta produção depende em grande parte do padrão de qualidade das mudas plantadas, as quais, além de terem que resistir às condições adversas encontradas no campo após o plantio, deverão sobreviver e, por fim, produzir árvores com crescimento volumétrico economicamente desejável (GOMES et al., 1991).

Para que isso seja viabilizado as mudas deverão possuir certas características, a saber: a) parte aérea sem bifurcações, sem tortuosidades, sem deficiências minerais e sem estiolamentos; b) sistema radicular com raiz principal reta, sem bifurcações, sem enovelamentos e com raízes secundárias bem distribuídas, apresentando uma boa arquitetura e formando um torrão bem agregado ao substrato; c) boa relação da parte aérea com o sistema radicular; d) bom aspecto fitossanitário e isentas de pragas e doenças; e) altura compatível com as exigências climáticas, edáficas e com os métodos e técnicas de plantio e f) estarem endurecidas para resistirem às condições adversas do campo, sobreviverem e crescerem satisfatoriamente.

A substituição de sacos plásticos por tubetes cônicos de plástico rígido com 2,8 cm de diâmetro, 12,5 cm de altura e 50,0 cm³, principalmente para a produção de mudas de eucalipto em grande escala foi uma tomada de decisão acertada, apesar de que hoje o mercado oferece várias opções de tipos e de tamanhos de tubetes que poderiam ser utilizados com êxito e ainda não testados para muitas espécies florestais, inclusive para os eucaliptos, mas que deveriam ser pesquisados uma vez que diferentes espécies poderão exigir outros tamanhos de tubetes.

Este processo é relativamente simples e prático, sendo seu uso implementado pela maioria das empresas florestais, principalmente as de grande porte, apresentando algumas

vantagens como: possuir pequeno diâmetro, ocupar menor área no viveiro; possibilitar mecanização e automatização das operações; permitir que os operários trabalhem em posição mais ergonômica, melhorando a sua saúde; promove maior uniformidade das mudas, diminuindo as necessidades de classificações e de seleções; melhora a arquitetura do sistema radicular, diminuindo consideravelmente os problemas com seu enovelamento e; necessita de menor volume de substrato, reduzindo o peso, os custos do substrato, do transporte, da distribuição e do plantio das mudas no campo.

A produção de mudas por meio da semeadura direta em tubetes, principalmente para os eucaliptos, tendo a vermiculita como substrato, apresenta algumas vantagens, mas não se conseguiu ainda, superar alguns problemas relacionados principalmente com a nutrição das mudas e a consistência do torrão, não permitindo que essas sejam transportadas para o campo sem os tubetes, encarecendo o processo (GOMES et al., 1985).

Existem outros substratos, principalmente os constituídos de materiais orgânicos, adequados para esse método de produção de mudas e que a princípio, mostram algumas vantagens, tais como: apresentarem macros e micros nutrientes em sua composição; terem boa capacidade de retenção de nutrientes; ocorrerem em grandes quantidades na natureza ou podem ser produzidos no próprio viveiro com custos compatíveis com o sistema de produção de mudas, além de possibilitar que a muda apresente um torrão mais consistente e com boa agregação do sistema radicular.

O uso do composto orgânico, na produção de muda de espécies florestais, por semeadura direta nos tubetes, tem sido implementado com bastante êxito por um número considerável de empresas florestais. Um dos melhores tratamentos que proporcionou a produção de mudas de *Eucalyptus grandis*, técnica e economicamente viáveis foi a mistura de 80% de composto orgânico e 20% de moinha de carvão vegetal, tendo essa uma granulometria entre 1 e 5mm (GOMES et al., 1985). Esse substrato tem-se mostrado eficiente na produção de mudas com qualidade para um grande número de espécies florestais.

Apesar de substanciais ganhos tecnológicos terem sido alcançados por meio das pesquisas efetuadas, principalmente no que se refere a embalagens, a substratos, a fertilizações e à qualidade das mudas de espécies florestais, os parâmetros para a sua avaliação ainda merecem estudos para uma escolha mais acertada.

O objetivo deste trabalho foi o de avaliar as contribuições relativas dos parâmetros morfológicos e de seus índices, determinados pelas suas relações, nas avaliações da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis* produzidas em diferentes tamanhos de tubetes e dosagens de N, P e K.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Qualidade das Mudas

A sobrevivência, o estabelecimento, bem como a frequência dos tratos culturais e o crescimento inicial das mudas são avaliações necessárias e imprescindíveis para o sucesso de qualquer empreendimento florestal e isso está diretamente relacionado com o padrão de qualidade das mudas por ocasião do plantio definitivo no campo (CARNEIRO, 1983; DURYEY, 1985; GOMES et al., 1991; CARNEIRO, 1995; FONSECA, 2000), merecendo ressaltar que o potencial genético, as condições fitossanitárias e a conformação do sistema radicular das mudas também são importantes para que se tenha uma boa produtividade dos povoamentos florestais (CARVALHO, 1992).

A necessidade de se produzir mudas de espécies florestais em áreas bem definidas, com características específicas e controladas, denominadas de viveiros, deve-se ao fato da sua fragilidade, precisando de proteção na fase inicial e de manejos especiais, de maneira a obter uma maior uniformização de crescimento, tanto da altura quanto do sistema radicular, e promovendo um endurecimento tal que, após o plantio no campo, permitam-nas resistirem às condições adversas lá encontradas, sobreviverem e depois crescerem satisfatoriamente.

Quando as condições edafoclimáticas da área de plantio forem favoráveis à sobrevivência e ao crescimento inicial das mudas a avaliação da qualidade dessas não é tão primordial (BARNETT, 1981), mas quando essas forem adversas, e isso acontece na maioria das vezes, as mudas deverão estar endurecidas, com padrão de qualidade tal que as permitam sobreviver, evitando replantios e conseqüentes gastos desnecessários, assim como crescer a um nível compatível com o economicamente esperado.

O crescimento semelhante entre povoamentos florestais, plantados com mudas de diferentes padrões de qualidade, poderá ocorrer (CARNEIRO e RAMOS, 1981), porém a mortalidade nos primeiros anos pode apresentar uma estreita relação com o método de produção das mudas (FREITAS e KLEIN, 1993) e conseqüentemente com a sua qualidade, uma vez que um maior crescimento inicial diminui a frequência dos tratos culturais,

minimizando os custos de implantação do povoamento (CARNEIRO, 1995), além do que o replantio é uma operação bastante onerosa, podendo ser dispensável quando a sobrevivência for elevada (NOVAES, 1998).

Apesar de o êxito das plantações florestais depender, em grande parte, das mudas utilizadas, os parâmetros que avaliam a sua qualidade ainda não estão muito bem definidos e, quase sempre, a sua determinação não é operacionalmente viável na maioria dos viveiros.

Os critérios na seleção das mudas para o plantio são baseados em parâmetros que, na maioria das vezes, não determinam as suas reais qualidades, uma vez que o padrão de qualidade dessas varia de acordo com a espécie e, para uma mesma espécie, entre diferentes sítios ecológicos (CARNEIRO, 1995), além do tipo de transporte para o campo, distribuição e plantio. Mesmo assim existem várias razões para a utilização de testes para definir o padrão de qualidade de mudas, agregando a elas alguns valores (MUNSON, 1986) que, de acordo com os critérios adotados são muitas vezes exigidos pelo mercado.

Na determinação da qualidade das mudas de espécies florestais, em condições para o plantio, os parâmetros utilizados baseiam-se ou nos aspectos morfológicos ou nos fisiológicos (WAKELEY, 1954).

A qualidade tanto morfológica quanto fisiológica das mudas depende da constituição genética pertinente a cada semente, das condições ambientais e dos métodos e das técnicas de produção, das estruturas e dos equipamentos utilizados e, por fim, do tipo de transporte dessas para o campo (PARVIAINEN, 1981).

As características nas quais se baseiam as empresas florestais para a classificação e a seleção das mudas, principalmente, de eucaliptos, com um padrão de qualidade desejável são: a altura, que de acordo com o sítio e o sistema de plantio estão entre 15 e 30cm; o diâmetro do coleto com aproximadamente 2mm; o sistema radicular bem desenvolvido, com boa formação, sem enovelamento, com raiz principal reta, com raízes secundárias bem distribuídas e com boa agregação ao substrato; uma boa rigidez da haste; um bom aspecto fitossanitário, sem deficiências minerais, sem pragas e sem doenças (FONSECA, 1988).

Os parâmetros fisiológicos não são simples, de difíceis mensurações e análises, principalmente nos viveiros florestais comerciais. Muitas vezes não permitem avaliar com clareza a real capacidade de sobrevivência e crescimento inicial das mudas após plantio, contrariando as expectativas de qualquer empreendimento florestal.

As mudas fisiologicamente fracas, em princípio, devem ser refugadas, apesar de que elas poderão se recuperar, apresentando um crescimento com características satisfatórias para o plantio, mas permanecendo dúvidas sobre o seu crescimento no campo.

Os parâmetros morfológicos são os mais utilizados na determinação do padrão de qualidade das mudas, tendo uma compreensão de forma mais intuitiva por parte dos viveiristas, mas ainda carente de uma definição mais acertada para responder às exigências, quanto à sobrevivência e ao crescimento, determinadas pelas adversidades encontradas no campo após o plantio. Sua utilização tem sido justificada pela facilidade de medição e/ou visualização em condição de viveiro.

Tanto os parâmetros morfológicos quanto os fisiológicos apresentam vantagens e desvantagens para a avaliação do padrão de qualidade de mudas, podendo serem utilizados sozinhos ou em conjunto, dependendo do nível de qualidade que se quer ter, em função do objetivo da produção.

Os parâmetros morfológicos e os índices, resultantes das relações desses, poderão ser utilizados, isoladamente ou em conjunto, para a classificação das mudas segundo um

padrão de qualidade estabelecido desde que essas sejam produzidas em condições ambientais semelhantes (FONSECA, 2000).

A avaliação do padrão de qualidade de mudas de espécies florestais está diretamente relacionada com os parâmetros medidos, sendo que a qualidade dessas depende principalmente da escolha acertada da embalagem a ser utilizada, do substrato e de sua adequada fertilização, das técnicas de produção e manejo, além do tempo gasto para a sua produção.

2.2. Parâmetros Morfológicos

Os parâmetros morfológicos são atributos determinados por medições ou visualmente, sendo que algumas pesquisas têm sido realizadas visando mostrar que os critérios que adotam essas características são importantes para o sucesso do desempenho das mudas após o plantio no campo (FONSECA, 2000), porém eles podem não permitir conclusões definitivas a respeito do estágio de desenvolvimento do processo de produção de mudas, além do que essas características podem ser mensuráveis até em mudas mortas (CARNEIRO, 1995).

Pelas facilidades de medições e/ou visualizações os parâmetros morfológicos têm sido os mais utilizados na determinação do padrão de qualidade de mudas de espécies florestais, estando os principais citados a seguir: altura da parte aérea (H), diâmetro do coleto (DC), peso de matéria seca total (PMST) peso de matéria seca da parte aérea (PMSPA) e peso de matéria seca das raízes (PMSR).

2.2.1. Altura da parte aérea

A altura da parte aérea é de fácil medição e devido a isso sempre foi utilizada com eficiência para estimar o padrão de qualidade de mudas de espécies florestais nos viveiros (GOMES, 1978), sendo considerada também como um dos mais importantes parâmetros para estimar o crescimento no campo (REIS et al. 1991), além do que sua medição não acarreta a destruição delas.

Vale ressaltar que a altura fornece uma excelente estimativa da predição do crescimento inicial no campo, sendo tecnicamente aceita como uma boa medida do potencial de desempenho das mudas, apesar de que esse parâmetro pode ser influenciado por algumas práticas que são adotadas nos viveiros florestais (MEXAL e LANDS, 1990).

A altura é considerada um dos parâmetros mais antigos utilizados na classificação e seleção de mudas de espécies florestais (PARVIAINEN, 1981), sendo enfatizado que dimensões mais uniformes facilitam a mecanização da produção, contribuindo sensivelmente para reduzir a necessidade de classificação dessas (BACON, 1979), contudo existem algumas controvérsias sobre a definição do tamanho ideal de mudas para o plantio definitivo (FAO, 1975), estando condicionadas às espécies e ao sistema de plantio, principalmente.

Mudas de *Pinus taeda*, com diferentes alturas, não apresentaram diferenças na taxa de sobrevivência e no crescimento inicial, em plantios com até 15 meses de idade (CARNEIRO, 1976).

Até aos seis meses, as diferenças de tamanho das mudas de *Eucalyptus grandis* não tiveram efeito sobre o crescimento no campo (BALLONI et al., 1978).

Para mudas com maiores alturas, no viveiro, o resultado após o plantio no campo foi a obtenção de uma maior taxa de sobrevivência e maior crescimento inicial tanto para *Pinus radiata* (PAWSEY, 1972) como também para *Pseudotsuga menziesii* (RICHTER, 1971), porém essa correlação positiva ocorreu somente até os seis primeiros meses, sendo que após essa idade o inverso foi constatado para *Eucalyptus grandis* (BORGES et al., 1980).

As mudas de *Pinus taeda* com diferentes alturas apresentaram valores proporcionais para altura, diâmetro à altura do peito e volume, aos seis anos após o plantio no campo (CARNEIRO e RAMOS, 1981).

Em revisões de vários trabalhos de pesquisas, relacionando diversos autores (BACON, 1979; PARVIAINEN, 1981) e em trabalhos específicos com o objetivo de estudar o plantio no campo com mudas de *Pinus elliottii* (BACON et al., 1977), de *Eucalyptus grandis* (BARROS et al., 1978) e de *Pinus* spp (PARVIAINEN, 1984), foi observado que as mudas plantadas com maiores alturas promoveram menores taxas de sobrevivência e menores crescimentos.

Devido a estas controvérsias, numa análise imediata, fica evidenciado que a utilização da altura das mudas de espécies florestais como único meio de avaliação do padrão de qualidade, pode apresentar deficiências no julgamento quando se espera um alto desempenho dessas, principalmente nos primeiros meses após o plantio. Porém para mudas sem nenhuma restrição ao crescimento normal, a altura ainda é um excelente parâmetro, além de ser muito fácil a sua determinação para qualquer espécie e em todo tipo de viveiro.

Numa análise mais detalhada observa-se que para espécies diferentes os resultados não foram os mesmos, além do que as técnicas utilizadas nas produções, parecem que não foram iguais.

Para que os resultados possam ser semelhantes tanto as espécies quanto os métodos de produção de mudas e as técnicas de viveiro utilizadas deverão ser observados, além de a necessidade de se ter definida uma altura padrão ideal para plantio, sendo que isso ainda carece de investigações, existindo algumas controvérsias.

Mudas sombreadas, adensadas, estioladas ou com quantidades de adubações, principalmente nitrogenadas, acima do necessário ou desbalanceadas, possuem maiores alturas, mas na maioria das vezes com haste fina, menor diâmetro do coleto e menor peso de matéria seca, acarretando menor resistência às condições adversas encontradas na área de plantio. Isso na grande maioria das vezes acarreta uma maior mortalidade, um conseqüente replantio, um menor crescimento e perdas de ordem econômica.

Apesar de a altura da parte aérea, considerada isoladamente, estar sendo utilizada como o único meio para avaliar o padrão de qualidade, recomenda-se que os seus valores só sejam recomendados para a seleção de mudas de mesma espécie, além de terem sido produzidas com técnicas e em condições ambientais semelhantes e, preferencialmente, quando esses forem combinados com os de outros parâmetros (FONSECA, 2000).

A altura da parte aérea é um excelente parâmetro para avaliar o padrão de qualidade de mudas de espécies florestais, mas a literatura apresenta resultados controversos, uma vez que mudas crescem mais ou menos no campo, independente de seu tamanho inicial. Talvez isso seja devido à práticas de viveiro, como, principalmente, o sombreamento, o tamanho das embalagens e as adubações excessivas ou desbalanceadas.

Observações têm mostrado que, estando definida a altura ideal para o plantio, as idades das mudas tem relevância na sua qualidade, principalmente no seu endurecimento e conseqüente sobrevivência e crescimento inicial.

Para mudas de eucaliptos, produzidas sexuadamente, o tempo recomendado para a sua produção está por volta de 90 dias. Considerando que essa deva ser a idade ideal para o plantio, as mudas com diferentes alturas terão também qualidades diferentes.

2.2.2. Diâmetro do coleto

O diâmetro do coleto é facilmente mensurável (GOMES, 1978) e, por ser obtido sem a destruição da planta, está sendo considerado, por muitos pesquisadores, como sendo um dos mais importantes parâmetros para estimar a sobrevivência, logo após o plantio, de mudas de diferentes espécies florestais, (SCHUBERT e ADANS, 1971; CARNEIRO, 1976; FERREIRA, 1977; HINES e LONG, 1985; MEXAL e LANDIS, 1990; REIS et al., 1991; FONSECA, 2000).

O diâmetro do coleto, sozinho ou combinado com a altura, é uma das melhores característica morfológica para predizer o padrão de qualidade das mudas (JOHNSON e CLINE, 1991), sendo verificado que ele, mesmo sozinho, pode ser utilizado como uma eficiente medida para avaliar a qualidade de mudas de *Pinus radiata* (ANSTEY, 1971).

As mudas devem apresentar diâmetros do coleto maiores para um melhor equilíbrio do crescimento da parte aérea (CARNEIRO, 1995), principalmente quando se exige um maior endurecimento delas.

O padrão de qualidade das mudas de várias espécies florestais, prontas para o plantio, possui alta correlação com o diâmetro do coleto e isso pode ser observado nos significativos aumentos nas taxas de sobrevivência e de crescimento (IKE, 1962; ANSTEY, 1971; CARNEIRO, 1976 e BACON et al., 1977), porém numa pesquisa com *Pinus taeda* foi mostrado que mudas com diferentes dimensões iniciais de diâmetros do coleto, aos seis anos após o plantio no campo, apresentaram valores proporcionais para a altura, o diâmetro à altura do peito e o volume (CARNEIRO; RAMOS, 1981).

Revisando a literatura foi constatado que o diâmetro do coleto é fortemente correlacionado com as demais características das mudas, chegando a explicar de 70 a 80% das diferenças de peso de matéria seca que ocorrem entre elas (PARVIAINEN, 1984).

A definição de um valor do diâmetro do coleto que exprima com fidelidade o real padrão de qualidade das mudas para o plantio em local definido depende da espécie, do local, do método e das técnicas de produção, sendo que vários pesquisadores indicam para algumas espécies florestais valores diferentes, sendo superiores a 6,4 mm para *Liquidambar styraciflua* (BELANGER e MCALPINE, 1975), a 4,0 mm para *Pinus elliottii* (BACON et al., 1977), a 4,6 mm para *Araucaria angustifolia* (MALINOVSKI, 1977) e a 2,0 mm para *Eucalyptus urophylla* e para *Eucalyptus saligna* (GUERREIRO e COLLI JUNIOR, 1984). Para *Pinus taeda*, alguns pesquisadores trabalhando em condições ambientais distintas definiram diferentes valores do diâmetro do coleto, sendo maiores do que 3,7 mm (CARNEIRO e RAMOS, 1981) e do que 4,7 mm (SOUTH et al., 1985).

2.2.3. Produção de matéria seca

Embora a altura das mudas e o diâmetro do coleto serem parâmetros muito importantes para as análises do padrão de qualidade de mudas (CHAVASSE, 1977; VENTURIM, 1978; GONZALES, 1988; GOMES et al., 1990; CARNEIRO, 1995; GONÇALVES, 1995;), outros autores também devem recomendar que sejam analisados os pesos de matérias

secas das partes aéreas e das raízes (BÖHM, 1979; GOMES et al., 1980; GOMES et al., 1990).

A base da análise de crescimento das plantas é a medição em seqüência do crescimento e a medida principal é o peso de matéria seca (BLEASDALE, 1977).

A produção de matéria seca tem sido considerada como um dos melhores parâmetros para caracterizar a qualidade de mudas, apresentando, porém, o inconveniente de não ser viável a sua determinação em muitos viveiros, principalmente por envolver a completa destruição dessas (WALTERS e KOZAK, 1965), além de ser necessário o uso de uma estufa.

Tanto a sobrevivência quanto o crescimento inicial das mudas após o plantio no campo estão diretamente correlacionadas com o peso de matéria seca dessas (THOMPSON, 1985).

Quando se refere ao peso de matéria seca da muda como parâmetro de qualidade, há que se considerar, separadamente, o total, o da parte aérea e o das raízes (CARNEIRO, 1995).

Existe uma estreita relação entre o peso de matéria seca das raízes e o da parte aérea de mudas de *Pseudotsuga menziesii* (WILSON e CAMPBELL, 1972). Isso sendo verdade para outras espécies o padrão de qualidade poderia ser medido apenas com o peso de matéria seca da parte aérea, por ser mais fácil a sua determinação.

2.2.3.1. Peso de matéria seca total

Para avaliação do padrão de qualidade de mudas de *Araucaria angustifolia* o peso de matéria seca total foi importante, sendo recomendado que as mesmas não devam pesar menos que 2,0 g, mas sempre aliado a uma altura da parte aérea nunca superior a 21,0 cm (MALINOVSKI, 1977).

Os mesmos fatores que influenciaram no crescimento em altura de mudas de *Pinus taeda*, foram os que atuaram sobre o peso de matéria seca (CARNEIRO e RAMOS, 1981).

Para a produção de mudas houve uma diminuição de produção de matéria seca à medida que se aumentaram os níveis de sombra (FAIRBIRN e NEUSTEIN, 1970; FERREIRA, 1977, GOMES et al., 1978; FONSECA, 2000).

O padrão de qualidade como referência para a classificação das mudas, baseado apenas no seu peso, apresenta inerentes deficiências (CARNEIRO, 1995).

2.2.3.2. Peso de matéria seca da parte aérea

O peso de matéria seca da parte aérea, apesar de ser um método destrutivo, deve ser considerado, pois é uma boa indicação de resistência das mudas de *Pinus taeda* (CARNEIRO, 1976).

Os fatores que influenciam no crescimento em altura da parte aérea das mudas são também os responsáveis pelos seus pesos de matéria seca (CARNEIRO, 1983), sendo que esses dois parâmetros estão correlacionados positivamente (DONI FILHO, 1974; GOMES et al., 1978) e para mudas de *Pseudotsuga menziesii* foi encontrada uma estreita relação entre o

peso de matéria seca da parte aérea e o correspondente peso de matéria seca das raízes (WILSON e CAMPBELL, 1972).

2.2.3.3. Peso de matéria seca das raízes

O peso de matéria seca das raízes tem sido reconhecido como um dos melhores e mais importantes parâmetros para estimar a sobrevivência e o crescimento inicial das mudas no campo, destacando-se que, para mudas de *Pseudotsuga menziesii*, a sobrevivência foi consideravelmente maior quanto mais abundante fosse o sistema radicular, independente da altura da parte aérea (HERMANN, 1964). Outros autores encontraram para mudas dessa mesma espécie estreita correlação entre o peso de matéria seca das raízes e a altura da parte aérea (WILSON e CAMPBELL, 1972).

2.2.4. Índices que determinam a qualidade de mudas

Considerando a importância de alguns índices baseados nas relações de parâmetros morfológicos, os principais e mais utilizados nas avaliações da qualidade de mudas são citados a seguir: relação da altura da parte aérea com o diâmetro do coleto (RHDC), relação da altura da parte aérea com o peso de matéria seca da parte aérea (RHPMSPA); relação do peso de matéria seca da parte aérea com o peso de matéria seca das raízes (RPPAR) e o índice de Qualidade de Dickson (IQD).

2.2.4.1. Relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto

Em razão da facilidade de medição tanto da altura da parte aérea quanto do diâmetro do coleto e por ser um método não destrutivo, a relação desses parâmetros pode ser considerada e aplicada para muitas das espécies florestais.

A altura da parte aérea da muda combinada com o respectivo diâmetro do coleto constitui num dos mais importantes parâmetros morfológicos para estimar o crescimento das mudas após o plantio definitivo no campo (CARNEIRO, 1995).

Em trabalhos de pesquisa com *Liriodendron tulipifera* constatou-se que mudas com maior altura e maior diâmetro do coleto apresentaram maior potencial de crescimento inicial no campo (SLUDER, 1964), porém esse índice quando correlacionado com a sobrevivência têm apresentado resultados contraditórios (TRAPPE, 1971).

O valor resultante da divisão da altura da parte aérea de uma muda pelo seu respectivo diâmetro do coleto exprime um equilíbrio de crescimento, relacionando esses dois importantes parâmetros morfológicos num só índice (CARNEIRO, 1995), também denominado de quociente de robustez, sendo considerado como um dos mais precisos pois fornece informações de quanto delgada está a muda (JOHNSON e CLINE, 1991). Esse

índice apresenta um valor absoluto, não possuindo unidade, pois a altura da parte aérea é medida em centímetros e seu diâmetro do coleto em milímetros.

Este é um importante índice e quanto menor for o seu valor, maior será a capacidade de as mudas sobreviverem e se estabelecerem na área do plantio definitivo (CARNEIRO, 1983a), sendo que um crescimento equilibrado de mudas em raiz nua de *Pinus taeda* deverá ser inferior a 8,1 e quanto mais elevada for a percentagem de mudas que se enquadrem nessa norma de classificação mais acertadas terão sido as técnicas utilizadas no viveiro e mais aptas estarão as mudas para o plantio (CARNEIRO, 1976).

Para *Eucalyptus grandis* o crescimento no campo foi inversamente proporcional à altura da parte aérea das mudas, principalmente quando combinadas com um menor diâmetro do coleto (BARROS et al., 1978), reforçando a afirmação de alguns pesquisadores que as mudas devem ter um equilíbrio entre a altura da parte aérea e o seu respectivo diâmetro do coleto para que sejam mais robustas, sendo mais resistentes às condições adversas encontradas no campo, apresentando uma maior taxa de sobrevivência e, conseqüentemente, necessitando de um menor replantio.

2.2.4.2. Relação altura da parte aérea/peso de matéria seca da parte aérea

O quociente obtido pela divisão da altura da parte aérea pelo peso de matéria seca da parte aérea não é comumente usado como um índice para avaliar o padrão de qualidade de mudas, mas pode ser de grande valia, se utilizado, principalmente para predizer o potencial de sobrevivência da muda no campo. Quanto menor for esse índice mais lenhificada será a muda e maior deverá ser a sua capacidade de sobrevivência no campo.

Para as mudas que apresentem número de folhas elevado, esse índice poderá ser menor, não expressando o esperado. Para tirar essa dúvida, o peso de matéria seca da parte aérea, poderá para algumas espécies e em algumas condições, principalmente em sombreamento, ser separado em duas partes, sendo uma para as folhas e outra para o caule.

Este índice tem valor absoluto, pois a altura da parte aérea da muda é expressa em centímetros e o peso de matéria, seca em gramas.

2.2.4.3. Relação do peso de matéria seca da parte aérea/ peso de matéria seca das raízes

A relação calculada entre o peso de matéria seca da parte aérea e o do respectivo sistema radicular das mudas é considerada como um índice eficiente e seguro para expressar o padrão de qualidade dessas (LIMSTROM, 1963; PARVIAINEN, 1981), porém essa relação poderá não ter significado para o crescimento no campo (BURDETT, 1979).

A importância desta relação para *Pinus taeda*, para *P. elliottii*, para *P. echinata* e para *P. palustris*, foi confirmada e os seus valores determinados entre 1,0 e 3,0 (WAKELEY, 1954).

Para *Pinus taeda* o intervalo determinado ficou entre 2,12 e 2,87 (CARNEIRO, 1985). Chegando a conclusões semelhantes, principalmente para sítios secos, foi recomendado para a mesma espécie um valor inferior a 2,5 combinado com uma altura da parte aérea menor do que 30,0 cm (BOYER e SOUTH, 1987).

Num encontro de pesquisadores ficou estabelecido como sendo 2,0 a melhor relação entre o peso de matéria seca da parte aérea e o seu respectivo peso de matéria seca da raiz (BRISSETTE, 1984).

Esta relação é comumente utilizada como padrão de qualidade nas medições de crescimento de mudas tanto em estudos ecológicos quanto em fisiológicos, ficando constatado como sendo improvável que a sua variação, independa da procedência e do sítio (SHEPHERD e SA-ARDAVUT, 1984).

2.2.4.4. Índice de qualidade de Dickson (IQD)

O Índice de Qualidade de Dickson (IQD) é uma fórmula balanceada onde inclui as relações dos parâmetros morfológicos, como o peso de matéria seca total (PMST), o peso de matéria seca da parte aérea (PMSPA), o peso de matéria seca do sistema radicular (PMSR) a altura da parte aérea (H) e o diâmetro do coleto (DC). Esse índice de qualidade foi desenvolvido estudando o comportamento de mudas de *Picea glauca* e *Pinus monficola*, (DICKSON et al., 1960). Quanto maior for o valor desse índice, melhor será o padrão de qualidade das mudas.

$$\text{IQD} = \frac{\text{PMST (g)}}{\text{H (cm) / DC (mm) + PMSPA (g) / PMSR (g)}}$$

O índice de qualidade de Dickson é importante e é considerado como promissora medida morfológica ponderada (JOHNSON e CLINE, 1991), sendo bom indicador da qualidade das mudas, pois considera para o seu cálculo a robustez e o equilíbrio da distribuição da biomassa da muda, sendo ponderados vários parâmetros considerados importantes (FONSECA, 2000).

Esse índice é recomendado e, baseado em trabalhos de pesquisa, ficou estabelecido um valor mínimo de 0,20 como sendo um bom indicador para a qualidade de mudas de *Pseudotsuga menziesii* e *Picea abies* (HUNT, 1990).

2.3. Recipientes na Qualidade de Mudas

Em virtude da demanda cada vez maior de mudas de espécies florestais e da busca constante de melhor sobrevivência e de produtividade dos povoamentos, o padrão de qualidade das mudas tem sido abordado em vários trabalhos de pesquisas, os quais, na sua quase totalidade, procuraram definir os recipientes, os substratos e as adubações que sejam técnica e economicamente recomendados.

A produção de mudas em recipientes é o sistema mais utilizado, principalmente por permitir uma melhor qualidade, devido ao melhor controle da nutrição e proteção das raízes contra os danos mecânicos e a desidratação, além de propiciar um manejo mais adequado tanto no viveiro quanto no transporte, na distribuição e no plantio.

O recipiente protege o sistema radicular, possibilitando que o período de plantio possa ser prolongado, uma vez que o sistema radicular não se danifica, principalmente, durante o ato de plantar, promovendo maiores índices de sobrevivência e de crescimento das plantas (DANIEL et al., 1982 e SANTOS et al., 2000)

O tipo de recipiente e suas dimensões exercem influências sobre a qualidade e os custos de produção de mudas de espécies florestais (CARNEIRO, 1987).

As dimensões dos recipientes e, conseqüentes volumes, influenciam na disponibilidade de nutrientes e água (BÖHM, 1979), sendo que um maior volume promove uma arquitetura do sistema radicular melhor e semelhante ao de mudas provenientes de semeadura direta no campo (PARVIAINEN, 1976), além do que a altura e o diâmetro dos recipientes variam com as características de cada espécie (FERREIRA, 1985; CARNEIRO, 1987; GOMES et al., 1990). Por outro lado, o aumento das dimensões dos recipientes podem acarretar elevados custos de produção, de transporte, de distribuição e de plantio (GONZALEZ, 1988; GOMES et al., 1990). De um modo geral a altura da embalagem tem sido mais importante do que o seu diâmetro para o crescimento de mudas de várias espécies florestais (GOMES et al., 1980; GOMES et al., 1981; GOMES et al., 1990).

Outro aspecto a ser considerado é a durabilidade da embalagem, ou seja, ela não poderá se desintegrar durante o período de produção das mudas nem demorar muito tempo para se decompor no campo, podendo trazer como conseqüências algumas deformações no sistema radicular (CARNEIRO, 1995).

Diferentes tipos de recipientes utilizados na produção de mudas foram estudados por diversos pesquisadores (MORON e GONZALES 1961; PONCE e GRIJPMAN 1970; BRANDI e BARROS, 1971; BOUDOUX, 1973; BERTOLANI et al., 1975; GOMES et al., 1977; BARROS et al., 1978; GOMES et al., 1985; GOMES et al., 1991).

De acordo com a maioria dos autores, o saco plástico tem superado os demais, apresentando porém, algumas desvantagens tais como o enovelamento do sistema radicular; a utilização de grandes áreas no viveiro, o uso de terra de subsolo como substrato; o alto custo de transporte das mudas para o campo, devido ao volume e peso da embalagem com o substrato; e ao baixo rendimento nas operações de distribuição e de plantio no campo.

Vários trabalhos de pesquisas foram realizadas com o objetivo de minimizar as desvantagens das principais embalagens existentes no mercado, principalmente as referentes aos sacos plásticos, porém os resultados não foram satisfatórios (SIMÕES, 1970; BRASIL et al., 1972; GOMES et al., 1979; GOMES et al., 1981).

A produção de mudas em recipientes de paredes lisas, à semelhança das sacolas plásticas, provocam o enovelamento do sistema radicular (PARVIAINEN, 1981), continuando na

fase de campo e provocando uma baixa estabilidade das futuras árvores (SCHIMIDT-VOGHT, 1984).

As deformações do sistema radicular em mudas de *Pinus* spp. (PARVIAINEN e TERVO, 1989) e de *Pinus taeda* e de *Pinus elliottii* (CARNEIRO, 1987) também continuaram a causar sérios problemas no crescimento das mudas no campo. Além disso apresentaram baixa sobrevivência e crescimento inicial, por não terem sistema radicular eficiente, culminando em morte das mudas antes dos dois anos de idade, ou permaneceram até a idade de corte como árvore suprimida.

Os trabalhos de pesquisas com novas embalagens para a produção de mudas de espécies florestais têm sido muito dinâmicos, porém sempre buscando o princípio de que o sistema radicular deve apresentar boa arquitetura, e que, por ocasião do plantio, sofra o mínimo de distúrbios, permitindo que a muda seja plantada com um torrão sólido e bem agregado ao sistema radicular, favorecendo a sua taxa de sobrevivência e crescimento inicial no campo.

A tendência foi a substituição das sacolas plásticas pelos tubetes de plástico rígido, por apresentarem estrias longitudinais internas, minimizando os problemas, principalmente no que se refere ao enovelamento do sistema radicular (CARNEIRO, 1985; GOMES et al., 1990). Outra vantagem dessa substituição é a economicidade no transporte, possibilitando levar maior número de mudas com menor peso, além de melhorar o rendimento na distribuição e no plantio das mudas (FAGUNDES e FIALHO, 1987).

Apesar de a tendência ter sido a substituição do saco plástico por outras embalagens na produção de mudas de espécies florestais ele é ainda bastante utilizado (CARNEIRO, 1995), principalmente nos viveiros menores, que são a grande maioria.

Os recipientes pequenos, tipo tubetes de plástico rígido, restringem o crescimento do sistema radicular, não sendo indicados para produção de mudas de espécies do gênero *Pinus* (ALM e SCHANTZ-HANSEN, 1974), sendo observada essa restrição também para mudas de *Eucalyptus camaldulensis*, *E. grandis* e *E. cloeziana* (REIS et al., 1989).

Os tubetes pequenos podem causar menor crescimento das mudas no viveiro, mas o crescimento em altura de *Eucalyptus grandis* pode ser recuperado no campo (BARROS et al., 1978), sendo indicado, em relatos técnicos, algumas vantagens para o seu uso (CAMPINHOS e IKEMORI, 1983; FAGUNDES e FIALHO, 1987).

As mudas, quando produzidas em recipientes pequenos, principalmente em tubetes de plástico rígido (2,8 cm de diâmetro e 12,5 cm de altura, com 50 cm³ de volume) e utilizando como substrato somente a vermiculita, necessitam de doses mais elevadas de nutrientes para compensar as perdas, principalmente, por lixiviação (NEVES et al., 1990; CARNEIRO, 1995).

A utilização dos tubetes de plástico rígido de 50 cm³ de volume, tendo como substrato o composto orgânico misturado com 20% de moinha de carvão, proporcionou para o *Eucalyptus grandis* um sistema radicular bem mais estruturado (GOMES et al., 1985), apresentando também uma significativa diferença estatística quando comparado ao das mudas produzidas em sacolas plásticas (GONÇALVES, 1987).

A utilização dos tubetes de plástico rígido na produção de mudas permite melhorar a mecanização das operações do viveiro, assim como reduzir os custos e os tempos de produção, além de promover substancial melhoria da qualidade delas (GONÇALVES, 1995).

Hoje o mercado oferece alguns tamanhos e formas diferenciadas de tubetes, indicados para várias espécies, mas ainda observa-se carência de informações para a produção de mudas, até de eucaliptos que tem sido a espécie mais pesquisada nesse tipo de recipiente.

Apesar de boa parcela da produção de mudas de espécies florestais estar sendo feita em sacos plásticos e a tendência ser a substituição dessas embalagens pelos tubetes de plástico rígido, além do que neste trabalho somente será utilizado os tubetes, nesta revisão serão considerados alguns recipientes, mesmo os mais arcaicos, enfatizando a sua contribuição no padrão de qualidade das mudas.

2.3.1. Torrão Reba

São blocos de substratos, normalmente misturas de argila e materiais orgânicos, com dimensões de altura variando entre 5,0 e 8,5cm e de diâmetros entre 8,0 e 15,0 cm, em forma hexagonal, apresentando uma cavidade central e cilíndrica, tendo em torno de 1,0cm de diâmetro e 5,0cm de profundidade, onde seriam repicadas as mudas, uma vez que naquela época essas eram produzidas quase que na sua totalidade por semeadura em canteiros e posterior repicagem para a embalagem.

Eles são fabricados em pequena escala e artesanalmente, por meio de uma prensa bastante simples, denominada de prensa reba, onde é feito somente um torrão por vez, possuindo a vantagem de serem produzidos no próprio viveiro a um custo bem reduzido, quando comparados com outros recipientes.

Entre 1950 e 1960, o torrão reba foi bastante utilizado na produção de mudas, principalmente, devido aos programas de reflorestamento serem pequenos, efetuados em regiões de climas mais amenos e melhores solos, quando comparados aos de hoje, mas permitindo que as mudas apresentassem padrão de qualidade compatível com o que era exigido.

Após a lei dos incentivos fiscais para o reflorestamento as áreas plantadas cresceram numa taxa muito alta e conseqüentemente o número de mudas requeridas também teve um aumento considerável. Devido a isso a produção de mudas nesta embalagem em alta escala ficou mais cara, em relação a outras embalagens, além de aumentar os custos do transporte das mudas e diminuir o rendimento do plantio.

Hoje não são mais utilizados devido ao alto custo de mão-de-obra na sua fabricação e encanteiramento, ao difícil transporte, ao baixo rendimento e ao destorroamento em um espaço curto de tempo, porém, em um programa para pequenos produtores deveria ser considerado, principalmente, na produção de madeira para usos dentro da própria propriedade.

2.3.2. Torrão Paulista

São blocos de substratos orgânicos, com 6,0cm de diâmetro e 12,0 cm de altura, aproximadamente, em forma hexagonal, apresentando uma cavidade central e cilíndrica, tendo em torno de 1,0 cm de diâmetro e 5,0 cm de profundidade, onde seriam repicadas as mudas ou preenchidas com um substrato mais rico em nutrientes, possibilitando a semeadura direta.

A mistura para compor o substrato utilizado para a produção dos torrões era constituída de 60 % de terra argilosa, 10 % de areia e 30 % de esterco bovino, prensado e umedecido em torno de 20 %.

O equipamento utilizado para a confecção dos torrões é chamado de prensa paulista, produzindo, manualmente, sete unidades de cada vez.

Este recipiente deve apresentar boa resistência ao destorroamento e ser suficientemente poroso, possibilitando a aplicação de fertilizante, de modo que, principalmente o fósforo, seja homogeneamente incorporado.

No passado, o torrão paulista foi muito utilizado para a produção de mudas de espécies florestais, principalmente para o gênero *Eucalyptus* (CARNEIRO, 1985).

Verificando efeitos de alguns recipientes e substratos na produção de mudas de *Eucalyptus grandis*, foi constatado, na década de 70, que, independentemente dos tipos de recipientes e dos substratos utilizados, o melhor tratamento para crescimento em altura foi o torrão paulista (GOMES et al., 1977).

Pesquisando a sobrevivência até um ano e meio após o plantio de mudas de *Eucalyptus citriodora*, de *E. kirtoniana*, de *E. botryoides*, de *E. propinqua*, de *E. alba* e de *E. punctata*, produzidas em torrão paulista foram observadas taxas de 60 % para todas as espécies, plantadas nas condições experimentais de chuvosa tardia e em alto de morro com declividade moderada (BRANDI e BARROS, 1971)

Este recipiente não foi mais utilizado após a década de 70 por não se adequar a grandes produções.

Com os incentivos fiscais, a procura constante por grandes quantidades de mudas e a um custo cada vez menor, além de um menor custo de transporte e um bom rendimento de plantio, outras embalagens, como as sacolas plásticas e posteriormente os tubetes de plástico rígido tiveram seu uso intensificado.

Hoje o torrão paulista não tem mais lugar na produção de mudas de espécies florestais, nem mesmo para programas de extensão, visando pequenos agricultores, por necessitar de uma prensa para a sua fabricação que tem um custo relativamente alto.

2.3.3. Torronete

O torronete é um cilindro prensado em formas próprias de duralumínio, constituído de substrato orgânico, com dimensões em torno de 1,0 cm de diâmetro por 5,0 cm de altura, permitindo o transplantio da muda, já aclimatada e enraizada (PIRES e KRONKA, 1967), no torrão reba, no torrão paulista ou nos sacos plásticos.

No passado a quase totalidade das mudas de espécies florestais era produzida por semeadura em canteiros e posterior repicagem, por ser o processo mais viável na época em face da pouca disponibilidade de sementes, da abundância de mão de obra e da menor dimensão das áreas reflorestadas (SIMÕES, 1970).

A repicagem deixou de ser usada por ser cara, por promover deformações no sistema radicular, além de ser necessário todo um aparato para promover o sombreamento de todas as mudas recém repicadas (SIMÕES, 1976).

Para evitar estes problemas, melhorar a qualidade das mudas, e aumentar o rendimento na operação de repicagem foram utilizados os torronetes, como uma técnica auxiliar neste processo.

Uma das vantagens dessa técnica auxiliar é que as mudas são colocadas nas embalagens definitivas com o sistema radicular protegido pelo torronete e não com raiz nua como era feito no processo tradicional (PIRES e KRONKA, 1967), além de evitar que ocorra deformações no sistema radicular. Outras vantagens devem ser consideradas como a facilidade de transporte, a facilidade na repicagem, o fácil replantio nas falhas e o melhor planejamento no plantio.

Este processo caiu em desuso desde que a técnica de repicagem deixou de ser usada, principalmente em grande escala, no entanto essa técnica ainda poderia ser utilizada em pequenos viveiros onde ocorre produção de mudas de muitas espécies florestais nativas, que necessitam de repicagem.

2.3.4. Laminado de madeira

Laminado de madeira é a denominação dada a uma embalagem em forma de tubo cilíndrico, sem fundo, feita de laminados provenientes principalmente de madeira macia, os quais na década de 50 e 60 eram adotados de preferência para a produção de mudas de *Eucalyptus*, de *Pinus* e de *Araucaria*.

Os laminados de madeira podem ser confeccionados no viveiro por meio do torneamento de um cilindro de madeira, transformando-o em lâminas flexíveis medindo, em torno de 14,0 por 20,0 cm, ou, em alguns casos bem menores, com 0,1 a 0,2 cm de espessura.

Para a montagem da embalagem, estas lâminas de madeira são amarradas ou grampeadas, formando um tubo cilíndrico com, aproximadamente, 6 cm de diâmetro por 14 cm de altura, prontas para serem encanteiradas e posterior preenchimento com o substrato.

A principal vantagem dessa embalagem é a de ser biodegradável, evitando custos com a sua eliminação por ocasião do plantio e melhorando o percentual de sobrevivência no campo.

Como desvantagens podem-se citar uma biodegradação muito rápida, ainda na fase de viveiro, sendo necessário amarrações com arame ou outro material resistente, elevando consideravelmente os custos de produção e de transporte, além da possibilidade de perda de substrato, uma vez que ela é um tubo sem fundo.

O crescimento em altura de mudas de *Pinus taeda*, produzidas em laminados de madeira com alturas de 10,0 e 25,0 cm e diâmetros com 3, 4, 5, 6, e 7,0 cm, foi maior nas embalagens de 10,0 cm, mas independentemente das alturas testadas, os maiores crescimentos ocorreram quando o diâmetro foi de 5,0 cm (CARNEIRO e ROCHA, 1974).

Os melhores resultados de crescimento em altura e em diâmetro do coleto de mudas de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, aos sete meses após a semeadura foram verificados em laminados de madeira, além do que esses apresentaram grande taxa de aproveitamento por ocasião do plantio. (BERTOLANI et al.,1975), sendo também observado como os

melhores para a média das alturas das mudas de *Eucalyptus grandis* e de *E. saligna* aos 60 dias após a semeadura (AGUIAR e MELLO, 1974).

Para avaliar a influência de embalagens e de suas dimensões na produção de mudas de guapuruvú (*Schizolobium parahyba*), foram pesquisados laminados de madeira e sacolas plásticas, ambas com dimensões de 7,0 por 8,0 e 6,0 por 14,0 cm, diâmetros e alturas respectivamente, concluindo-se que os laminados com as maiores dimensões testadas, foram os mais apropriados para a produção das mudas (STURION, 1980), já para mudas de *Eucalyptus grandis* os laminados de 5,0 por 14,0 cm, promoveram maiores valores de altura (BARROS et al., 1978).

Os laminados de madeira, como embalagens na produção de mudas de espécies florestais não são mais usados (MATTEI, 1980), mas foi utilizado por muitos anos até meados da década de 80.

2.3.5. Togaflora

Togaflora é um recipiente de papel tipo Kraft em forma de tubo cilíndrico vazado, medindo 5,0 cm de diâmetro e 14,0 cm de altura, revestido com camada fina de plástico na parte externa. A folha de papel conta com garras de fixação, eliminando o uso de grampos para o seu fechamento.

Na produção de mudas de *Eucalyptus grandis*, em estudos sobre os efeitos de recipientes e de substratos, concluiu-se que as mudas produzidas em togaflora apresentaram os melhores índices de sobrevivência e pior crescimento em altura (GOMES et al., 1977).

O recipiente togaflora não chegou a ser utilizado em grande escala na produção de mudas por apresentar as mesmas desvantagens que os laminados de madeira.

2.3.6. Paper-pot

São recipientes biodegradáveis fabricados com folha de papel fina, tratados quimicamente para evitar sua rápida decomposição, apresentando seção hexagonal, colados uns aos outros, com cola solúvel em água, de forma sanfonada.

Na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* foram testados vários tipos de recipientes, concluindo-se que o paper-pot, nos dois tamanhos utilizados (3,8 e 5,0 cm de diâmetro por 12,0 e 15,0 cm de altura, respectivamente) foram os recipientes que proporcionaram maiores valores de crescimentos em altura e em peso de matéria seca da parte aérea (BARROS et al., 1978).

Aos sete meses após a semeadura, um dos melhores resultados de altura da parte aérea foram obtidos com o uso do paper-pot, na produção de mudas de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, apresentando também uma das maiores taxas de aproveitamento por ocasião do plantio (BERTOLANI et al., 1975).

2.3.7. Fertil-pot

O fertil-pot é um recipiente em forma de tronco de cone ou de pirâmide com seções circulares ou quadradas, com dimensões variadas nos tamanhos e formas apropriados para diferentes objetivos e espécies. A sua parede interna é rugosa com a finalidade principal de evitar o envelhecimento do sistema radicular.

O material utilizado na fabricação do fertil-pot, é composto de uma mistura de pasta de fibra de madeira e turfa, além de nutrientes minerais, tornando-o levemente fertilizado (PONCE e GRIJPMQ, 1970).

As principais vantagens em relação ao saco plástico é a possibilidade de produzir mudas sem o envelhecimento das raízes e permitir uma mecanização completa no plantio, não necessitando sua retirada por ocasião do plantio, devido ser uma embalagem totalmente biodegradável.

Em trabalho com fertil-pot, com saco plástico, com laminado de papel e com laminados metálicos, constatou-se que para a produção de mudas de *Cupressus lusitanica*, o menor índice de mortalidade e a maior altura foram obtidas com o uso de saco plástico, ocorrendo o inverso com o fertil-pot (PONCE e GRIJPMQ, 1970).

Na produção de mudas de *Eucalyptus grandis*, empregando várias embalagens, verificou-se que o fertil-pot grande (7,0 cm de diâmetro por 9,0 cm de altura) foi melhor que o pequeno (5,0 cm de diâmetro por 5,0 cm de altura) quando se analisou o crescimento em altura (BARROS et al., 1978), mas as piores taxas de sobrevivência já tinham sido observadas nesses recipiente (GOMES et al., 1977).

Além de as outras embalagens apresentarem maior volume de substrato que o Fertil-pot, este tem pequena profundidade e suas paredes, como são bastante porosas, perdem fácil e rapidamente a umidade, contribuindo, assim, para uma menor taxa de sobrevivência, tanto no viveiro quanto após plantio (GOMES et al., 1977; BARROS et al., 1978).

Procurando evitar estas perdas foi instalado um ensaio onde foram testados vários níveis de sombreamento e suportes para depósito das mudas produzidas em fertil-pots com 5,0 cm de diâmetro e 6,0 cm de altura, ficando evidenciado que os níveis de sombreamento não tiveram influências no crescimento de mudas com diferentes idades, mas sim os tipos de suportes que formavam barreiras entre as embalagens e o solo, como a lona plástica e o concreto, pois evitavam a perda de água e nutrientes (GOMES et al., 1979).

2.3.8. Vapo

São blocos secos, altamente higroscópios, constituídos de turfa seca prensada, devidamente fertilizada com 1,0 a 2,0kg de NPK e calcário dolomítico à base de 1,0 a 2,0 e 3,0 a 5,0 kg/m³, respectivamente, com umidade em torno de 40 a 45 %.

Estes blocos de 2 cm expandem-se atingindo até 7 cm após irrigados. São colocados em caixas de plástico de 60 por 40 cm e altura de 7 cm, providas de frestas laterais, com capacidade de 96 mudas, espaçadas a 5 cm.

As mudas produzidas nestes blocos, têm o sistema radicular completamente livre, sem qualquer barreira que possa confiná-lo ou direcioná-lo. Devido os blocos permanecerem em

caixas apropriadas com fundo telado, tanto as raízes pivotantes como as laterais, crescem livremente, sofrendo poda natural quando em contato com o ar.

Para o estabelecimento de povoamentos de *Pinus* spp. com mudas produzidas em recipientes, o maior problema foi a má arquitetura do sistema radicular (CARNEIRO, 1995), porém recipiente constituído de turfa seca e prensada tem permitido produzir mudas com bom crescimento e potencial de regeneração de raízes, tendo sido utilizado nos países escandinavos, principalmente na Finlândia (PARVIAINEN, 1990).

Por ocasião do plantio, as mudas são individualizadas, por meio de cortes longitudinal e transversal por um conjunto de serra circulares que passam pelas frestas existentes nas paredes laterais das caixas, adquirindo o substrato a forma de torrão. Estes cortes também promovem a poda das raízes laterais e quando plantadas, as raízes retomam o crescimento na posição natural que possuíam nos blocos (PARVIAINEN e TERVO, 1989).

2.3.9. Bandejas de isopor

Os moldes de isopor (polietileno) são bandejas contendo cavidades afuniladas, em forma de tronco de pirâmide invertida. Este afunilamento e as arestas internas das pirâmides direcionam as raízes para baixo. Podem ser encontradas no mercado bandejas com diâmetro de 3,5 cm e com profundidades de 6,2 e de 12,0 cm, com volumes de 35 e 70 cm³, respectivamente. As dimensões destas bandejas são, usualmente de 34,5 cm de largura e 67,5 cm de comprimento (GOMES et al., 1985).

As cavidades têm aberturas no fundo, o que permitem a poda aérea das raízes. Em comparação com o saco plástico é um sistema que consome pouco volume de substrato, é leve, ocupa pequena área no viveiro, é fácil de trabalhar e é econômico. Porém apresenta desvantagens quando comparadas com os tubetes, apresentando maior peso e possibilidade que ocorra penetração do sistema radicular nas laterais do isopor, dificultando a retirada das mudas, aumentando os riscos de danos no sistema radicular.

As bandejas de isopor são consideradas potencialmente aptas para a produção de mudas de *Eucalyptus saligna* (FERNANDES et al., 1982).

A bandeja de isopor com células de 12,0 cm de profundidade tem dimensões satisfatórias para um bom crescimento das mudas de *Eucalyptus grandis*, porém apresenta algumas desvantagens, tais como: impossibilidade de classificação das mudas jovens por não ser possível a sua retirada das células a não ser com o auxílio de espátula, que mesmo assim afeta o torrão; perfuração da parede, que separa uma célula da outra, pelas raízes das mudas, impossibilitando a perfeita retirada das mudas sem danificar a bandeja; deterioração da bandeja em razão do manuseio e exposição a radiação solar.

Por causa dessas desvantagens, não se recomenda o uso da bandeja de isopor para produção de mudas de *Eucalyptus grandis*, porém experimentos com essa e outras espécies florestais poderão ser efetuados, utilizando-se de bandejas produzidas com um material mais resistente e mais denso (GOMES et al., 1985).

O crescimento do sistema radicular de mudas de *Pinus elliottii*, produzidas em bandejas de isopor com cavidades de 80 cm³, não foi prejudicado até os seis meses após a semeadura, mas a partir dessa idade, houve perda da qualidade, devido às reduzidas dimensões das cavidades (MATTEI, 1980), possivelmente promovendo uma restrição ao seu crescimento.

Mudas de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, produzidas em bandejas de isopor não apresentaram diferenças em diâmetro do coleto e peso de matéria seca total, quando as mudas foram produzidas em cavidades de diferentes dimensões, contudo, foi observada diferença significativa no tocante ao crescimento em altura, embora as médias dos pesos de matéria seca da parte aérea e raízes, separadamente, indicaram que o volume das cavidades apresentou nítida influência (RODRIGUEZ e VENATOR, 1977).

Mudas de *Pinus taeda* e *P. elliottii*, produzidas em moldes de isopor, com cavidades de 3,5 por 12,0 cm mostraram sinais de pouca resistência ao calor e de baixo percentual de emergência, já ao segundo mês após a sementeira, tendo sido também constatada baixa resistência aos efeitos de geadas em mudas produzidas em cavidades de 3,5 por 6,0 cm (CARNEIRO, 1987).

Comparando bandejas de isopor com tubetes de plástico rígido na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* verificou-se uma nítida superioridade desse último (GOMES et al., 1985).

2.3.10. Win-strip

Este recipiente consiste em uma série de placas de PVC em forma de ziguezague, lembrando o formato de um telhado ondulado possuindo 28 cm de largura e 50 cm de comprimento. As placas são unidas umas as outras, ponta com ponta, formando uma série de cavidades em forma de losango, que medem, 2,5 por 3,5 cm de seção e 14 cm de profundidade, apresentando na sua base um pequeno estreitamento para tentar conter o substrato (FONSECA, 1988; GOMES et al., 1991).

Para a produção de mudas de *Eucalyptus grandis*, nesta embalagem, quando se considera tanto o crescimento em altura da parte aérea quando o custo do substrato e a agregação desse ao sistema radicular, aconselha-se a utilização da mistura de composto orgânico com moinha de carvão na proporção de 80 para 20 (v/v), apesar de que outras misturas também poderiam ser usadas (GOMES et al., 1991).

Tem como principais vantagens resistir ao manuseio no viveiro e ao sol, permitir a instalação de canteiros de tamanhos variados e proporcionar aeração ao sistema radicular, ocupar pouco espaço no viveiro e reduzir o custo de transporte das mudas para o campo, por serem levadas com raiz nua, permitir a mecanização do plantio, além do que a sua substituição é feita com a troca de placas, podendo ser efetuada, trocando a com defeito por outra nova, uma vez que o que se estraga são as placas.

As desvantagens principais são perda de substrato e nutrientes, por ser uma embalagem vazada, onde o orifício inferior, mesmo sendo menor que o superior, ainda é muito grande.

O win-strip não teve seu uso intensificado na produção de mudas de espécies florestais devido à superioridade de outras embalagens como a sacola plástica e o tubete de plástico rígido

2.3.11. Saco plástico

Constitui-se em uma sacola de polietileno de dimensões variadas podendo ser utilizado na produção de mudas. Seu uso começou a ser difundido desde o momento em que a demanda de madeira teve um aumento considerável, provocando a utilização de grandes áreas para os reflorestamentos e conseqüente aumento na procura por mudas de espécies florestais. Teve sua ascensão com a lei dos incentivos fiscais, onde a demanda por mudas foi bastante intensificada. Devem ser providos de furos na sua porção inferior, para o arejamento e o escoamento do excesso de umidade.

A principal vantagem do saco plástico é o baixo preço, não requerendo mão-de-obra especializada. Nos dias de hoje ainda é amplamente utilizado, principalmente em viveiros menores, devido ao preço e disponibilidade, tendo como principais desvantagens o enovelamento do sistema radicular, a utilização de grandes áreas no viveiro, o alto custo de transporte do viveiro para o campo, pois o peso dificulta o transporte e ocasiona baixo rendimento no plantio, pois é necessária a sua eliminação.

Este recipiente já foi o mais utilizado no Brasil para a produção de mudas de *Eucalyptus spp.* e outras espécies florestais, tendo sido o mais utilizado nos trópicos durante a década de 80 (NAPIER, 1983).

Apesar de ter sido muito utilizado, este recipiente proporciona vários inconvenientes a saber: enovelamento do sistema radicular, o que notadamente provoca um alto índice de morte após o plantio; para o seu enchimento é necessário que a terra esteja seca, o que limita os períodos de operação ou o torna caro, caso queira realizá-lo a qualquer tempo; o seu enchimento é manual, que mesmo com maiores cuidados, trazem problemas de ergonomia; a operação de plantio é onerada pela necessidade de retirada da embalagem (CAMPINOS JR. e IKEMORI, 1983), devido a sua difícil decomposição a não retirada do recipiente no momento do plantio promove o enovelamento no campo (MAGALHÃES e REZENDE, 1983), gerando povoamentos com pequena taxa de sobrevivência e baixa produtividade, com crescimentos heterogêneos entre árvores.

Na região do cerrado, em estudos sobre a influência da retirada de recipientes plásticos no crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis*, em sacos plásticos de 7,0 por 11,0 cm, em plantio efetuado ao fim da estação chuvosa foi recomendado, nas condições do experimento, a retirada apenas do fundo dos recipientes (PEREIRA et al., 1982), mas hoje sabe-se que, mesmo naquelas condições, a sua total retirada é imprescindível para o êxito do reflorestamento.

Com a utilização dos sacos plásticos, deve-se ficar atento para que não seja ultrapassado o período normal de produção das mudas, pois caso isso aconteça, estas podem apresentar problemas de deformação do sistema radicular com as raízes secundárias crescendo em forma de espiral, promovendo o seu enovelamento.

A raiz pivotante, chegando ao fundo do recipiente, se enovela, causando conseqüências negativas para o desempenho das mudas após o plantio, sendo inerentes as deformações, principalmente quando as mudas forem produzidas em sacos plásticos de pequenas dimensões (CARNEIRO, 1995).

O enchimento dos sacos plásticos pode ser feito manualmente, com auxílio de um funil de formato de tronco de cone ou por meio de uma moega, aumentando consideravelmente o rendimento. Este equipamento é uma pirâmide invertida, tendo um bico em sua parte inferior, onde é inserida a boca do saco plástico. Uma lingüeta de metal, controlada por um

pedal, regula a abertura e fechamento do bico da moega, estabelecendo assim o fluxo do substrato (CARNEIRO, 1995).

Com o auxílio das moegas, o operador, trabalhando com sacolas para produção de mudas, principalmente para eucaliptos, tem uma produção em torno de 8.000 sacolas cheias por dia, enquanto que em trabalho exclusivamente manual, não ultrapassa 3.000 (GOMES e COUTO, 1986). Independente do método de enchimento, o substrato pode ceder dentro dos sacos plásticos ocasionando a dobra das bordas do plástico, sendo proposto um método denominado de “lança chamas”, para eliminar estas bordas (FIALHO et al., 1980).

Em um estudo comparativo de diversos tipos de recipientes, na produção de mudas de *Eucalyptus grandis*, as maiores alturas, tanto no viveiro quanto no campo, corresponderam aos sacos plásticos, fertil-pot grande e paper-pot de ambas dimensões (BARROS et al., 1978).

Apesar de existirem vários recipientes e encontrados no mercado, os sacos plásticos têm sido os mais utilizados, em virtude de sua maior disponibilidade e menor preço (GOMES e COUTO, 1986), apesar de que a sua substituição por tubetes estar sendo cada vez mais incrementada.

O maior crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* foi observado em embalagens plásticas de maiores dimensões (FERREIRA, 1994), sendo que, para essa espécie, as dimensões de 5,0 de diâmetro e de 11 cm de altura devem ser as indicadas, por terem sido as melhores sob o ponto de vista técnico e econômico (GOMES et al., 1978).

Para *Eucalyptus tereticornis* a sacola plástica de 6,0 x 21,5 cm foi a melhor (BRANDI e BARROS, 1971), porém para Ipê-amarelo (*Tabebuia serratifolia*), Copaíba (*Copaifera langsdorffii*) e Angico-vermelho (*Piptadenia peregrina*), estas devem possuir valores para diâmetro do coleto e altura da parte aérea acima de 5,1 cm e de 14 cm, respectivamente, (GOMES et al., 1990). Já para a altura e o peso de matéria seca da parte aérea das mudas de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, aos 140 dias de idade, esse recipiente deverá possuir em torno de 5,1 cm de diâmetro e de 16 cm de altura (GOMES et al., 1980).

Na produção de mudas de *Cupressus lusitanica* e *Anthocephalus cadamba* em fertil-pot, saco plástico, cilindros de papel betuminado e recipientes cônicos de ferro galvanizado a diferença observada, a favor dos sacos plásticos, persistiu no campo, após o plantio, não sendo observadas deformações nas raízes, mas recomendando que se limite o tempo de permanência das mudas no viveiro (PONCE e GRIJPMMA, 1970).

O crescimento em altura de mudas de louro (*Cordia trichotoma*), produzidas em saco plástico de diversas dimensões e quatro diferentes substratos foi melhor na embalagem de 16 x 28 cm e no substrato composto da mistura matéria orgânica curtida e terra arenosa, em iguais volumes (JESUS e MENANDRO, 1987).

Produzindo mudas de *Prunus brasiliensis* em laminados de madeira e sacos plásticos, ambos com dimensões de 6,0 por 14,0 cm e de 7,0 por 18,0 cm, constatou-se que o melhor resultado foi encontrado com sacos plásticos com as menores dimensões, sendo que a altura e o peso de matéria seca das raízes foram menores nos laminados, contudo nenhuma diferença significativa foi encontrada para o diâmetro do coleto (STURION, 1980a).

Para a produção de mudas de *Mimosa scabrella* utilizando os mesmos tipos de recipientes citados, sacos plásticos e laminados de madeira, porém, com outras dimensões (7,0 por 14,0 cm e 5,5 por 11,0 cm) o maior volume de substrato promoveu maiores valores para o diâmetro do coleto e para os pesos de matéria seca da parte aérea e do sistema radicular, independentemente da embalagem utilizada (STURION, 1981).

A altura e o peso de matéria verde e seca das raízes de mudas de *Eucalyptus grandis*, produzidas em torrão paulista (6,0 x 12,0 cm) e sacolas plásticas (8,5 x 13,0 cm), foram maiores nessa última embalagem, evidenciando a importância da embalagem e do volume na produção de mudas (VENTURIM, 1978).

Analisando diversas dimensões de sacos plásticos na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* e seu desempenho após o plantio, a altura das mudas não influenciou nem a área basal nem o volume, 35 meses após o plantio e, portanto, por não haver diferença significativa nos efeitos das dimensões dos recipientes, foi aconselhado o uso de dimensões menores como as de 5,0 x 10,0 cm (GOMES et al., 1981).

Recomendações, de caráter geral para espécies do gênero *Eucalyptus* e para algumas espécies nativas como ipê e o angico, foram feitas, indicando as sacolas plásticas de 5,0 por 12,0 cm e, para cotieira, de 7,0 por 12,0 cm (GOMES e COUTO, 1983; GOMES e COUTO, 1990).

Contudo, hoje em dia, os sacos plásticos estão sendo substituídos em sua maioria pelos tubetes, principalmente nas grandes empresas reflorestadoras, devido a uma série de vantagens dos tubetes sobre os sacos plásticos que serão discutidas a seguir.

2.3.12. Tubetes de plástico rígido

Este recipiente é levemente cônico, de seção circular ou quadrática, existindo várias dimensões no mercado, mas todos os de seção circular são providos de frisos longitudinais internos, em número de 4 ou 6, direcionando as raízes laterais para baixo, ao fundo do recipiente, onde existe um orifício para o escoamento do excesso de água e saída de raízes, promovendo sua poda naturalmente pelo contato com o ar.

Nos tubetes de seção quadrada, as arestas internas do encontro das paredes também direcionam as raízes laterais para baixo. A sua configuração evita o crescimento das raízes em forma de espiral.

Os tubetes são acondicionados em suporte de isopor ou de plástico, providos de orifícios onde se inserem os recipientes, sendo que atualmente os de isopor não são mais utilizados, principalmente por serem facilmente degradados e de difícil armazenamento. Tais suportes, conhecidos mais usualmente pelo nome de bandejas, são dispostos a uma altura de aproximadamente 80 cm do solo.

Outras possibilidades são o uso de placas de plástico rígido com orifícios, que são colocadas sobre fios estendidos, também a uma altura aproximada de 80 cm ou de telas de arame presas em armações de metalon, formando uma bandeja maior e colocadas na mesma altura do solo.

A mudança gradativa do uso dos sacos plásticos para os tubetes de plástico rígido vem ocorrendo já há alguns anos, trazendo como uma das vantagens, a possibilidade de mecanização das operações de produção de mudas (CARNEIRO, 1995).

Na produção de mudas de eucaliptos foram testados vários modelos de tubetes, sendo o mais utilizado o de seção circular, com 4 ou 6 estrias internas, e capacidade volumétrica de 50 cm³, podendo-se considerar que a introdução deste sistema revolucionou os tradicionais viveiros, trazendo grandes avanços no processo de produção (ZANI FILHO et al., 1989), apesar de que outros tamanhos são mais adequados para diferentes espécies florestais.

As principais melhorias trazidas pelo tubete foram a redução de mão-de-obra, dada a possibilidade de mecanização; facilidade operacional do processo e possibilidade de melhores condições de trabalhos, devido aos materiais usados (CAMPINHOS JR. e IKEMORI, 1982).

Os tubetes têm ainda as seguintes vantagens: uso em qualquer condição climática, inclusive em casa de vegetação; redução da utilização de tratores com carreta e de caminhões na área do viveiro; redução do número de instalações para armazenamento de insumos; economia no transporte das mudas para o campo e maior rendimento na distribuição e no plantio (FAGUNDES e FIALHO, 1987).

Para beneficiar-se deste novo sistema, as empresas florestais investiram no desenvolvimento de novos produtos, tais como: mesas de telas galvanizadas para suporte dos tubetes, bandejas de plástico rígido, máquinas para enchimento dos recipientes, permitindo uma maior mecanização das operações de produção, assim como na investigação de substratos orgânicos provenientes de resíduos florestais e agro-industriais. Além disso houve inovações nos sistemas de transporte de mudas para o campo e no plantio.

A alteração mais expressiva ocorrida foi a forma organizacional do processo produtivo, passando-se de um processo estático, onde as bandejas ou telas com as mudas permaneciam no mesmo local, em todas as fases de produção, para um processo dinâmico, onde as mudas são deslocadas do lugar em função do seu crescimento e exigências fisiológicas, fazendo-se deste modo melhor uso da irrigação, fertilização, controle fitossanitário e endurecimento das mudas.

Pequenos recipientes, tipo tubos de plástico, são inadequados para a produção de mudas do gênero *Pinus*, porque restringem o crescimento radicular e não proporcionam quantidade adequada de meio para o enraizamento (ALM e SCHANTZ-HANSEN, 1974).

As dimensões reduzidas dos recipientes, por causa da restrição ao sistema radicular, podem provocar reduzida taxa de crescimento no viveiro, contudo em pesquisas com mudas de *Eucalyptus grandis* o crescimento em altura, após o plantio, igualou-se ao das mudas produzidas em outros recipientes maiores (BARROS et al., 1978).

Na produção de mudas de *Eucalyptus grandis*, 90 dias após a semeadura, os tubetes de 50 cm³ foram mais adequados, promovendo o crescimento em altura das mudas superior ao das bandejas de isopor, com cavidades de 6,2 e 12,0 cm de profundidade e volumes de 35 e 70 cm³, respectivamente (GOMES et al., 1985).

A sobrevivência das mudas produzidas em recipientes de tamanhos reduzidos e abertos no fundo, como é o caso dos tubetes plásticos, dependem da aplicação de doses elevadas de nutrientes, de forma a compensar suas perdas por lixiviação (NEVES et al., 1990). Além disso existem perdas de água e nutrientes da irrigação entre os tubetes, pois as mudas são colocadas nas telas ou nas bandejas, intercalando-se linhas com e sem recipientes ou, em uma mesma linha alternando os tubetes, perdendo em média 80 % da água de irrigação, durante e logo após a sua aplicação, sendo que as regas devem ser frequentes, principalmente em regiões mais quentes (LELES, 1998).

Em viveiros que usam tubetes, o custo de implantação é considerado elevado, em comparação aos de saco de plástico, sendo que tubetes e telas ou bandejas correspondem a 34,1 % do custo de investimento da instalação de viveiros e a estrutura de canteiros equivalem a 24,4 %. Este investimento justifica a necessidade de manuseio e armazenamento adequados dos materiais plásticos, pois suas reposições aumentam o custo de produção de mudas. Assim é necessária área para armazenamento dos tubetes, telas ou

bandejas, quando estes materiais não estão sendo utilizados para a produção de mudas. As bandejas plásticas têm sido mais utilizadas que as de isopor, pela maior durabilidade e menor espaço para armazenamento (ZANI FILHO, 1998).

Estudando a possibilidade de substituição dos sacos plásticos na produção de mudas de *Eucalyptus saligna* por moldes de isopor e tubetes, constatou-se que estes dois tipos de recipiente foram mais indicados que os sacos plásticos, em qualquer um dos três substratos usados na pesquisa (FERNANDES et al., 1986).

Na produção de mudas de *Eucalyptus grandis*, a estruturação do sistema radicular nos tubetes, utilizando como substrato o composto orgânico, foi melhor em comparação com a das mudas produzidas em sacos plásticos, onde se usou a terra de subsolo (GONÇALVES, 1987).

O sistema de tubetes, embora em uso para grande número de eucaliptos, não proporcionou crescimento satisfatório de mudas de *Eucalyptus cloeziana* e *E. pyrocarpa* (HENRIQUES, 1987), sendo inadequado para *Pinus taeda* (NOVAES, 1998).

Mesmo existindo controvérsias, como se pode perceber, as vantagens dos tubetes justificam a sua grande utilização nas empresas florestais que necessitam produzir grandes quantidades de mudas em menor tempo, com relativo baixo custo e no padrão de qualidade exigido, além do que a mecanização do processo de produção de mudas é uma exigência econômica (PARVIAINEN e ANTOLA, 1986), sendo que o futuro da produção de mudas de espécies florestais era a utilização do tubete de plástico rígido ou algum outro produto à sua semelhança e preferencialmente que seja biodegradável (GOMES et al., 1985), sendo ainda verdade para os dias de hoje.

2.4. Substrato na Qualidade de Mudas

Substrato é o meio em que as raízes proliferam, para fornecer suporte estrutural à parte aérea das mudas. Também as necessárias quantidades de água, de oxigênio e de nutrientes. Todos os elementos essenciais absorvidos são derivados dos componentes minerais e orgânicos do substrato.

Na escolha do substrato como um meio de crescimento de mudas, devem ser consideradas algumas características físicas e químicas relacionadas com a espécie a plantar, além dos aspectos econômicos, sendo que na sua escolha deve-se levar em conta a homogeneidade, a baixa densidade, a boa porosidade, a boa capacidade de campo, a boa capacidade de troca catiônica, a isenção de pragas, de organismos patogênicos e de sementes indesejáveis (SANTOS et al., 2000), além de apresentar resistência ao desenvolvimento de pragas e doenças, ser operacionável a qualquer tempo, ser abundante e ser economicamente viável (CAMPINHOS et al., 1984), assim como apresentar boa agregação das suas partículas nas raízes (COUTINHO e CARVALHO, 1983).

A porosidade, com capacidade de estocar e suprir água para as plantas, proporcionando uma adequada aeração, é um aspecto físico muito importante de um substrato (HAYNES & GOH, 1978; STURION, 1981). A deficiência do oxigênio no substrato pode causar a paralisação do crescimento radicular, com injúrias ou morte desse (KRAMER e KOZLOWSKI, 1960). O pH e o teor total de sais solúveis são características químicas importantíssimas para as plantas, pois podem modificar a disponibilidade dos nutrientes (VERDONOK, 1984).

A acidez pode atuar de maneira direta sobre as plantas, ocasionando injúrias, ou de forma indireta afetando a disponibilidade de nutrientes, produzindo condições bióticas desfavoráveis à fixação do nitrogênio e à atividade de micorrizas, ou ainda aumentando a infecção por alguns patógenos (SANTOS et al., 2000), estando entre os efeitos indiretos, a relação entre a disponibilidade de nutrientes, sendo que o valor do pH, apresenta maior importância, especialmente na disponibilidade de nitrogênio, de enxofre e de potássio que são diminuídas em meio ácido (WALLER & WILSON, 1984).

Os problemas mais comuns na produção de mudas, se referem às condições de acidez excessivas do substrato, sendo, a importância do valor do pH no crescimento das plantas, devido ao efeito deste sobre a disponibilidade de nutrientes, principalmente dos micronutrientes (WALLER e WILSON, 1984; SANTOS et al., 2000;). O valor do pH em água recomendado para a maioria das espécies florestais está situado em uma faixa de 5,5 até 6,5 (SIQUEIRA, 1987).

Como não é fácil encontrar materiais puros que poderiam apresentar as características ideais para um bom substrato, a esses são adicionados outros materiais ou produtos, melhorando-os física e quimicamente (SANTOS et al., 2000), integrando a mistura e funcionando como condicionadores, sendo que a escolha dos materiais deve ser criteriosa, considerando a espécie, as condições de produção, a disponibilidade, o preço e os aspectos técnicos relacionados com o seu uso (KÄMPF, 1992), além de a embalagem a ser utilizada, o sistema de transporte das mudas para o campo e o seu plantio.

Muitos são os materiais que poderão ser utilizados puros ou em misturas, podendo-se citar alguns como a vermiculita, o composto orgânico, a terra de subsolo, o esterco bovino, a moinha de carvão, a areia, a casca de árvores, o composto de lixo, a serragem, o bagaço de cana, a acícula de pinus e outros (FONSECA, 1988 e GOMES et al., 1991).

A casca de *Pinus* sp. bioesterilizada, com granulometria inferior a 5 mm, misturada com vermiculita na proporção de 4:1, constitui um bom substrato para a produção de mudas de *Pinus* sp. e de *Eucalyptus* sp. (CARNEIRO, 1995).

Na compostagem de casca de *Pinus* sp., para se ter um substrato para a produção de mudas, deve-se ter um controle do processo biológico durante 5 meses, para que na pasteurização da matéria orgânica sejam eliminados os patógenos causadores de doenças e as ervas daninhas, uma vez que a temperatura pode chegar a 70⁰C (RIVADENEIRA, 1995).

Na produção de mudas em embalagens à semelhança dos tubetes a utilização de uma fonte de matéria orgânica é de suma importância. A escolha da fonte de matéria orgânica não deve se limitar somente aos aspectos nutricionais, mas principalmente a aeração, a estrutura, a capacidade de reter água e os microorganismos (PONS, 1983).

Na produção de mudas de *Eucalyptus grandis*, testando vários substratos, na embalagem "Win-Strip" o melhor substrato foi a mistura de 80% de composto orgânico com 20 % de moinha de carvão, numa granulometria variando entre 1 e 5 mm (FONSECA, 1988 e GOMES et al., 1991), confirmando os resultados observados para a mesma espécie, mas em tubetes de plástico rígido de 50 cm³ de volume (GOMES et al., 1985).

Apesar de o substrato utilizado neste trabalho ter sido a mistura de 80% de composto orgânico e de 20% de moinha de carvão, será feita uma revisão de vários substratos que poderão ser utilizados e a sua importância na qualidade de mudas de espécies florestais.

2.4.1. Vermiculita

A vermiculita é um mineral de argila, do grupo da montmorilonita, porém a sua composição ainda não é muito bem conhecida, entretanto sabe-se que é um material que contém quantidades consideráveis de Mg e Fe, possuindo alta capacidade de troca catiônica (VIEIRA, 1975), podendo ser conceituada como um mineral de estrutura variável, constituído de lâminas justapostas, formando camadas de tetraedros de sílica e de octaedros de ferro e de magnésio, expandindo-se consideravelmente, quando submetido a aquecimento, pelo aumento de espaço entre essas camadas (MONIZ, 1972).

Isto causa grande aumento na sua capacidade de retenção de água, de ar e de nutrientes, transferíveis às plantas (SHARID, 1975), evitando a perda de N, P e K, por lixiviação, quando incorporada a substratos compostos de areia e turfa (URQUIAGA et al., 1982), sendo considerada como um excelente condicionador do solo, podendo melhorar as suas propriedades físico-químicas e hídricas (MINAMI, 1984).

Em virtude das suas propriedades físicas, a vermiculita age sobre a água do solo, retendo-a e deixando-a disponível para a planta, em caso de uma pequena estiagem (FREITAS et al., 1980).

Foi possível a substituição do esterco de curral pela vermiculita em mistura com solo de mata e solo de cerrado, para a produção de mudas de *Eucalyptus grandis* e *Pinus oocarpa* em sementeiras (DIAS, 1973), mas hoje a legislação ambiental não permite.

Trabalhando com diversas misturas de terra de subsolo, areia e vermiculita, não foi verificada diferença estatística para o crescimento em altura de mudas de *Eucalyptus grandis* (GOMES et al., 1977).

No plantio de *Eucalyptus saligna* o percentual de folhas diminui com a adição crescente de vermiculita, sendo que a de textura média é mais eficiente nas dosagens maiores, enquanto que a de textura fina nas menores dosagens (FERNANDES et al., 1982a).

A vermiculita beneficia o crescimento, porém resulta em plantas com nível de nitrogênio total inferior ao das plantas crescidas em substratos com matéria orgânica, aumentando essa diferença com o tempo de permanência no substrato (FREITAS et al., 1980), sendo importante na mistura com turfa que é o substrato mais utilizado para a produção de mudas de espécies florestais no hemisfério norte (HODGSON, 1981), mas no caso de mistura de vermiculita com areia, esta não deve ultrapassar 50%, em razão da redução da retenção da água (MINAMI, 1984).

Na produção de mudas de *Eucalyptus saligna*, em bandejas de isopor, a vermiculita foi favorável no desempenho dos substratos, na fase de “arrancamento” das mudas (FERNANDES et al., 1982), devendo ser usada com restrições para o *Eucalyptus grandis* (FONSECA, 1988).

Para o crescimento de mudas de eucaliptos em recipientes contendo vermiculita pura e misturada com outros substratos a pura apresentou melhores resultados em termos de crescimento em altura (CAMPINHOS JR. e IKEMORI, 1983), mas sobrevivência e a altura das mudas de *Eucalyptus* e *Pinus* foram melhores para a mistura de turfa e vermiculita, na proporção de 2:1 (CAMPINHOS JR. et al., 1984).

Na produção de mudas de *Eucalyptus grandis*, em tubetes e bandejas de isopor, a vermiculita pura apresentava uma série de desvantagens, quando comparada com os outros substratos, porém as misturas de vermiculita com 10% de esterco bovino, com 20% ou 40% de turfa ou com 10% ou 20% de terra de subsolo apresentavam valores maiores para o crescimento em altura, mas nenhum desses tratamentos apresentou mudas com sistema radicular bem agregado ao substrato, além de mostrar sintomas de deficiência de boro e zinco (GOMES et al., 1985).

Esse problema já havia sido observado, porque a vermiculita atua como um substrato praticamente inerte, sendo necessários o fornecimento e o balanceamento dos nutrientes essenciais por meio de adubações, para se obterem mudas de boa qualidade (PESSOTTI, 1984).

As características da vermiculita, como o excesso de magnésio em relação ao cálcio, excesso de potássio e, principalmente, uma grande carência de micronutrientes são muitas vezes limitantes ao crescimento das mudas de espécies florestais. Visando melhorar as suas características químicas, ela tem sido empregada misturada com terra de subsolo (suprindo principalmente micronutrientes), com turfa, com moinha de carvão ou com outros materiais. Adiciona-se, ainda à vermiculita, ou às misturas em que ela participa em maior parte, doses elevadas de nitrogênio, de fósforo e de potássio, além de soluções de micronutrientes (NEVES et al., 1990).

A vermiculita é um substrato praticamente inerte, sendo necessário o fornecimento e o balanceamento de nutrientes essenciais, por meio de adubações periódicas, encarecendo o processo de produção de mudas e não resolvendo o problema de sua agregação ao sistema radicular, não formando um bloco compacto, portanto não sendo aconselhável na maioria dos casos de produção de mudas de espécies florestais, a não ser em alguns de propagação vegetativa por meio do enraizamento de estacas (PAIVA e GOMES, 1995a; PAIVA e GOMES, 2000).

2.4.2. Composto orgânico

A parte orgânica do solo é constituída pela matéria orgânica e pelo produto de sua decomposição, o húmus, funcionando como agente granulador das partículas minerais (COELHO e VERLENGIA, 1973), sendo indispensável para a manutenção da vida no solo, não havendo dúvidas de que a bioestrutura e toda produtividade do solo se baseia na presença da matéria orgânica (PRIMAVESI, 1982).

A matéria orgânica tem a capacidade de reter a umidade e nutrientes no substrato (ALDHOUS, 1975), podendo ser conceituada como toda substância no solo, compreendendo os resíduos vegetais e animais, em estado diverso de decomposição, ocorrendo em íntima relação com os constituintes minerais (MONIZ, 1972; PRIMAVESI, 1982).

A decomposição da matéria orgânica, promovida pelos microorganismos do solo é mais rápida quando as bactérias encontram quantidades suficientes de nitrogênio e fósforo prontamente assimiláveis (NINA, 1961).

É recomendado amontoar terra e esterco palhoso em camadas alternadas de trinta centímetros de espessura, com antecedência mínima de três meses, para que sejam eliminadas as ocorrências de ervas daninhas e seja completada a cura do esterco (ANDRADE, 1961).

Composto orgânico é o material resultante da decomposição de restos vegetais e/ou animais, sendo que o processo da compostagem consiste em amontoar esses resíduos e, mediante tratamentos químicos ou não, acelerar a sua decomposição, mediante um controle sistemático da temperatura e da umidade (GOMES e COUTO, 1986; PAIVA e GOMES, 1995a; PAIVA e GOMES, 2000).

Os materiais de origem vegetal e animal, utilizados no preparo do composto orgânico, podem ser os mais variados: esterco bovino, ovino, equino, suíno e outros, bem como palha de cereais, leguminosas, resíduos de cultura, folhagem, gramíneas, casca de café, ramos verdes, folhas e acículas, casca e serragem, ou quaisquer outros detritos vegetais que não tenham melhor aproveitamento (NINA, 1961; DEICHMANN, 1967; JORGE, 1983 e EMATER, 1984).

Em termos práticos, o teor de nitrogênio determina a velocidade de decomposição e quando o resíduo tem menos de 1% de N, a decomposição é extremamente lenta, por ser um material pobre, como no caso das gramíneas, por outro lado, com mais de 2% de N, a decomposição é rápida, mas sujeita à perda de N para a atmosfera (LOURES, 1983), de maneira que a decomposição poderá ser lenta ou rápida, dependendo de a relação C/N ser maior ou menor que 24.

A utilização de composto orgânico proporciona vários benefícios a saber: estimula a proliferação de microorganismos úteis; melhora as qualidades físicas do solo, agregando os solos arenosos; aumenta a capacidade de retenção de água e nutrientes, contribuindo para a redução do alumínio trocável do solo; facilita o arejamento e reduz o efeito da erosão pela chuva; e facilita a drenagem, aumentando a capacidade de adsorção e fornecendo substâncias que estimulam o crescimento (DEICHMANN, 1967; GIORDANO et al., 1975; VLAMIS e WILLIAMS, 1982; JORGE, 1983; LOURES, 1983; e EMATER, 1984).

O composto atua, também, no aumento do pH e nos teores de cátions trocáveis, porém essas alterações dependem da quantidade e qualidade e das características do substrato, exigidas para cada espécie em particular (FULLER et al., 1967; HORTENSTINE e

ROTHWELL, 1969, HORTENSTINE e ROTHWELL, 1972; HORTENSTINE e ROTHWELL, 1973 e GIORDANO et al., 1975).

A mistura de material orgânico no solo, em certas proporções, para a produção de mudas florestais, além de fornecer determinados elementos químicos à planta, melhora as características físicas do solo, considerando que o emprego de esterco curtido e composto orgânico, dentre outros materiais, é indispensável, ficando apenas limitado pelo seu custo (BARROS et al., 1975).

A matéria orgânica melhora o desenvolvimento radicular, podendo as raízes absorver mais água do que realmente o fariam sem a sua presença (URQUIAGA et al. 1982).

O maior crescimento das mudas de *Liriodendron tulipifera* L. e *Cornus florida* L. foi observado quando se misturou ao solo arenoso um, composto preparado com lama de esgoto e serragem (GOWIN e WALKER, 1977).

A matéria orgânica proporcionou significativa melhora nas condições para o crescimento das plantas de *Erythrina falcata* em estudos sobre a aplicação de matéria orgânica, vermiculita e inoculação de *Rhizolobium spp.* em sementeira (FREITAS et al., 1980).

Em estudos com *Cordia goeldiana* Huber, foi constatado que o melhor substrato é mistura de latossolo amarelo argiloso, areia e matéria orgânica, na proporção de 3:1:1, mais adubação de NPK, (YARED et al., 1980), confirmando outros resultados (CARPANEZZI et al., 1980). A mesma mistura foi recomendada para a produção de mudas de *Simaruba amara* Aublet e para outras espécies nativas da Amazônia (CARPANEZZI et al., 1980; MARQUES e BRIENZA JR., 1983 e MARQUES e YARED, 1984).

A incorporação de matéria orgânica reduz o peso do substrato com percentagem elevada de areia e pode melhorar o crescimento da muda, podendo aumentar a atividade de fungos patogênicos, requerendo conseqüentemente maiores cuidados (NAPIER 1983).

Os melhores resultados, quanto à sobrevivência, à altura média e à qualidade das mudas de *Eucalyptus grandis*, foram obtidos nos tratamentos com predominância do composto orgânico, principalmente em mistura com a moinha de carvão (FONSECA, 1988 e GOMES, 1991).

A mistura de vermiculita com composto orgânico, na proporção de 60:40, proporcionou bom crescimento em altura de mudas de *Eucalyptus grandis*, porém as mudas demonstraram sintomas de deficiência e o sistema radicular não agregado ao substrato. Todavia, concluíram que o melhor substrato foi a mistura de 80% de composto orgânico com 20% de moinha de carvão vegetal, destacando que o composto orgânico como uma boa opção para mistura é de até 40% de moinha de carvão (GOMES et al., 1985), recomendando que esse deverá ser desinfestado com 60cm³ de brometo de metila por metro cúbico de substrato (GOMES, 1978).

O crescimento e a composição mineral de mudas de *Eucalyptus grandis* e de *Eucalyptus urophylla*, em tubetes, contendo uma mistura de composto orgânico e moinha de carvão, na proporção de 80:20, proporcionou mudas com o sistema radicular bem agregado ao substrato, sendo recomendado para a produção de mudas em tubetes de plástico rígido (DANTAS, 1992).

2.4.3. Moinha de carvão

O carvão vegetal ocupa uma posição de destaque, entre as várias alternativas de utilização de produtos florestais, principalmente nas indústrias siderúrgicas e cimenteiras.

A moinha de carvão era considerada um resíduo do processo de carbonização da madeira e podia ser encontrada em grandes quantidades a custos reduzidos, principalmente pelas empresas que produzem e utilizam o carvão vegetal como matéria-prima para siderurgia (FONSECA, 1988), sendo ainda, nos dias de hoje, um material fácil de se encontrar e a custos coerentes com os da produção de mudas .

Um dos primeiros estudos sobre a utilização da moinha de carvão como substrato não aconselhou a sua utilização pura, porém mostrou a sua viabilidade em testes onde o melhor foi a mistura de 80% de composto orgânico com 20% de moinha de carvão, na produção de mudas de *Eucalyptus grandis*, em tubetes de plástico rígido, melhorando sobremaneira as qualidades do composto, de modo que as mudas produzidas com o uso dessa mistura apresentaram bom crescimento em altura, boa agregação do sistema radicular ao substrato, hastes rígidas, e não apresentaram sintomas de deficiência nutricional (GOMES et al., 1985).

A moinha de carvão sozinha não é considerada um bom substrato para a produção de mudas de espécies florestais, porém em mistura com outros substratos tem uma função bastante interessante, principalmente no que se refere à aeração do material utilizado, promovendo um aumento significativo no crescimento radicular. Ela é um excelente material para ser misturado com outros substratos, principalmente orgânicos, na produção de mudas de espécies florestais (PAIVA e GOMES, 1995; PAIVA e GOMES, 1995a; PAIVA e GOMES, 2000).

A moinha de carvão como meio de enraizamento das mudas de *Pinus* sp., crescidas em culturas hidropônicas, promoveu menor crescimento em altura e maior mortalidade inicial das mudas, quando comparada com a vermiculita e a serragem de mogno (BARRES 1964).

A moinha de carvão foi utilizada, às vezes, como substrato único (CAF, 1981), em mistura com vermiculita (CIMENTAL, 1986), para enraizamento de estacas de eucaliptos, mas não há nenhum registro do seu uso comercial para produção de mudas via semente, porém foram verificadas altas percentagens de germinação e sobrevivência para o *Eucalyptus grandis* (FONSECA, 1988), a não ser em trabalho de pesquisa onde ficou demonstrado que ela pura foi o pior tratamento em comparação com uma série de outros, mas o melhor quando em mistura, principalmente com o composto orgânico, promovendo a produção de mudas de excelente qualidade (GOMES et a., 1985).

2.4.4. Terra de subsolo

A utilização de terra do subsolo como substrato para a produção de mudas de espécies florestais é comum, principalmente por ela ser praticamente isenta de pragas e doenças, mas as correções de fertilidade devem ser práticas corriqueiras para um bom crescimento das mudas.

O método de aplicação de fertilizantes, na terra de subsolo, deverá ser considerado, porque quando efetuado por meio de água de irrigação a sua eficiência de absorção é maior, reduzindo sensivelmente a quantidade de nutrientes requeridos para mudas de *Eucalyptus grandis* (GOMES et al., 1981 e GOMES et al., 1982).

O solo deve apresentar propriedades físicas e químicas favoráveis ao crescimento e ao desenvolvimento das plantas, pois, além de suporte, é também fonte de minerais, de água e de ar, que são fatores indispensáveis para os seres vivos sendo que suas condições físicas afetam dois fenômenos de suma importância como a aeração e a movimentação de água, dependendo de vários fatores, como tamanho e disposição das partículas e teor de matéria orgânica (JORGE, 1983).

A quantidade e o tamanho das partículas dentro do solo definem a textura, que é uma característica praticamente estável, salientando que as frações areia não possuem pegajosidade e plasticidade, tendo pouca capacidade para retenção de água e de nutrientes, e, por causa dos poros grandes que separam as suas partículas, a percolação de água é rápida, mas o limo funciona praticamente como micropartícula de areia e, por possuir maior superfície do que esta, pode reter um pouco mais de água (STURION, 1981).

Os solos formados de partículas grosseiras, denominadas areia, tem baixa capacidade de retenção de água e de nutrientes e boa aeração (STURION, 1981 e JORGE, 1983).

A fração argila dá ao solo a característica de plasticidade e pegajosidade com a matéria orgânica e com a fração dinâmica do solo, e apresenta alta capacidade de absorção de água e sais solúveis, cedendo às plantas parte da água e dos nutrientes absorvidos (CARNEIRO 1983).

Um bom solo como substrato para as coníferas deve ter de 60 a 85% de areia e de 15 a 40% de limo/argila, sendo a quantidade de argila não superior a 3 ou 5% do total. Normalmente é desejável que a relação limo/argila varie de 2:1 até 4:1. Já as mudas de folhosas podem suportar um solo ligeiramente mais pesado do que a maioria das coníferas, ou seja, cerca de 40 a 60% de areia, 40 a 60% de limo e com um máximo de 10% de argila (DEICHMANN, 1967).

A terra ou mistura utilizada na confecção ou enchimento dos recipientes pode ser proveniente do subsolo, por ser isenta de sementes de plantas invasoras e de fungos patogênicos, o que evita as desinfestações dos canteiros e reduz, sensivelmente, os riscos das mudas apresentarem doenças (SIMÕES et al., 1981).

Os substratos baseados em terra são os mais comuns, devendo ser bem drenado, conter suficiente matéria orgânica e/ou argila para reter umidade e nutrientes e ter coesão necessária para a agregação do sistema radicular, porém a condição nutritiva do substrato não é tão importante como sua textura, porque é fácil modificá-la por meio da fertilização (NAPIER, 1985).

O substrato mais utilizado para o enchimento das embalagens plásticas, principalmente em grande escala produtiva, é a terra de subsolo, por ser um substrato de fácil aquisição e ser praticamente isento de pragas e doenças. Quanto às suas propriedades físicas, o substrato

deverá ser, de preferência, argilo-arenoso, para que, uma vez retirado o saco plástico no plantio, o bloco com a muda não se desintegre facilmente, resultando em perdas de mudas no campo (GOMES e COUTO, 1986).

Resultados negativos foram obtidos com o uso da terra de subsolo na produção de mudas de espécies florestais, em tubetes de plástico rígido, sendo que quando comparada aos outros substratos testados, esta proporcionou elevada porcentagem de falhas além de menor peso de matéria seca e menor crescimento em altura das mudas (GOMES et al., 1985 e AGUIAR et al., 1989).

2.4.5. Acícula de Pinus

A cobertura morta orgânica é uma fonte importante de nutrientes, sendo que a quantidade presente está relacionada com as taxas de decomposição e com a produtividade do sítio. Em florestas de *Pinus* sp., no Brasil, a camada da serapilheira constitui-se, quase que unicamente, de acículas e de pequenos ramos, visto que raramente se observa outra formação vegetal (BRUM, 1980).

Na composição química de acículas verdes e da liteira de *Pinus elliottii* os nutrientes N, P, K, Mg, Zn e Cu são mais abundantes nas verdes, enquanto Ca, Mn, Fe e Al se encontram em maior proporção na liteira. A percentagem de N na liteira é a metade da observada nas acículas verdes, e a percentagem de Ca, mais do que o dobro (BRUM, 1980).

As acículas foram utilizadas como cobertura morta de canteiros, em viveiros de produção de mudas de pinos, como forma de proteger as sementes para melhor germinação e introdução do inóculo micorrízico (SIMÕES et al., 1981), além de serem também utilizadas com a mesma finalidade para a semeadura direta.

O menor índice de germinação e crescimento em altura ocorreu com a cobertura de acículas na produção de mudas de *Pinus elliotti*, quando comparadas com a de serragem (RAMOS et al., 1975).

2.4.6. Esterco bovino

A principal característica do esterco não está no fato de ele ser um fornecedor de nutrientes às plantas, mas, sim, por contribuir para melhorar as condições físicas, químicas e biológicas do solo (JORGE, 1983), de maneira que ele possa funcionar como um bom substrato para o crescimento e desenvolvimento de mudas de espécies florestais.

O aumento da capacidade de troca catiônica, da retenção de água, da circulação de ar, da presença de substância de crescimento e do aumento da agregação são mais importantes que os minerais adicionados pelo esterco bovino (PRIMAVESI, 1982).

O grau de decomposição em que se encontra o esterco e sua riqueza em diversos elementos minerais essenciais à vida da planta define o seu valor como fertilizante. A riqueza em nutrientes dependerá, essencialmente, da composição primitiva dos restos orgânicos que

deram origem ao respectivo esterco, dos cuidados com o manejo, durante o seu curtimento, e da sua aplicação às culturas beneficiadas.

No esterco de vacas leiteiras foi observada uma mistura de 69% de fezes e 31% de urina, contendo 11,1% de matéria seca. Sobre a base seca, havia 5,05% de N, 0,87% de P, 2,04% de K, 1,59% de Ca, 0,68% de Mg, 0,46% de S, 21 ppm de Cu, 106 ppm de Mn, 135 ppm de Zn, 354 ppm de Fe, 73 ppm de B e ppm de Mo (HENSLER et al., 1970).

O fornecimento de nutrientes às plantas pode ser feito tanto pela adubação mineral como pela orgânica, combinadas ou isoladas. Dosagens inferiores a 20 t/ha/ano de esterco de animais já são apontadas como suficientes para a máxima produção de culturas (VITOSH et al., 1973).

O alumínio trocável do solo, no tratamento só com esterco, ao final de um ano de cultivo, estava reduzido em cerca de 44% e, em alguns casos, baixou a zero, mas a combinação de adubo mineral, calcário e esterco forneceram nutrientes o suficiente para as culturas se manterem ou elevarem os níveis de P e K do solo (HOLANDA et al., 1982).

Prejuízos na germinação podem ocorrer na aplicação de grandes quantidades de materiais orgânicos ao solo, atividade comum em algumas culturas agrícolas (SHORTALL e LIEBHARDT, 1975 e WEIL et al., 1979). A excessiva quantidade de matéria orgânica aplicada proporciona aumento no pH (MUGWIRA, 1979; LUND e DOSS, 1980), na capacidade de troca de cátions, na concentração salina e nos valores de alumínio trocável (HOYT e TURNER, 1975; ERNANI, 1981; e HOLANDA et al., 1982).

Experimentos com misturas de substratos, na Somaria, Nigéria, mostraram que os melhores resultados, no caso de eucalipto, foram obtidos pela mistura de duas partes de esterco de vaca por quatro de areia, porém esse esterco foi prejudicial às plantas de *Pinus caribaea* (FAO, 1975).

Na produção de mudas de *Eucalyptus grandis*, os tratamentos com predominância da vermiculita apresentaram bom crescimento em altura e sobrevivência das mudas, produzidas em "Win-Strip", principalmente quando em mistura com esterco bovino ou composto orgânico, porém apresentaram deficiências nutricionais e baixa agregação do sistema radicular (FONSECA, 1988).

O uso de esterco bovino curtido, misturado com 5% do volume da vermiculita, permitiu reduzir em 50% a adubação de base com NPK 10-30-10 e possibilitou um acréscimo do número de mudas normais (superior a 90%), valores estes superiores aos do sistema de produção de mudas de *Eucalyptus citriodora*, *E. maculata* e *E. urophylla*, usando vermiculita pura em recipientes de plásticos (PESSOTTI, 1984).

Na produção de mudas de fruteiras nativas da Amazônia, em saco plástico, o crescimento foi favorecido pela adição de esterco curtido ao substrato, tendo sido recomendada uma mistura de oito partes de terriço com duas partes de esterco de gado curtido (MULLER et al., 1981), mas vale ressaltar que nos dias de hoje a utilização do terriço é proibido por lei.

O melhor crescimento de mudas de *Eucalyptus alba*, produzidas em torrão paulista foi obtido pela incorporação de uma parte de esterco bovino para duas partes de terra (SIMÕES et al., 1976).

A mistura latossolo amarelo, de areia e de matéria orgânica (60, 20 e 20%) para o crescimento de mudas de morototó (*Didymopanax morototoni* (Aublet) Dune), em sacos plásticos foi a mais adequada. A matéria orgânica foi constituída de 40% de palha de arroz, 40% da parte aérea triturada de *Pueraria phaseoloides javanica* e 20% de esterco de gado. O uso de adubo químico favoreceu o crescimento em altura e o diâmetro do coleto das

mudas, mas prejudicou, consideravelmente, a sua sobrevivência (MARQUES e YARED 1984).

A mistura de vermiculita com 10% de esterco bovino, na produção de mudas de *Eucalyptus grandis*, apresentou bons valores para o crescimento em altura, porém com o sistema radicular não tão bem agregado ao substrato e com mudas evidenciando sintomas de deficiência nutricional de boro e zinco (GOMES et al., 1985).

2.4.7. Serragem

A serragem é considerada um resíduo de pouco ou de nenhum uso e até indesejável nas serrarias, chegando a aproximadamente 20% de toda madeira serrada (GOMIDE, 1969), mas que pode ter um uso muito bom nos viveiros de produção de mudas de espécies florestais. Ela é um material orgânico homogêneo e uniforme que pode ser utilizado na produção de composto orgânico (LOURES, 1983), como em cobertura morta nos viveiros (RAMOS et al., 1975) e como substrato para a produção de mudas (CAMPINHOS et al., 1984).

A qualidade da serragem varia de acordo com a espécie vegetal, podendo influenciar na produção de mudas, tanto como substrato quanto como cobertura morta, sendo em determinados casos considerada como substrato inadequado, pelo fato de conter tanino, resina ou terebentina, que podem ser tóxicos às plantas, recomendando-se que o material esteja bem decomposto (DEICHMANN, 1967).

Um substrato de madeira decomposta não causou bom crescimento para as raízes de mudas de *Pinus*, inicialmente desenvolvidas em solução nutritiva e posteriormente transplantadas (BARRES, 1964).

O pó de lixadeira e a serragem não trouxeram nenhum benefício na produção de mudas de *Pinus oocarpa*, parecendo que o período de seis meses em que elas ficaram no viveiro não foi suficiente para que houvesse a mineralização da matéria orgânica, o que ocasionou menor disponibilidade de nitrogênio para as plantas, sendo aconselhável efetuar a compostagem prévia do material, visando a assegurar a decomposição da matéria orgânica e, ao mesmo tempo, a aumentar o teor de nitrogênio assimilável na mistura do substrato (BERTOLOTTI et al., 1980).

A serragem não beneficiou o crescimento das mudas de *Eucalyptus* e *Pinus*, sendo que para misturas, há um decréscimo na altura média quando se aumenta a sua proporção ou quando ela é utilizada pura (CAMPINHOS JR. et al., 1984).

2.4.8. Turfa

A turfa pode ser definida como um material de solo não consolidado, que consiste primariamente em matéria orgânica não decomposta, ou apenas ligeiramente decomposta, sendo encontrada em áreas permanentemente inundadas com depósitos de restos vegetais (FONTES e FONTES, 1992). A turfa pura ou em mistura com outros materiais, foi

utilizada na produção de mudas de espécies florestais, sendo o seu uso limitado, dependendo de uma análise química, principalmente de elementos tóxicos, como o ferro, o alumínio e o manganês, devido a grandes variações na sua composição química em função de sua procedência (GOMES et al., 1985), porém a mistura dela com vermiculita e, ou, com moinha de carvão é viável, mas quando usada pura não produz mudas com qualidade satisfatória (GOMES et al., 1985; PAIVA e GOMES, 1995).

O substrato composto da mistura de turfa com cavacos de madeira aquecidos para a produção de espécies arbóreas de clima temperado, somente proporcionou bom crescimento às mudas com aplicação de nitrogênio (BOON e NIELS 1985).

A mistura de turfa com vermiculita foi indicada como meio adequado para a produção de mudas em tubetes (CAMPINHOS JR. e IKEMORI, 1983), sendo comprovado que para a produção de mudas de *Eucalyptus* e *Pinus*, por sementes, essa mistura, na proporção de 2:1, foi a melhor tanto no crescimento em altura como na agregação do sistema radicular (CAMPINHOS JR. et al., 1984).

2.4.9. Bagaço de cana

A incorporação de materiais orgânicos no solo, com a finalidade de mineralizar e imobilizar o nitrogênio mineral do solo, tem sido motivo de muitos estudos. A decomposição dos materiais orgânicos, bem como os processos envolvidos, é dependente da relação C/N e da qualidade do material adicionado.

De acordo com a literatura, pouco ou nenhum trabalho tem sido realizado com a utilização de bagaço de cana na produção de mudas florestais, contudo restos vegetais como esse podem ser utilizados na produção de composto orgânico, trazendo vantagens no processo de produção de mudas de espécies florestais (GOMES et al., 1985).

O uso de bagaço de cana decomposto e carbonizado na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* promoveu resultados negativos quanto ao crescimento das mudas, quando comparados aos outros substratos, além do que o bagaço de cana decomposto não proporcionou boa agregação do sistema radicular e conduziu à elevada porcentagem de falhas, mas a combinação de turfa com bagaço de cana carbonizado resultou num substrato eficiente (AGUIAR et al., 1989).

No Brasil, existe produção de mudas florestais para diversos fins, desde a produção artesanal e em pequena escala até a produção de milhões de mudas anuais, como no caso das grandes empresas reflorestadoras, principalmente para a produção de madeira para a produção de celulose e papel. Vários são os substratos utilizados na produção de mudas de espécies florestais, sendo que, alguns dos considerados mais importantes e também mais utilizados, foram os comentados nesta revisão, contudo, cada um tem suas vantagens e desvantagens e se aplica de acordo com a finalidade da produção de mudas. Cabe ao técnico, de acordo com suas necessidades e possibilidades, escolher o melhor tipo de recipiente e substrato levando em consideração todos os aspectos citados no presente trabalho relacionados com os diversos tipos existentes.

2.5. Fertilização na qualidade de mudas

A fertilidade de um substrato é de suma importância na produção de mudas de espécies florestais, porque é a sua qualidade que permite a disponibilidade dos elementos essenciais, ou dos componentes que os contém, em quantidades adequadas para um crescimento satisfatório delas (MAY, 1984).

As exigências nutricionais são peculiares de cada espécie, mas apesar de que ainda não estejam muito bem estudadas, uma análise do substrato deve ser feita para determinar as quantidades de materiais orgânicos e minerais presentes (CARNEIRO, 1995), constituindo de uma técnica utilizada para o diagnóstico da necessidade de fertilização (BARROS et al., 1982), podendo ainda ser tomado como referência o nível de nutrientes presentes em uma área, com bom crescimento e desenvolvimento, onde está plantada a espécie que se quer produzir as mudas (SCHUBERT e ADAMS, 1971).

A correta nutrição das mudas, por meio de uma adequada fertilização do substrato induz um bom crescimento e uma melhor qualidade de mudas de espécies florestais, além de promover uma boa formação do sistema radicular, permitindo uma melhor adaptação e conseqüente sobrevivência após o plantio no campo, mas uma nutrição mineral inadequada resulta em um menor crescimento das mudas antes que os sintomas de deficiências ou toxidez tomem-se evidentes (CARNEIRO, 1995), ficando difícil a sua correção em tempo hábil.

A fertilização deverá ser bem balanceada, pois a sua falta ou excesso poderá produzir mudas menos resistentes às condições adversas encontradas após o plantio. O estado nutricional desempenha um importante papel no vigor das mudas, além do que a manipulação dos níveis de fertilização contribui para a melhoria dos valores dos parâmetros de avaliação do padrão de qualidade delas (CARNEIRO, 1995).

As mudas com deficiências ou com excessos de determinados nutrientes, ou seja com uma fertilização desbalanceada e inadequada são menos resistentes à doenças, à seca ou excesso de umidade, a geadas e a outros fatores de estresse.

O comportamento de mudas de espécies nativas do Estado do Paraná e o conhecimento de suas necessidades nutricionais contribuiu bastante para a produção de mudas de qualidade e para o reflorestamento, sendo que para *Araucaria angustifolia* as ausências de Nitrogênio, Fósforo e Cálcio foram os que mais influenciaram negativamente no seu crescimento (SIMÕES e COUTO, 1973).

As deficiências minerais são facilmente detectadas nas mudas, mas mesmo que os sintomas não sejam visíveis os produtores de mudas devem preocupar-se com o seu estado nutricional, uma vez que o crescimento pode ser reduzido (CARNEIRO, 1995).

O sistema radicular desenvolve-se melhor nos substratos mais férteis, porém a parte aérea cresce proporcionalmente mais, resultando numa relação parte aérea/sistema radicular maior do que nos mais pobres (CARNEIRO, 1983).

A fertilização deverá ser bem balanceada, pois a sua falta ou excesso poderá produzir mudas menos resistentes às condições adversas encontradas após o plantio. O estado nutricional desempenha um importante papel no vigor das mudas, além do que a manipulação dos níveis de fertilização contribui para a melhoria dos valores dos parâmetros de avaliação do padrão de qualidade delas (CARNEIRO, 1995).

O maior crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* e de *E. urophylla*, em função da fertilização com gesso e NPK 4:14:8, foi associado com o decréscimo do pH e do teor de

magnésio e com a elevação dos teores de fósforo, de cálcio e da relação cálcio:magnésio nos substratos (ARAÚJO, 1994).

Na produção de mudas por enraizamento de estacas o estado nutricional das plantas, fornecedoras dos propágulos, afeta consideravelmente o enraizamento (ASSIS, 1986 e CHALFUN, 1989), porém estacas bem nutridas, mas com menores teores de nitrogênio enraízam melhor (FACHINELLO, 1986).

A fertilização feita em mistura com o substrato aumentou sensivelmente o enraizamento de estacas (ASSIS, 1986), apesar de que um método de fertilização de estacas de eucalipto que funcionou satisfatoriamente bem foi o utilizado no litoral que consiste na adubação de cobertura 21 dias após o estaqueamento (PAIVA e GOMES, 1995), porém a umidade deverá ser considerada.

A umidade é um fator de grande importância para o sucesso de um programa de propagação vegetativa por meio de enraizamento de estacas (PAIVA e GOMES, 1995), principalmente até que o propágulo forme raízes e possa absorver água, sendo que a presença de folhas nas estacas é um forte estímulo para a formação raízes, no entanto, a perda de água pelas transpiração pode levar as estacas a morrerem antes que se formem raízes (HARTMAN et al., 1997), portanto, alto grau de umidade, de 80 a 100%, do ar é necessário para evitar o seu dessecação (PAIVA e GOMES, 1995).

Embora não se faça adubações somente a partir de elementos isolados e que combinações deles não servirão para todas situações, para efeito didático os elementos serão discutidos em separado. Os macronutrientes Nitrogênio, Fósforo, Potássio, Cálcio, Magnésio, Enxofre e os micronutrientes Ferro, Zinco, Cobre, Molibdênio, Boro, Manganês, e Cloro são importantes para o crescimento e desenvolvimento de plantas e, conseqüentemente bem pesquisados. Como eles são essenciais e influenciam consideravelmente nos parâmetros de avaliação do crescimento de mudas e no seu padrão de qualidade, serão também os citados nesta revisão, apesar de que não estão incluídos nos tratamentos que compõem o trabalho realizado, uma vez que somente foram utilizados o nitrogênio, o fósforo e o potássio.

2.5.1. Nitrogênio

O nitrogênio é um elemento essencial à vida vegetal, destacando-se por características especiais, não figurando como constituinte de qualquer rocha da crosta terrestre, se originando, direta ou indiretamente, da atmosfera (MONIZ, 1972).

É o macronutriente de comportamento completamente diferente dos demais, sendo o mais caro e requerido em maiores quantidades para a maioria das espécies e encontra-se nos solos predominantemente na forma orgânica, mas as formas disponíveis são principalmente os íons amônio e nitrato, portanto formas inorgânicas (RAIJ, 1981).

As principais fontes de nitrogênio para o solo são os materiais vegetais, como os restos de cultura, adubo verde ou serapilheira, os de natureza animal, os fertilizantes industriais, os sais de amônio e os nitratos, trazidos pela precipitação e a fixação biológica, realizada por certos microorganismos (CARDOSO, 1992).

As plantas verdes utilizam o nitrogênio inorgânico, sendo retirado dos solos como íons de NO^{3-} ou de NH_4^+ , desde que o pH seja adequado (LARCHER, 1986). Ao absorver NH_4^+ há

aumento de acidez devido à saída de H^+ proveniente, por exemplo, da dissociação do H_2CO_3 respiratório (MALAVOLTA et al., 1997).

O nitrogênio faz parte integrante da clorofila, das enzimas, das proteínas estruturais, dos ácidos nucléicos e de outros componentes orgânicos (RAY, 1971; EPSTEIN, 1975; CARNEIRO, 1995), tendo, provavelmente, um papel mais importante na participação na estrutura das moléculas protéicas (DEVLIN, 1970).

É um elemento bastante móvel que se locomove dos tecidos mais velhos para os mais novos, sendo que os sintomas de deficiência se caracterizam como um amarelecimento das folhas mais velhas (CAMARGO, 1970; DEVLIN, 1970).

A aplicação de fertilização nitrogenada aos substratos promove, de uma maneira geral, aumentos significativos no crescimento em altura nas mudas de espécies florestais (GOMES e COUTO, 1983), principalmente nas de eucaliptos (BRANDI, 1976; NOVAIS et al., 1979; NEVES et al., 1990) e quando parceladas (GOMES et al., 1981; GOMES et al., 1982), pois isso contribui para uma menor lixiviação e certo controle sobre a velocidade de crescimento e o endurecimento das mudas (NEVES et al., 1990), sendo que a produção máxima de matéria seca total ocorre com uma relação NH_4^+/NO_3^- em torno de 50/50 e a produção de raízes com maiores quantidades de NO_3^- (LOCATELLI, 1984).

Quando aplicado em doses mais elevadas, poderá apresentar efeitos contrários aos esperados (GOMES e COUTO, 1983), podendo até proporcionar um menor grau de endurecimento às mudas (NEVES et al., 1990), diminuindo a sua resistência, principalmente à seca, valendo ressaltar que, em condições de seca, altos níveis de nitrogênio são prejudiciais ao crescimento e sobrevivência de mudas (CARNEIRO, 1995). Além disso, o seu sistema radicular poderá apresentar um crescimento deficiente e sem a proporcionalidade desejada com a parte aérea, diminuindo a sua qualidade, principalmente no que se refere à sobrevivência no campo.

2.5.2. Fósforo

O fósforo do solo encontra-se fazendo parte de dois tipos de compostos: mineral e orgânico, sendo que a sua absorção se dá na forma mineral, mas dentro dos tecidos das plantas se transforma em compostos orgânicos; por outro lado a sua forma orgânica no solo vai-se mineralizando aos poucos (MONIZ, 1972).

O fósforo é um macronutriente de baixíssima mobilidade no solo, no qual encontra-se como ortofosfatos, que são formas derivadas do ácido ortofosfórico. Na fase sólida do solo encontra-se na matéria orgânica e combinado em compostos de ferro, de alumínio e de cálcio, mas as plantas absorvem esse elemento somente da solução do solo, portanto o único fósforo disponível imediatamente é o em solução (RAIJ, 1981), sendo que a sua disponibilidade natural é muito pequena (NEVES et al., 1990).

O fósforo ocorre nas plantas em quantidades bem menores do que as do nitrogênio e do potássio, fazendo parte da constituição dos ácidos nucléicos, da fitina e dos fosfolipídios, sendo que um adequado suprimento desse elemento é importante, no início do crescimento da planta, para a formação dos primórdios vegetativos (CAMARGO, 1970; DEVLIN, 1970).

Este elemento é rapidamente mobilizado nas plantas e em deficiências ele se desloca dos tecidos mais velhos para as regiões meristemáticas ativas. Muitos dos sintomas de deficiências desse elemento podem ser confundidos com as do nitrogênio, não sendo tão pronunciados, mas a queda prematura das folhas e sua pigmentação antociânica púrpura ou roxa é uma característica (DEVLIN, 1970).

O nível crítico de fósforo para mudas de *Eucalyptus* spp é extremamente elevado (60-80ppm) (BARROS et al., 1982 e NOVAIS et al., 1982), entretanto ele varia inversamente com a adsorção desse elemento no solo (NEVES, 1983) e decresce exponencialmente com a idade (NOVAIS, et al., 1982).

A fertilização mineral dos substratos utilizados para a produção de mudas de eucalipto foi, com frequência, mostrada ser mais eficiente quando o fósforo é aplicado (BRANDI, 1976 e NOVAIS et al., 1979), resultando, de uma maneira geral, em um maior crescimento dessas, principalmente do sistema radicular (GOMES e COUTO, 1983), porém a resposta positiva está estreitamente relacionada e dependente de um adequado suprimento de enxofre (NEVES, et al., 1985).

A deficiência de fósforo nos substratos para a produção de mudas promove um crescimento irregular, tanto na parte aérea quanto no sistema radicular (MAY, 1984), prejudicando a sua qualidade e necessitando de uma classificação e seleção mais rigorosas.

O fósforo promoveu acréscimos na altura e nos pesos de matérias secas da parte aérea e de raízes de mudas de *Eucalyptus grandis*, *E. pellita* e *E. tereticornis* (ROCHA e BRAGA, 1982), de *Acacia mangium* (BRAGA et al., 1995; DIAS et al., 1990; DANIEL et al., 1997), para, *E. urophylla*, no peso de matéria seca da parte aérea (TRAJANO et al., 2001) e para *Dalbergia nigra*, na altura, no diâmetro do coleto e no peso de matéria seca total (REIS et al., 1997), sendo o elemento mais importante para o crescimento das mudas dessa mesma espécie (NOVAIS et al., 1979).

A fertilização com fósforo deverá ser efetuada antes da sementeira e, preferencialmente, em mistura com o substrato, devido a sua imobilidade e sua fixação, apesar de que adubações em cobertura poderão ser realizadas eficientemente.

A sua presença e o seu contato externo e direto com todo o sistema radicular tem aumentado consideravelmente a proliferação de raízes (NEVES et al., 1987), promovendo uma melhor agregação dessas com o substrato, formando um torrão mais consistente, permitindo o transporte para o campo e o plantio das mudas sem os tubetes, quando for essa a embalagem utilizada.

2.5.3. Potássio

O potássio encontra-se nos solos na sua forma iônica K^+ em solução e como cátion trocável, sendo também as absorvidas pelas plantas (RAIJ, 1981; MALAVOLTA et al., 1997). A sua absorção atinge o máximo na presença de Ca^{++} no meio, embora o excesso tenha efeito inibidor (MALAVOLTA et al., 1997).

O potássio é essencial para diversas funções vitais das plantas como a respiração e fotossíntese (DEVLIN, 1970), mas também importantes no metabolismo dos carboidratos e do nitrogênio, no desdobraimento e translocação do amido, na síntese de proteína, na

neutralização de ácidos orgânicos, na ativação de enzimas, no crescimento de tecidos meristemáticos, nos movimentos estomáticos e nas relações hídricas (CAMARGO, 1970).

É um elemento bastante móvel e na sua deficiência se transloca para os tecidos mais novos, promovendo uma clorose em manchas seguidas de zonas de necrose nas pontas e bordas das folhas (DEVLIN, 1970). A sua deficiência diminui a fotossíntese e aumenta a respiração, reduzindo o suprimento de carboidratos e, conseqüentemente, o crescimento das plantas.

A fertilização potássica é praticamente desnecessária para o crescimento de mudas de espécies florestais e isso foi confirmado em pesquisas, indicando que as exigências em potássio das mudas de *Eucalyptus* sp. são relativamente baixas e que, provavelmente, não se justifica a sua aplicação para a maioria dos substratos (GOMES e COUTO, 1983). É um elemento de grande lixiviação, portanto não sendo esperada respostas residuais por longos períodos.

A ausência de respostas positivas de mudas de eucalipto à adubação potássica pode ser explicada pelo baixo nível crítico de potássio no solo (BRANDI, 1976 e NOVAIS et al., 1980), porém elevados valores obtidos para mudas de *Eucalyptus grandis* foram explicados pelo pequeno volume de substrato (PREZOTTI, 1985), sendo que, para fins práticos e para o eucalipto, deva ser em torno de 30ppm (NEVES et al., 1990).

Efeitos significativos dos níveis de potássio foram observados na produção de matéria seca da parte aérea de mudas de *Eucalyptus grandis* e de *Eucalyptus camaldulensis* e na altura da primeira espécie (SCHMIDT, 1995) e para *Dalbergia nigra*, na altura e no diâmetro do coleto (REIS et al., 1997), porém a fertilização potássica não promoveu efeitos significativos na altura, no diâmetro do coleto e nos pesos de matérias secas da parte aérea e do sistema radicular de mudas de *Eucalyptus grandis* em solos cujo nível de potássio disponível estivesse entre 9 e 11 ppm (NOVAIS et al., 1980).

A presença do potássio, em níveis crescentes, proporcionou um maior endurecimento das mudas de espécies florestais e conseqüente aumento da suas resistências às condições adversas do meio (CARNEIRO, 1995), principalmente quando se refere à seca em *Pseudotsuga menziesii* (LARSEN, 1980), à geada em *Eucalyptus saligna* (CARVALHO et al., 1978).

2.5.4. Cálcio

O cálcio no solo encontra-se na forma iônica Ca^{++} tanto em solução quanto como cátion trocável (RAIJ, 1981) e apresenta funções distintas como corrigir o pH, neutralizar o alumínio e o manganês e ser nutriente para as plantas.

O seu nível no solo poderá influenciar a absorção de vários nutrientes, principalmente pela alteração do pH. Em condições de boa drenagem os teores trocáveis predominam na soma de bases.

O cálcio é indispensável a todas as plantas superiores, sendo absorvido na forma iônica de Ca^{++} e encontrado em maiores quantidades nas folhas. As suas funções específicas ainda não estão bem definidas, mas classicamente é considerado como necessário à formação da lamela média, por causa do seu papel na síntese do pectato de cálcio (CAMARGO, 1970; CARNEIRO, 1995; DEVLIN, 1970; RAY, 1971), sendo requerido para a elongação e

divisão celular (MARSCHNER, 1986), apresentando muitos efeitos nos processos de crescimento e desenvolvimento da planta (MALAVOLTA et al., 1997), estando envolvido no metabolismo do nitrogênio e no crescimento dos tecidos meristemáticos, além de ser importante para as funções das raízes (CARNEIRO, 1995) e de ser clara a sua importância para o crescimento e desenvolvimento radicular (MENGUEL e KIRKBY, 1982).

A ausência de cálcio na adubação de mudas de *Araucaria angustifolia* reduziu sensivelmente os crescimentos em altura e diâmetro do coleto, além da produção de matéria seca (SIMÕES e COUTO, 1973).

Na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* a aplicação de fósforo na presença de calagem promoveu maiores crescimentos (NOVAIS et al., 1979a), tendo também efeito positivo na produção de matéria seca (SILVA e DEFELIPO, 1993), melhorando os resultados de crescimento, a não ser quando o nível de Ca^{++} trocável estava em torno de 0,25meq/100g de substrato (NOVAIS et al., 1979a).

Apesar de ser importante a aplicação de cálcio para as plantas, trabalho com de *Pinus taeda* mostrou que a omissão de aplicação desse elemento na produção de mudas foi benéfica para o crescimento, principalmente para o diâmetro do coleto (NADOLNY, 1990), concordando com citações de trabalhos com produção de mudas de várias espécies de eucaliptos, evidenciando não ser necessária a prática de calagem (NEVES et al., 1990), a não ser para suprir deficiências desse elemento quando o seu nível crítico está muito baixo.

A deficiência de cálcio promove um vazamento das membranas, a compartimentação celular é rompida e a ligação do Ca com a pectina da parede celular é afetada (MALAVOLTA et al., 1997). Sua deficiência é fácil de se observar, sendo que as regiões meristemáticas e apicais do talo, das folhas e das raízes são fortemente afetadas, podendo morrer, sendo que as raízes podem engrossar-se e adquirir uma coloração parda e nas bordas as folhas jovens apresentam cloroses, podendo provocar uma necrose (DEVLIN, 1970; MUNIZ e SILVA, 1995).

2.5.5.Magnésio

O magnésio está presente em pequenas quantidades nos nossos solos, sendo que a maioria deles é deficiente nesse nutriente, além de ocorrer como íon adsorvido no complexo coloidal, embora seja necessário um bom suprimento para a maioria das plantas (ICEA, 1973).

O magnésio é absorvido pelas plantas na forma iônica de Mg^{++} , sendo o único mineral constituinte das moléculas de clorofila e está relacionado com o metabolismo do fósforo (CAMARGO, 1970; MALAVOLTA et al., 1997), além de funcionar como catalisador na transferência de fosfatos (CARNEIRO, 1995).

Além das funções essenciais nos processos de fotossíntese, formando parte da molécula de clorofila, e do metabolismo de glucídios e síntese dos ácidos nucleicos, funcionando como ativador, é importante na intervenção de um transportador de fosfato (DEVLIN, 1970), sendo constituinte da molécula de clorofila, ativador de numerosas enzimas e, ainda, melhorando a absorção de fósforo (MALAVOLTA, 1980).

Por causa de sua alta mobilidade na planta a sua deficiência, em mudas, é semelhante a de nitrogênio, causando uma coloração amarelada, principalmente entre as nervuras das folhas mais velhas, mas com o agravamento da deficiência aparecem manchas amareladas que podem se unir, formando faixas ao longo das margens das folhas, tornando-se avermelhadas (DEVLIN, 1970; ICEA, 1973). A sua aplicação é feita por meio do calcário dolomítico em mistura com o substrato, antes da semeadura, quando necessária.

2.5.6. Enxofre

O enxofre na quase totalidade dos solos encontra-se na matéria orgânica e, em pequenas quantidades, na forma de sulfatos (ICEA, 1973), ocorrendo em compostos sólidos, formas solúveis, sais solúveis e gases (BISSANI e TEDESCO, 1988), sendo absorvido pelas raízes quase que exclusivamente como íon sulfato SO_4^{2-} (MALAVOLTA et al., 1997) e pelas folhas em estado elementar, na forma de sulfatos solúveis e de SO_2 (CAMARGO, 1970).

O enxofre é importante como constituinte de aminoácidos e tianinas e essencial para a síntese de gorduras (CARNEIRO, 1995), de aminoácidos sulfurados, de cistina, de cisteína, de metionina e de proteínas, além de ser ativador de certas enzimas, de ser constituinte de vitaminas, de coenzima “A” e da glutamina, estar presente nos óleos vegetais e estar associado a estrutura do protoplasma (CAMARGO, 1970; MALAVOLTA et al., 1997).

As respostas por mudas de *Eucalyptus grandis* ao enxofre foram positivas e seus níveis críticos para várias amostras de solo foram de 1,8 a 14,9 ppm (ALVAREZ et al., 1983), porém quando inoculadas com o fungo *Pisolithus tinctorius* requerem menores teores de enxofre no solo para o seu crescimento, sendo que seu adequado suprimento ajuda nas respostas positivas à fertilização com fósforo (NEVES et al., 1985).

A aplicação de enxofre foi mais eficiente para a produção de mudas de *Eucalyptus pilularis*, *E. pellita* e *E. citriodora* do que para *E. grandis* e *E. camaldulensis* (FURTINI NETO et al., 1988).

O nível crítico de enxofre para *Acacia auriculiformis*, possivelmente esteja abaixo de 5,1 mg/dm^3 , devido a ausência de resposta positiva à sua aplicação, porém para *Acacia holosericea* a resposta positiva permitiu a sua determinação que foi de 8,89 mg/dm^3 (BALIEIRO et al., 2001).

Para mudas de *Dalbergia nigra* a aplicação do enxofre promoveu respostas negativas, provavelmente porque o nível no solo estava maior do que o seu crítico (REIS et al., 1997).

O uso eficiente do nitrogênio pelas mudas depende essencialmente da presença do enxofre, sendo que a relação N/S pode ser o melhor indicador para a necessidade desse elemento e que para *Pinus taeda* uma boa relação dos elementos disponíveis é de 15/1 (CARNEIRO, 1995).

O fornecimento de enxofre pode ser feito, concomitantemente com as aplicações de nitrogênio e fósforo, utilizando-se como fontes desses elementos o sulfato de amônio e o superfosfato simples, os quais contem este elemento (DANTAS, 1992).

A sua deficiência é confundida com a do nitrogênio, ficando difícil a sua determinação, porém para mudas de *Aspidosperma polyneuron* os primeiros sintomas apareceram nas folhas mais novas, sem contudo diminuir o seu crescimento (MUNIZ e SILVA, 1995).

2.5.7. Ferro

O ferro no solo existe fazendo parte de alguns materiais como os silicatos primários, as argilas, os óxidos e hidróxidos de ferro e os sais fosfatados, sendo nessas formas insolúvel e em quantidades ínfimas (ICEA, 1973).

Este elemento é absorvido em forma iônica, de sulfatos, ou em forma de sais orgânicos complexos (quelatos), pelas raízes e pelas folhas, funcionando especificamente na ativação de vários sistemas de enzimas e na síntese da proteína dos cloroplastos (CAMARGO, 1970), funcionando também como catalisador na produção de clorofila, responsável pela cor verde das plantas (ICEA, 1973). Apesar de ser absorvido, principalmente, como Fe^{+++} se aceita de modo geral que a forma metabolicamente ativa na planta é o Fe^{++} (DEVLIN, 1970).

Deficiência deste elemento é uma das mais comuns formas da inadequada nutrição de micronutrientes, ocorrendo principalmente em substratos com maiores valores de pH, onde a sua absorção é inibida, podendo-se citar que mudas de *Pinus taeda* não crescem satisfatoriamente em pH acima de 6,0 (CARNEIRO, 1995).

O ferro é considerado um elemento com relativa mobilidade, sendo que quando é aplicado nas folhas é absorvido e distribuído para as mais novas e para as regiões em atividades meristemáticas, como o ápice de caules e de raízes e em gemas em desenvolvimento. Em substratos com deficiências desse elemento as mudas apresentam uma clorose nos brotos terminais, usualmente corrigida pela acidificação do meio com enxofre ou com aplicações de quelatos de ferro, produzindo respostas rápidas.

Em princípio a sua deficiência é marcante nas folhas mais novas, depois em todas as folhas e entre as nervuras e mais tarde, em estágios mais severos, as nervuras e suas ramificações também se tornam amareladas (DEVLIN, 1970; ICEA, 1973) e muitas vezes bem claras, quase brancas se confundindo, principalmente em espécies folhosas com o albinismo.

2.5.8. Zinco

A maioria dos minerais em que o zinco ocorre é facilmente decomposta e sua deficiência no solo está associada mais ao pH do que ao teor desse elemento propriamente dito, mas também pode ocorrer em solos arenosos ácidos e lixiviados, em solos neutros e alcalinos e naqueles que contenham teores elevados de fósforo total, talvez pela formação de fosfatos insolúveis com o zinco (ICEA, 1973), porém as rochas básicas são mais ricas nesse elemento do que as ácidas (MONIZ, 1972).

O zinco é um elemento essencial para homens, animais e plantas superiores, embora quando presente em elevados teores nos solos, pode causar efeitos tóxicos, não só para as plantas, mas também para os consumidores diretos e indiretos, sendo que em regiões tropicais os solos geralmente apresentam baixos teores desse elemento (PAIVA, 2000).

O zinco é um micronutriente de absorção rápida e de difícil lavagem, absorvido como íon Zn^{++} e como quelatos (CAMARGO, 1970), sendo essencial para a transformação de carboidratos (CARNEIRO, 1995), concentrando-se em cloroplastos, no vacúolo e nas membranas celulares (PAIVA, 2000). É, também, essencial para a síntese do triptofano, precursor do Ácido Indol Acético (AIA), auxina importante para o enraizamento (MALAVASI, 1994), sendo que sua deficiência manifesta-se fundamentalmente pela diminuição do ritmo de crescimento do broto terminal, com diminuição do comprimento da haste, internódios curtos, folhas menores e acompanhado da formação de rosetas (CAMARGO, 1970; DEVLIN, 1970; ICEA, 1973).

A deficiência do zinco pode ser induzida por altos índices de fósforo no solo, causando diminuição na sua absorção (MALAVOLTA et al., 1997). As deficiências podem ser prevenidas ou corrigidas pela adição de sulfato de zinco a 0,2 % em água, em pulverizações foliares ou pela adição ao substrato, sendo a primeira de resultado mais rápido.

2.5.9. Cobre

O cobre no solo pode ocorrer principalmente nas formas solúveis em água, adsorvido pelas argilas e fazendo parte de compostos orgânicos (ICEA, 1973), podendo fazer parte do complexo de troca, aparecendo na solução do solo sob a forma de cátion (MONIZ, 1972).

O cobre é absorvido na forma de íon Cu^{++} e como complexo orgânico de sal quelato com EDTA (MALAVOLTA et al., 1997), sendo ativador de enzimas, tais como a tirosinase, a lácase, a oxidase do ácido ascórbico e a desidrogenase de butiril-coenzima-A (DEVLIN, 1970, CAMARGO, 1970; CARNEIRO, 1995), além de ter importante função no metabolismo das raízes (ICEA, 1973).

O cobre desempenha um importante papel no crescimento de mudas e, em substratos arenosos, com pouca matéria orgânica, torna-se menos disponível à medida que os valores de pH são maiores (CARNEIRO, 1995).

O cobre tende a acumular-se nas raízes, sendo a sua mobilidade restrita, mas pelo menos em parte, pode sair das folhas velhas para as mais novas (MALAVOLTA et al., 1997). O seu excesso pode prejudicar o crescimento radicular. A sua deficiência é de difícil determinação, mas geralmente, devido a sua baixíssima mobilidade, aparecem nas folhas mais novas com uma coloração verde-amarelada nas suas bases, podendo provocar uma necrose do ápice das folhas jovens, progredindo para a margem, dando um aspecto de seca (DEVLIN, 1970).

2.5.10. Molibdênio

O molibdênio do solo é proveniente da decomposição da olivina, dos minerais de argila, dos sulfatos e de outros minerais, aparecendo na solução do solo sob a forma de ânion molibdênio MoO_4^{2-} (MONIZ, 1972).

O molibdênio é um micronutriente importante para a fixação de nitrogênio em *Rizobium*, causando deficiências de N, principalmente em leguminosas, mas nas demais plantas ele é requerido para os sistemas de redução do nitrato (CAMARGO, 1970; CARNEIRO, 1995), sendo encontrado em pequenas quantidades nos solos, porém consideráveis quantidades podem estar presentes na matéria orgânica (ICEA, 1973).

O molibdênio desempenha papel vital na fixação de nitrogênio por microorganismos e nos processos de transformações do nitrogênio na planta (DEVLIN, 1970; ICEA, 1973).

Sua deficiência pode provocar distúrbios metabólicos nas mudas, além de resultar em um acúmulo de nitratos e uma aparente redução da atividade de oxidase do ácido ascórbico (CAMARGO, 1970). As suas deficiências podem ser corrigidas com aplicações foliares ou adicionados ao substrato de molibdato de amônio e de sódio.

2.5.11. Boro

O boro disponível ocorre em duas formas no solo, sendo a inorgânica (boratos de cálcio, de magnésio e de sódio) e a orgânica (resíduos de microorganismos e de plantas), mas outras fontes são as águas de chuvas e fertilizantes, que normalmente o possuem em pequenas quantidades (ICEA, 1973).

O boro, na solução do solo, está sob a forma de ânion borato e provém sobretudo da decomposição da matéria orgânica, podendo também provir de sais, da rede cristalina dos silicatos, ou dos sesquióxidos dos folhelhos que são mais solúveis do que a ascarita ou turmalina das rochas metamórficas (MONIZ, 1972).

O boro é um micronutriente absorvido pelas plantas como ácido bórico não dissociado (MALAVOLTA et al., 1997), nas suas formas iônicas $B_4O_7^{--}$, HBO_3^{--} ou BO_3^{---} (CAMARGO, 1970).

As plantas necessitam de quantidades muito pequenas desse elemento, sendo que um nível ótimo para uma planta poderá ser tóxico para outra. Normalmente em substratos mais arenosos existe deficiência desse elemento. O único meio de sua retenção é a matéria orgânica, sendo que em pH acima de 6,0 e combinado com alto nível de cálcio a sua disponibilidade é baixa (CARNEIRO, 1995).

As funções do boro no metabolismo das plantas são ainda duvidosas, mas supõe-se que ele facilita a translocação de açúcares, que tenha um papel na síntese de pectina e na formação dos polissacarídeos, que iniba a formação de amido e, por outro lado, intensifica a divisão celular (CAMARGO, 1970).

As plantas com baixo nível de boro transpiram menos, mostrando um papel importante nas suas relações hídricas, além do que diminui o conteúdo de RNA e de DNA nas extremidades em crescimento, mostrando importância no metabolismo dos ácidos nucleicos (CAMARGO, 1970).

Para o *Eucalyptus grandis* os níveis de boro provocaram variações no crescimento de mudas, chegando a um valor máximo a 0,10ppm e diminuindo em concentrações mais elevadas (NOVELINO et al., 1982).

Esse elemento apresenta uma grande mobilidade no substrato e sua deficiência provoca a morte do meristema apical, comumente chamada de seca de ponteiro (DEVLIN, 1970;

NEVES et al., 1990), principalmente quando existe deficiência de água, porque a sua mobilidade e substancialmente afetada pelo teor de umidade (NOVELINO et al., 1982).

A sua deficiência poderá ser corrigida com aplicações foliares de ácido bórico a 0,3% em água.

2.5.12. Manganês

O manganês é um elemento essencial para as plantas, sendo encontrado em sedimentos, podendo até formar jazidas (MONIZ, 1972); é um dos mais abundantes micronutrientes existentes no solo, podendo alcançar em certos solos tropicais concentrações da ordem de 10%, ocorrendo na forma de óxidos e de hidróxidos de solubilidades variáveis, mas também na matéria orgânica (ICEA, 1973).

O manganês é absorvido na forma iônica de Mn^{++} e em combinações moleculares de quelatos com EDTA, sendo ativador de enzimas relacionadas com o metabolismo dos carboidratos, com as reações de fosforilação, com o ciclo do ácido nítrico, da prolidase e da glutamiltransferase (CAMARGO, 1970). Esse elemento tem também um papel importante na respiração e metabolismo do nitrogênio (DEVLIN, 1970).

O manganês aplicado às folhas é rapidamente absorvido, mas a absorção diminui drasticamente, em poucas horas, em virtude de sua baixa mobilidade (CAMARGO, 1970), mas pequenas quantidades satisfazem às exigências nutricionais das espécies florestais. É essencial para a síntese de clorofila, podendo, a sua deficiência, afetar a disponibilidade de ferro, sendo muitas vezes confundido com a clorose causada pela deficiência de ferro (CARNEIRO, 1995), diagnosticada como uma clorose nas folhas novas, apresentando nervuras verdes e grossas sobre um fundo amarelado (MALAVOLTA et al., 1997).

O seu excesso pode reduzir o crescimento e causar efeitos tóxicos às plantas, pois induz clorose, provavelmente pela inativação do ferro devido à oxidação pelo manganês, sendo observada em solos extremamente ácidos (MONIZ, 1972; ICEA, 1973).

2.5.13. Cloro

O cloro existe em pequenas quantidades nos solos e mesmo assim ele é facilmente lixiviado, sendo que somente há pouco tempo foi verificada a essencialidade desse elemento ao crescimento e desenvolvimento das plantas. Em regiões úmidas as quantidades desse micronutriente é pequena, mas em áridas e semi-áridas, geralmente ocorre acúmulos e na camada superficial de solos salinos, insuficientemente drenados, pode ocasionar toxidez às plantas (ICEA, 1973).

É um micronutriente importante para a fotossíntese, mas o suprimento do cloro, por absorção da atmosfera, usualmente é suficiente para atender às necessidades nutricionais das espécies florestais (NEVES et al., 1990).

As deficiências do cloro são difíceis de diagnóstico, uma vez que podem ocorrer em folhas novas ou velhas dependendo do vegetal, mas normalmente promovem uma clorose com

murchamento e deformação das folhas, além de permitir um menor desenvolvimento das raízes (MALAVOLTA et al., 1997).

3. MATERIAL E MÉTODOS

Este experimento foi instalado no viveiro de pesquisas em propagação de lenhosas do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, em novembro de 2000.

Viçosa está localizada na Região da Zona da Mata do Estado de Minas Gerais, a 652 m de altitude, na latitude de 20°45' Sul e longitude de 42°51' Oeste.

O clima, segundo Köppen, é do tipo Cwb, subtropical moderado úmido, com a precipitação média anual de 1.341 mm. e a umidade relativa do ar em torno de 80 %. A temperatura média anual é de 19⁰ C, sendo a média das máximas de 21,6⁰ C e a média das mínimas de 14⁰ C (CASTRO et al., 1983).

A espécie utilizada foi o *Eucalyptus grandis* com sementes coletadas em uma Área de Produção de Sementes (APS SBA-01), pertencente a CENIBRA – Celulose Nipo-Brasileira S.A. e fornecidas, pelo setor florestal dessa empresa, para o desenvolvimento deste trabalho.

A semeadura foi efetuada diretamente nos tubetes cônicos de plástico rígido, por meio de uma “seringa” apropriada, colocando-se, em média, 5 sementes, com 83 % de poder germinativo, por embalagem.

Sobre as sementes foi peneirada uma fina camada do mesmo substrato utilizado e sobre esse colocada uma fina cobertura de serragem, em torno de 0,5 cm, com a finalidade principal de proteger as sementes da incidência direta dos raios solares e das gotículas de água, que poderiam, além de ressecar, movimentar as sementes recém germinadas, podendo ocasionar uma queda na percentagem de germinação e de sobrevivência das mudas.

Aos trinta dias após a semeadura foi efetuado um raleio, com o objetivo de eliminar as mudas excedentes em cada embalagem, deixando-se apenas uma, sendo essa a melhor e a mais central.

Os tubetes de plástico rígido ficaram acondicionados em bandejas planas de prolipropileno, suspensas a 80 cm do solo, em casa de vegetação coberta com lona plástica transparente, sendo que os quatro tamanhos utilizados com seus diâmetros, suas alturas e seus volumes estão discriminados no Quadro 1.

Quadro 1 – Diferentes tamanhos de tubetes de plástico rígido com os respectivos diâmetros, alturas e volumes, utilizados para a produção de mudas de *Eucalyptus grandis*.

TUBETES	DIÂMETRO(cm)	ALTURA(cm)	VOLUME(cm ³)
A	2,8	12,5	50
B	3,2	14,5	110
C	5,6	13,0	200
D	5,3	19,0	280

O substrato utilizado foi uma mistura de 80 % de composto orgânico (CO) e de 20 % de moinha de carvão (MC), por ser um dos melhores e recomendado na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* em tubetes de plástico rígido (GOMES et al., 1985).

O composto orgânico foi produzido no próprio local de instalação do experimento a partir de esterco bovino (40%) e de capim gordura (60%), em função dos seus volumes, seguindo as recomendações técnicas para tal (LOURES, 1983).

A moinha de carvão foi obtida do carvão produzido com madeira de eucalipto, triturado, sendo esse passado através de duas peneiras com malhas distintas, tendo sido eliminado o pó e os grânulos maiores, sendo utilizada somente a porção de granulometria entre 1 e 5 mm.

A mistura do composto orgânico com a moinha de carvão foi expurgada com brometo de metila na dosagem de 60 ml/m³, aplicando-se 20ml/m² ao substrato, tendo como objetivo principal a eliminação dos possíveis agentes patogênicos e das sementes de plantas indesejáveis (GOMES et al., 1978).

O substrato foi colocado em uma superfície plana, formando um canteiro com aproximadamente 1,00 m de largura, 4,00 m de comprimento e 0,33 m de altura, coberto e bem vedado com uma lona plástica preta.

O brometo de metila foi aplicado ao substrato por meio de um aplicador específico, permanecendo coberto e perfeitamente vedado, com uma lona plástica. Após 72 horas da aplicação foi retirada a lona plástica, deixando o substrato a descoberto, permanecendo assim por outro período igual para a total eliminação de qualquer resíduo do produto aplicado e assim efetuar a semeadura sem riscos de mortalidade ou diminuição da germinação das sementes.

Apesar de que muitos são os elementos químicos importantes na produção de mudas de espécies florestais, a fertilização efetuada, visando a produção de mudas com crescimentos diferenciados das características morfológicas, foi com o nitrogênio, o fósforo e o potássio.

As fertilizações foram efetuadas para cada metro cúbico do substrato, sendo as doses aplicadas e calculadas, tendo como fontes o sulfato de amônio (0 e 600g - N0 e N1), o superfosfato simples (0 e 5Kg - P0 e P1) e o cloreto de potássio (0 e 400g - K0 e K1). As fontes foram moídas, dissolvidas em água e aplicadas ao substrato antes da semeadura, cujas análises estão citadas no Quadro 2.

Quadro 2 – Resultados das análises químicas do substrato utilizado, provenientes da mistura de composto orgânico (80%) e de moinha de carvão (20%) com as adubações de nitrogênio, de fósforo e de

potássio (presença e ausência), combinados entre si, constituindo os oito tratamentos .

Substrato Adubado	PH	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	(T)	V	MO
	H ₂ O	mg/dm ³		cmol _c /dm ³							dag/K
N0-P0-K0	7,30	845	1365	3,34	2,74	0,0	0,69	9,5	10,27	93,2	11,99
N0-P0-K1	7,33	893	1822	2,99	2,44	0,0	0,14	10,0	10,23	98,6	11,63
N0-P1-K0	6,87	1321	1345	5,38	2,40	0,0	1,11	11,2	12,34	91,0	11,27
N0-P1-K1	6,90	1370	1643	5,29	2,50	0,0	1,39	12,0	13,39	89,6	12,23
N1-P0-K0	6,75	1259	1444	2,84	2,60	0,0	1,39	9,1	10,52	86,8	12,23
N1-P0-K1	6,99	903	1842	3,75	2,50	0,0	1,83	10,9	11,79	92,9	12,71
N1-P1-K0	6,84	876	1782	3,76	2,75	0,0	0,69	12,0	11,77	94,1	12,23
N1-P1-K1	6,59	1405	1842	3,27	2,99	0,0	2,08	11,0	13,05	84,0	12,71

PH em água, KCl e CaCl₂ – Relação 1:2,5

P – K – Extrator Mehlich 1

H + Al – Extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol/L – pH 7,0

MO = C. Org. x 1,724 – Walkley-Black

Ca – Mg – Al – Extrator:KCl – 1 mol/L

A presença e a ausência do nitrogênio, do fósforo e do potássio, combinados entre si e com os quatro tamanhos de tubetes de plástico rígido constituíram os trinta e dois (32) tratamentos deste experimento (Quadro 3).

Quadro 3 – Arranjo dos quatro tamanhos de tubetes com as 8 combinações dos elementos N, P e K, formando os trinta e dois tratamentos.

01. A-N0-P0-K0	09. B-N0-P0-K0	17. C-N0-P0-K0	25. D-N0-P0-K0
02. A-N0-P1-K0	10. B-N0-P1-K0	18. C-N0-P1-K0	26. D-N0-P1-K0
03. A-N0-P0-K1	11. B-N0-P0-K1	19. C-N0-P0-K1	27. D-N0-P0-K1
04. A-N0-P1-K1	12. B-N0-P1-K1	20. C-N0-P1-K1	28. D-N0-P1-K1
05. A-N1-P0-K0	13. B-N1-P0-K0	21. C-N1-P0-K0	29. D-N1-P0-K0
06. A-N1-P1-K0	14. B-N1-P1-K0	22. C-N1-P1-K0	30. D-N1-P1-K0
07. A-N1-P0-K1	15. B-N1-P0-K1	23. C-N1-P0-K1	31. D-N1-P0-K1
08. A-N1-P1-K1	16. B-N1-P1-K1	24. C-N1-P1-K1	32. D-N1-P1-K1

Os parâmetros morfológicos das mudas e suas relações utilizados nas avaliações dos resultados foram a altura da parte aérea (H), o diâmetro do coleto (DC), o peso de matéria seca da parte aérea (PMSPA), o peso de matéria seca das raízes (PMSR), o peso de matéria seca total (PMST), a relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto (RHDC), a relação altura da parte aérea/peso de matéria seca da parte aérea (RHPMSPA), a relação entre o peso de matéria seca da parte aérea/peso de matéria seca das raízes (RPPAR) e o índice de qualidade de Dickson (IQD).

A altura da parte aérea foi determinada por meio de uma régua milimetrada, sendo essa efetuada a partir do nível do substrato até a ponta da última folha e expressa em centímetros, com duas casas decimais.

O diâmetro do coleto foi determinado ao nível do substrato por meio de um paquímetro de precisão de 0,01 mm e expresso em milímetros, com três casas decimais.

As determinações dos pesos de matéria seca da parte aérea (PMSPA) e do peso de matéria seca das raízes (PMSR) foram efetuadas a partir do material seco em estufa com ventilação forçada, regulada para 75 °C, por 72 horas, sendo esses determinados em gramas, com três casas decimais. O peso de matéria seca total (PMST) foi a soma dos pesos citados.

A relação entre a altura da parte aérea (cm) e o diâmetro do coleto (mm) foi determinada pela simples divisão (RHDC), ficando essa sem unidade de medida definida e com duas casas decimais.

A relação determinada pela altura da parte aérea (cm) e o peso de matéria seca da parte aérea (g) foi efetuada pela divisão desses parâmetros (RHPMSPA) e apresentados sem unidade de medida definida e com duas casas decimais.

A relação entre o peso de matéria seca da parte aérea (g) e o peso de matéria seca das raízes (g) foi o resultado da divisão desses pesos (RPPAR), sem unidade de medida e com duas casas decimais.

O índice de qualidade de Dickson (IQD) foi determinado em função da altura da parte aérea (H), do diâmetro do coleto (DC), do peso de matéria seca da parte aérea (PMSPA) e do peso de matéria seca das raízes (PMSR), sem unidade de medida definida e com quatro casas decimais, por meio da seguinte fórmula:

$$\text{IQD} = \frac{\text{PMST (g)}}{\text{H (cm) / DC (mm) + PMSPA (g) / PMSR (g)}}$$

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, dispostos num arranjo fatorial com 32 tratamentos e 3 repetições, sendo a parcela composta por 18 mudas. Em cada uma das três medições realizadas utilizou-se de 6 mudas.

A altura da parte aérea, o diâmetro do coleto, o peso de matéria seca da parte aérea e o peso de matéria seca do sistema radicular, foram determinados, utilizando-se das seis mudas destinadas para tal, aos 60, 90 e 120 dias após a semeadura. Aos 60 dias as 18 mudas de cada parcela foram separadas em blocos de seis mudas com as alturas semelhantes, de maneira a uniformizá-las.

As análises estatísticas foram efetuadas para avaliar o crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis*, em função do tamanho dos tubetes, fertilizações e idades, assim como para agrupar e determinar as contribuições relativas, dos parâmetros morfológicos de qualidade, utilizando a distância generalizada de Mahalanobis e o método de Tocher.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para melhor facilidade de leitura e compreensão dos resultados, primeiramente foram discutidos os efeitos do tamanho dos tubetes, das fertilizações e das idades na produção de mudas e, posteriormente, os parâmetros morfológicos e o padrão de qualidade das mudas.

4.1. Tamanhos dos Tubetes, Fertilizações e Idades

Os resumos das análises de variâncias dos dados da altura (H), do diâmetro do coleto (DC), da relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto (RHDC), do peso de matéria seca da parte aérea (PMSPA), do peso de matéria seca das raízes (PMSR), do peso de matéria seca total (PMST), da relação altura da parte aérea/peso de matéria seca da parte aérea (RHPMSPA), da relação peso de matéria seca da parte aérea/ peso de matéria seca das raízes (RPPAR) e do índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de *Eucalyptus grandis* avaliadas aos 60, 90 e 120 dias após a semeadura são apresentados nos Quadros 4, 5 e 6.

Os tamanhos dos tubetes testados, independentemente das fertilizações adicionadas, promoveram crescimentos, estatisticamente diferentes, em nível de 1% de probabilidade pelo teste de "F", para todos os parâmetros testados e em todas as idades de avaliações, podendo ser observados nos quadros de ANOVA mencionados.

Estes resultados estão concordantes com os esperados, uma vez que os tamanhos das embalagens utilizadas foram bem diferenciados, sendo que o tubete com maior volume (280cm^3) ultrapassa cinco vezes o volume do menor (50cm^3).

Desta maneira, o maior tubete disponibilizou para as mudas, uma quantidade de nutrientes substancialmente mais elevada, devido ao fato de que um maior volume de substrato possui mais nutrientes e que as quantidades do sulfato de amônio, do superfosfato simples e do cloreto de potássio foram adicionadas em relação aos volumes do substrato.

Além disto o maior volume da embalagem proporciona um maior espaço, não limitando o crescimento das raízes, aumentando a quantidade de substrato explorado e, conseqüentemente, uma maior absorção dos nutrientes disponibilizados. O *Eucalyptus grandis* é uma espécie muito sensível à restrição do sistema radicular (REIS, et al., 1989).

Mesmo aos 120 dias após a semeadura, nos tubetes de maior volume ainda existem disponibilidades de espaço e de nutrientes, permitindo a continuidade do crescimento das mudas, como pode ser observado para as médias de todos os parâmetros analisados.

Ainda, considerando os Quadros 4, 5 e 6, pode-se verificar que as combinações dos macro elementos adicionados (N, P e K) promoveram efeitos estatisticamente significativos, em nível de 1% de probabilidade, na idade de 60 dias, somente para a altura da parte aérea (H), para o peso de matéria seca da parte aérea (PMSPA) e para a relação da altura da parte aérea/peso de matéria seca da parte aérea (RHPMSPA).

Aos 90 dias após a semeadura, os efeitos positivos das fertilizações foram significativos em nível de 1 % de probabilidade para o diâmetro do coleto (D), para a relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto (RHDC) e para o peso de matéria seca total, em nível de 5 % de probabilidade para o peso de matéria seca da parte aérea (PMSPA), para a relação altura da parte aérea/peso de matéria seca da parte aérea (RHPMSPA) e para o índice de qualidade de Dickson e não significativos a altura da parte aérea (H), o peso de matéria seca das raízes (PMSR) e a relação peso de matéria seca da parte aérea/peso de matéria seca das raízes.

Com 120 dias de idade das mudas nenhum dos parâmetros sofreu efeitos significativos em função das fertilizações adicionadas.

À medida que as mudas ficam mais velhas, elas crescem e, logicamente, as quantidades exigidas de nutrientes aumentam, porém, sem considerar o tamanho do tubete, a disponibilidade nutricional não afetou os parâmetros analisados, uma vez que os níveis, principalmente de fósforo (845 mg/dm^3), de potássio (1365 mg/dm^3), de cálcio ($3,34 \text{ cmol/dm}^3$) e de magnésio ($2,74 \text{ mg/dm}^3$), no substrato, antes das adubações, já estavam bem altos e, possivelmente, muito além dos críticos exigidos para o crescimento das mudas, conforme pode ser observado nas análises químicas anteriormente citadas no Quadro 2.

Em trabalhos de pesquisas, procurando determinar os níveis críticos em mudas de *Eucalyptus* spp, o de fósforo ficou em torno de 60 a 80 mg/dm^3 (NOVAIS et al., 1982), o de potássio entre 9 e 11 mg/dm^3 (NOVAIS et al., 1980), o de cálcio e o de magnésio em torno de $0,25 \text{ mg/dm}^3$ (NOVAIS et al., 1979a).

Quadro 4 – Resumo da análise de variância dos dados da altura da parte aérea (H), do diâmetro do coleto (DC) e da relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto (RHDC), de mudas de *Eucalyptus grandis* avaliadas aos 60, 90 e 120 dias após a semeadura.

Idade (dias)	FV	GL	Quadrado médio		
			H	DC	RHDC
60	Blocos	2	1,5090	0,0075	3,8839
	Tubetes (T)	3	555,2593**	3,3842**	194,9171**
	Adubação (A)	7	6,8126**	0,0054 ^{ns}	4,7601 ^{ns}
	T x A	21	5,7942**	0,0111**	4,7486 ^{ns}
	Resíduo	62	1,1747	0,037	2,7572
90	Blocos	2	41,8618	0,0059	12,3797
	Tubetes (T)	3	3.193,0760**	6,3067**	241,8966**
	Adubação (A)	7	24,8828 ^{ns}	0,1055**	31,3494**
	T x A	21	39,4205**	0,0916**	55,4063**
	Resíduo	62	14,4305	0,0069	8,0986
120	Blocos	2	3,2042	0,2401	17,1743
	Tubetes (T)	3	4.945,3040**	53,4786**	1.475,1060**
	Adubação (A)	7	35,5528 ^{ns}	0,0671 ^{ns}	17,6152 ^{ns}
	T x A	21	60,7319**	0,0807 ^{ns}	14,7344 ^{ns}
	Resíduo	62	17,8423	0,0524	14,9843
60	CV (%)		7,77	6,69	10,32
90	CV (%)		12,77	6,09	12,60
120	CV (%)		10,89	7,90	23,88

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste de F.

^{ns} Não-significativo a 5% de probabilidade, pelo teste de F.

Quadro 5 - Resumo da análise de variância dos dados do peso de matéria seca da parte aérea (PMSPA), do peso de matéria seca das raízes (PMSR) e do peso de matéria seca total (PMST) de mudas de *Eucalyptus grandis* avaliadas aos 60, 90 e 120 dias após a semeadura.

Idade (dias)	FV	GL	Quadrado médio		
			PMSPA	PMSR	PMST
60	Blocos	2	0,021301	0,074948	0,1561
	Tubetes (T)	3	1,243978**	0,104557**	1,9389**
	Adubação (A)	7	0,018312**	0,006066 ^{ns}	0,0408 ^{ns}
	T x A	21	0,007252*	0,003619 ^{ns}	0,0165 ^{ns}
	Resíduo	62	0,004072	0,010013	0,0189
90	Blocos	2	0,027032	0,141605	0,2539
	Tubetes (T)	3	15,673070**	1,491049**	26,4025**
	Adubação (A)	7	0,089559*	0,012653 ^{ns}	0,1763 **
	T x A	21	0,075675**	0,006029 ^{ns}	0,1017 *
	Resíduo	62	0,033626	0,008605	0,0530
120	Blocos	2	0,568854	0,098312	0,431960
	Tubetes (T)	3	60,763770**	6,818661**	107,526400**
	Adubação (A)	7	0,140465 ^{ns}	0,019465 ^{ns}	0,205246 ^{ns}
	T x A	21	0,234230 ^{ns}	0,030001 ^{ns}	0,357186*
	Resíduo	62	0,169488	0,022570	0,203237
60	CV (%)		5,65	42,65	21,40
90	CV (%)		14,05	19,35	12,87
120	CV (%)		17,78	17,51	14,20

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste de F.

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste de F.

^{ns} Não-significativo a 5% de probabilidade, pelo teste de F.

Quadro 6 – Resumo da análise de variância dos dados da relação altura da parte aérea/peso da matéria seca da parte aérea (RHPMSPA), da relação altura da parte aérea/peso de matéria seca das raízes (RPPAR) e do índice de qualidade de Dickson (IQD), de mudas de *Eucalyptus grandis* avaliadas aos 60, 90 e 120 dias após a semeadura.

Idade (dias)	FV	GL	Quadrado médio		
			RHPMSPA	RPPAR	IQD
60	Blocos	2	104,9789	2,0453	0,000576
	Tubetes (T)	3	3.173,8710**	12,0185**	0,007968**
	Adubação (A)	7	80,1627**	0,1045 ^{ns}	0,000105 ^{ns}
	T x A	21	16,7199 ^{ns}	0,1448 ^{ns}	0,000080 ^{ns}
	Resíduo	62	23,5774	0,3642	0,000081
90	Blocos	2	13,1391	3,4821	0,000252
	Tubetes (T)	3	2.262,8970**	3,7091**	0,041881**
	Adubação (A)	7	23,6901*	0,1469 ^{ns}	0,000565*
	T x A	21	15,0517 ^{ns}	0,3298 ^{ns}	0,000522*
	Resíduo	62	0,0530	0,2245	0,000200
120	Blocos	2	48,5351	2,2215	0,003471
	Tubetes (T)	3	2.753,5140**	2,7481**	0,488613**
	Adubação (A)	7	23,8135 ^{ns}	0,0871 ^{ns}	0,001885 ^{ns}
	T x A	21	16,0108 ^{ns}	0,1343 ^{ns}	0,001723 ^{ns}
	Resíduo	62	16,7582	0,2189	0,001123
60	CV (%)		12,32	33,18	23,99
90	CV (%)		11,62	17,78	19,30
120	CV (%)		18,54	17,68	16,54

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste de F.

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste de F.

^{ns} Não-significativo a 5% de probabilidade, pelo teste de F.

Analisando-se o Quadro 7 pode-se verificar que as médias do crescimento em altura da parte aérea (H) foram mais influenciadas pelos volumes dos tubetes e pelas idade das mudas do que pelas fertilizações.

Em cada idade, independente das fertilizações, as alturas das mudas foram significativamente maiores, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, à medida que se aumentou o volume dos tubetes, provavelmente devido às considerações de nutrição e espaço para crescimento radicular em maior volume de substrato.

Estes resultados foram semelhantes aos encontrados em alguns trabalhos de pesquisa onde o pequeno volume da embalagem, causou restrição ao crescimento do sistema radicular, provocando como consequência pequeno crescimento em altura de mudas de *Eucalyptus grandis*, porém, no campo, esse efeito tendeu a desaparecer com o tempo (BARROS et al., 1978).

Mudas de *Pseudotsuga menziesii* com maiores alturas apresentaram maiores taxas de crescimento no campo (RICHTER, 1971).

O crescimento em altura de mudas de *Cryptomeria japonica* está diretamente relacionado com o volume do tubete (SANTOS et al., 2000), estando também relacionado para mudas de *Eucalyptus grandis*, produzidas em sacolas plásticas (VENTURIM, 1978).

Resultados semelhantes também foram encontrados com mudas de *Pinus taeda* e *Pinus patula* (CARNEIRO, 1985; NAPIER, 1985) e de *Eucalyptus grandis*, *E. camaldulensis* e *E. cloeziana*, concluindo ainda que a espécie mais sensível à restrição do sistema radicular foi o *Eucalyptus grandis* (REIS, et al., 1989).

As dimensões dos recipientes e, conseqüentes volumes, influenciaram na disponibilidade de nutrientes e água (BÖHM, 1979), sendo que um maior volume promove uma arquitetura do sistema radicular semelhante ao de mudas provenientes de semeadura direta no campo (PARVIAINEN, 1976), apesar de que grandes dimensões provocam gastos desnecessários, aumentando a área do viveiro, os custos de transporte e a distribuição das mudas no campo (CARNEIRO, 1995), acarretando, em geral, maiores custos de produção (GONZALEZ, 1988; GOMES et al., 1990) e de plantio.

Outro aspecto a ser considerado é que, coincidentemente, o tubete mais alto apresenta maior volume, sendo essa de 19cm (Quadro 2), uma vez que a altura e o diâmetro dos recipientes variam com as características de cada espécie (FERREIRA, 1985; CARNEIRO, 1987; GOMES et al., 1990), mas, em geral, a altura da embalagem foi mais importante do que o seu diâmetro para o crescimento de mudas de diferentes espécies florestais (GOMES et al., 1980; GOMES et al., 1990), inclusive para o *Eucalyptus grandis* (GOMES et al., 1981;).

No tubete de menor tamanho (50 cm³), em todas as idades, as adições de fertilizações não promoveram diferenças significativas a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, nas médias de alturas, talvez pela restrição ao crescimento radicular devido ao baixo volume de substrato e conseqüentemente, quantidades de nutrientes aquém das exigidas pelas mudas que necessitam de doses ainda mais elevadas de nutrientes para compensar as perdas, principalmente por lixiviação, explicação embasada e concordante com outros resultados de pesquisa (NEVES et al., 1990; CARNEIRO, 1995).

As diferenças de alturas foram maiores à medida que aumentou o volume dos tubetes, mas sem uma definição de tendência de crescimento para essa ou aquela combinação dos elementos nutricionais adicionados.

Em todos os tamanhos de tubetes, exceto para o de menor volume (50 cm³), observaram-se efeitos significativos da fertilização sobre a altura da parte aérea das mudas.

Independentemente das idades e tamanhos dos tubetes, houve uma tendência para maiores médias de alturas das mudas, serem obtidas nos tratamentos onde somente o fósforo estava presente, sendo que resultado semelhante foi relatado em trabalho de pesquisa (ROCHA e BRAGA, 1982).

As menores médias foram conseguidas na presença dos três elementos ou nos tratamentos onde houve adição do nitrogênio, podendo ser explicado pelas doses, possivelmente elevadas, desse elemento (GOMES e COUTO, 1983).

Apesar de ainda existir algumas controvérsias sobre a definição do tamanho ótimo de mudas para o plantio no campo, neste trabalho serão consideradas alturas entre 15 e 30 cm como padrão para serem plantadas com êxito.

Aos 60 dias após a semeadura (Quadro 7), observa-se que as maiores alturas da parte aérea das mudas ocorreram no tubete de maior volume (280 cm³), porém o tubete de 200 cm³ de volume também proporcionou algumas mudas com alturas no intervalo considerado. As fertilizações influenciaram o crescimento em altura da parte aérea das mudas com exceção para o tubete de menor volume 50 cm³.

Nesta idade as mudas ainda não estão endurecidas o suficiente para serem plantadas e resistirem às condições adversas que poderiam encontrar no campo, além do que o sistema radicular, geralmente se encontra pouco desenvolvido, não formando um torrão bem agregado ao substrato, principalmente para os tubetes de maiores volumes, condição relatada como indispensável para o transporte das mudas para o campo (GOMES et al., 1991).

Aos 90 dias de idade, as fertilizações utilizadas somente interferiram no crescimento em altura da parte aérea das mudas provenientes dos tubetes de maiores volumes (200 e 280 cm³). No entanto, todas as mudas produzidas nos tubetes de 50 e de 110 cm³, fertilizados ou não, estavam com alturas da parte aérea no intervalo considerado, porém aquelas produzidas no tubete de 280 cm³ e algumas no de 200 cm³ de volume estavam muito altas.

Com 120 dias de idade foi observado o mesmo comportamento efetuado aos 90 dias. Independentemente do tamanho do tubete e da fertilização, todas as mudas poderiam ser plantadas, considerando que não diferiram estatisticamente entre si a 5% de probabilidade, mas, principalmente os dois maiores tubetes proporcionaram mudas com alturas muito além das tecnicamente desejadas, podendo ocasionar uma menor sobrevivência após plantio, além do maior custo que as maiores embalagens causam para todo o processo de produção, transporte, distribuição e plantio das mudas.

Em plantios de *Eucalyptus grandis* foi observado que as mudas plantadas com maiores alturas da parte aérea promoveram menores taxas de sobrevivência e menores crescimentos (BARROS et al., 1978).

Quadro 7 - Médias das alturas das partes aéreas das mudas (cm) de *Eucalyptus grandis* em diferentes tamanhos de tubetes e com fertilização NP-K, aos 60, 90 e 120 dias de idade.

Idade (dias)	Adubação	Tubetes				Média
		A (50cm ³)	B (110cm ³)	C (200cm ³)	D (280cm ³)	
60	N0-P0-K0	7,90 Da	12,69 Cab	14,67 Bab	21,58 Aab	14,21
	N0-P1-K0	8,32 Da	13,39 Cab	15,85 Bab	23,24 Aa	15,20
	N0-P0-K1	8,22 Da	12,61 Cab	16,63 Ba	20,46 Abc	14,48
	N0-P1-K1	8,11 Da	11,68 Cb	14,48 Bab	19,09 Abc	13,34
	N1-P0-K0	7,73 Ca	13,18 Bab	14,89 Bab	19,89 Abc	13,92
	N1-P1-K0	6,85 Ca	13,65 Bab	15,06 Bab	19,93 Abc	13,87
	N1-P0-K1	8,45 Ca	14,61 Ba	14,78 Bab	18,03 Ac	13,97
	N1-P1-K1	8,41 Ba	13,60 Aab	13,80 Ab	14,79 Ad	12,65
	Média	8,00	13,18	15,02	19,63	
90	N0-P0-K0	17,34Ca	25,37 Ba	27,93 Bbc	49,05 Aa	29,92
	N0-P1-K0	18,23 Ca	24,31 Ca	32,53 Babc	48,44 Aa	30,88
	N0-P0-K1	16,47 Ca	25,21 Ba	39,03 Aa	45,11 Aabc	31,46
	N0-P1-K1	16,13 Ca	24,91 Ba	26,27 Bc	44,28 Aabc	27,90
	N1-P0-K0	15,01 Da	26,99 Ca	37,06 Bab	46,88 Aab	31,49
	N1-P1-K0	13,89 Ca	24,91 Ba	38,51 Aa	40,69 Aabc	29,50
	N1-P0-K1	17,77 Ca	27,37 Ba	31,25 Babc	38,35 Abc	28,69
	N1-P1-K1	16,61 Ca	26,43 Ba	32,96 Aabc	36,45 Ac	28,11
	Média	16,43	25,69	33,19	43,66	
120	N0-P0-K0	21,86 Ca	29,50 Ba	36,26 Bc	61,66 Aa	37,32
	N0-P1-K0	24,06 Da	33,61 Ca	44,69 Babc	61,00 Aab	40,84
	N0-P0-K1	23,28 Ca	32,92 Ba	52,42 Aa	54,61 Aabd	40,81
	N0-P1-K1	19,04 Da	35,37 Ca	43,64 Babc	57,51 Aabd	38,89
	N1-P0-K0	19,55 Da	33,96 Ca	48,86 Bab	58,79 Aabc	40,29
	N1-P1-K0	20,38 Ca	32,60 Ba	50,92 Aa	50,41 Abcd	38,58
	N1-P0-K1	22,40 Ca	36,71 Ba	38,62 Bbc	48,95 Acd	36,67
	N1-P1-K1	22,39 Ca	35,68 Ba	42,45 Abac	47,15 Ad	36,92
	Média	21,62	33,79	44,73	55,01	

Em cada idade e cada adubação (linha), médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P>0,05$).

Em cada idade e cada tubete (coluna), médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P>0,05$).

As médias dos diâmetros dos coletos (DC) das mudas, relacionadas no Quadro 8, seguem uma tendência de crescimento semelhante à das alturas, sendo que independente da idade as maiores médias foram, também obtidas, nos maiores tubetes.

Aos 60 dias de idade as médias do crescimento do diâmetro do coleto, independentemente das fertilizações, foram influenciadas positivamente pelos tamanhos dos tubetes.

Com 90 e 120 dias após a semeadura as respostas do crescimento diamétrico foram semelhantes ao observado aos 60 dias.

O crescimento do diâmetro do coleto foi consideravelmente influenciado pelo tamanho do tubete e pela idade.

Para *Eucalyptus grandis* o crescimento no campo foi inversamente proporcional à altura da parte aérea das mudas, principalmente quando combinadas com um menor diâmetro do coleto (BARROS et al., 1978), reforçando a afirmação de alguns pesquisadores que as mudas devem ter um equilíbrio entre a altura da parte aérea e o seu respectivo diâmetro do coleto para que sejam mais robustas, sendo mais resistentes às condições adversas encontradas no campo, apresentando uma maior taxa de sobrevivência e, conseqüentemente, necessitando de um menor replantio.

Quando se considera que mudas de *Eucalyptus* spp estão prontas para o plantio com diâmetro do coleto acima de 2,0 mm (GUERREIRO e COLLI JUNIOR, 1984), observa-se que somente as mudas produzidas nos três maiores tubetes (110, 200 e 280 cm³) e aos 120 dias de idade apresentavam essa condição. Porém aos 90 dias nos tubetes de volumes 200 e 280 cm³ as mudas já estavam com dimensões do diâmetro do coleto próximas ao desejável.

De maneira geral a fertilização não promoveu diferenças de crescimento para esse parâmetro, a não ser pequenas variações nas mudas produzidas no tubete de maior volume (280 cm³), aos 90 dias.

Considerando que as mudas devem apresentar maiores diâmetros do coleto para que haja melhor equilíbrio de crescimento com a parte aérea (CARNEIRO, 1995) e que são superiores as mudas de maiores diâmetros, (CARNEIRO, 1976), os tubetes maiores seriam os mais indicados.

Porém quando se verifica o intervalo de altura da parte aérea considerado (15 a 30 cm), e a economicidade da produção, principalmente no que se refere ao volume de substrato e à área ocupada nos viveiros, escolhe-se os de menores dimensões. Além de os volumes serem pequenos (50 e 110 cm³) estes tamanhos de tubetes possuem diâmetros reduzidos (2,8 e 3,2 cm), uma vez que a área ocupada no viveiro é função direta deles, reforçando a indicação efetuada para esses tamanhos e na idade de 90 dias. Resultados semelhantes foram obtidos onde volumes menores foram também os indicados para a produção de mudas de *Cryptomeria japonica* (SANTOS et al., 2000).

Quadro 8 – Médias dos diâmetros do coleto (mm) de mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes tamanhos de tubetes e com fertilização NP-K, aos 60, 90 e 120 dias de idade.

Idade (dias)	Adubação	Tubetes				Média
		A (50cm ³)	B (110cm ³)	C (200cm ³)	D (280cm ³)	
60	N0-P0-K0	0,392	0,881	1,005	1,398	0,919
	N0-P1-K0	0,407	0,860	1,163	1,198	0,907
	N0-P0-K1	0,452	0,833	1,235	1,261	0,945
	N0-P1-K1	0,412	0,865	1,153	1,314	0,936
	N1-P0-K0	0,392	0,905	1,079	1,237	0,903
	N1-P1-K0	0,367	0,865	1,129	1,270	0,908
	N1-P0-K1	0,400	0,901	1,161	1,158	0,905
	N1-P1-K1	0,379	0,875	1,115	1,138	0,877
	Média	0,400 D	0,873 C	1,130 B	1,247 A	
90	N0-P0-K0	0,639 Ca	1,371 Ba	1,849 Aa	1,347 Bc	1,302
	N0-P1-K0	0,681 Da	1,320 Ca	1,779 Ba	1,985 Aa	1,441
	N0-P0-K1	0,698 Ca	1,363 Ba	1,816 Aa	1,905 Aab	1,446
	N0-P1-K1	0,640 Da	1,357 Ca	1,671 Ba	1,821 Aab	1,372
	N1-P0-K0	0,612 Da	1,437 Ca	1,703 Ba	1,911 Aab	1,416
	N1-P1-K0	0,607 Ca	1,289 Ba	1,777 Aa	1,872 Aab	1,386
	N1-P0-K1	0,656 Ca	1,365 Ba	1,669 Aa	1,797 Aab	1,372
	N1-P1-K1	0,600 Da	1,386 Ba	1,955 Aa	1,699 Ab	1,410
	Média	0,642 D	1,361 C	1,777 B	1,792 A	
120	N0-P0-K0	0,855	2,899	3,414	4,714	2,971
	N0-P1-K0	0,783	2,767	3,694	4,027	2,818
	N0-P0-K1	0,783	2,868	3,775	4,001	2,857
	N0-P1-K1	0,815	2,901	3,589	4,156	2,865
	N1-P0-K0	0,767	2,979	3,735	4,079	2,890
	N1-P1-K0	0,793	3,131	3,933	4,000	2,964
	N1-P0-K1	0,841	3,004	3,892	4,297	3,009
	N1-P1-K1	0,724	2,805	3,697	4,008	2,809
	Média	0,795 D	2,919 C	3,716 B	4,160 A	

Em cada idade e cada adubação (linha), médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05).

Em cada idade e cada tubete (coluna), médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05).

Quando se analisa o Quadro 9, verifica-se que, independentemente da idade, tanto o tubete de maior volume quanto o de menor promoveram maiores resultados para as médias dos dados da relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto (RHDC), sendo que os dois de tamanhos intermediários (200 e 280 cm³) melhor se adequaram, uma vez que quanto menor for o seu valor maior será a capacidade de as mudas sobreviverem e se estabelecerem no campo após plantio definitivo (CARNEIRO, 1983).

Com 60 dias de idade esta relação somente foi influenciada pelos tamanhos dos tubetes, tendo um valor mínimo e diferente estatisticamente no tubete de 200 cm³.

Aos 90 dias após a semeadura este parâmetro apresentou menores valores nos tubetes de 110 e 200 cm³, sendo diferentes estatisticamente dos demais. As fertilizações tiveram efeito somente para os dois maiores tubetes (200 e 280 cm³).

Com 120 dias de idade esta relação apresentou resultados semelhantes aos obtidos quando as mudas tinham 60 dias, mas apesar de o menor valor ter sido no tubete de 110 cm³ este não diferiu estatisticamente do conseguido no de 200 cm³.

A relação altura/diâmetro do coleto exprime um equilíbrio de crescimento, relacionando esses dois parâmetros em apenas um índice (CARNEIRO, 1995), também denominado de quociente de robustez, sendo considerado bastante preciso por indicar o quanto delgada está a muda (JOHNSON e CLINE, 1991).

Um crescimento equilibrado de mudas em raiz nua de *Pinus taeda* deverá apresentar uma relação da altura da parte aérea/diâmetro do coleto inferior a 8,1 e quanto mais elevada for a percentagem de mudas que se enquadrem nessa norma de classificação mais acertadas terão sido as técnicas utilizadas no viveiro e mais aptas estarão as mudas para o plantio (CARNEIRO, 1976). Nenhum tratamento proporcionou mudas com valores inferiores aos citados

Considerando que os tubetes de tamanhos intermediários foram os que proporcionaram valores mais próximos e que não houve diferenças estatísticas entre eles, por motivos de economia, o de volume de 110cm³ poderia ser o indicado, independentemente da idade.

Quadro 9 – Médias da relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto de mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes tamanhos de tubetes e com fertilização N-P-K, aos 60, 90 e 120 dias de idade.

Idade (dias)	Adubação	Tubetes				Média
		A (50cm ³)	B (110cm ³)	C (200cm ³)	D (280cm ³)	
60	N0-P0-K0	20,18	14,42	14,88	15,41	16,22
	N0-P1-K0	20,48	15,56	13,69	19,43	17,29
	N0-P0-K1	18,21	15,15	13,49	16,23	15,77
	N0-P1-K1	19,78	13,52	12,55	14,56	15,10
	N1-P0-K0	19,91	14,57	13,88	16,13	16,12
	N1-P1-K0	18,75	15,79	13,37	15,74	15,91
	N1-P0-K1	21,15	16,22	12,81	15,61	15,80
	N1-P1-K1	22,23	15,59	12,40	13,01	15,81
	Média	20,09 A	15,10 B	13,39 C	15,77 B	
90	N0-P0-K0	27,06 Ba	18,52 Ca	15,11 Cb	36,62 Aa	24,33
	N0-P1-K0	26,91 Aa	18,61 Ba	18,38 Bb	24,45 Ab	22,09
	N0-P0-K1	23,71 Aa	18,51 Ba	21,54 ABb	23,71 Ab	21,88
	N0-P1-K1	25,23 Aa	18,40 Ba	15,71 Bb	24,45 Ab	20,91
	N1-P0-K0	24,56 Aa	18,78 Ba	21,73 ABb	24,76 Ab	22,46
	N1-P1-K0	23,00 Aa	19,38 Aa	21,84 Ab	21,69 Ab	21,48
	N1-P0-K1	27,12 Aa	20,17 Ba	18,77 Bb	21,27 Bb	21,83
	N1-P1-K1	27,63 Ba	19,17 Ca	16,86 Bb	21,52 Cb	21,29
	Média	25,65 A	18,94 B	18,72 B	24,81 A	
120	N0-P0-K0	25,57	10,20	10,58	13,15	14,87
	N0-P1-K0	30,83	12,14	12,10	15,18	17,56
	N0-P0-K1	29,84	11,49	13,89	13,66	17,22
	N0-P1-K1	23,38	12,22	12,16	13,87	15,41
	N1-P0-K0	25,52	11,41	13,25	14,51	16,17
	N1-P1-K0	25,75	10,46	12,99	12,64	15,46
	N1-P0-K1	26,63	12,22	9,90	11,40	15,04
	N1-P1-K1	35,90	12,71	11,47	11,77	17,96
	Média	27,92 A	11,61 B	12,04 B	13,27 A	

Em cada idade e cada adubação (linha), médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05).

Em cada idade e cada tubete (coluna), médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05).

No Quadro 10 verifica-se que à medida que se aumentou o volume da embalagem, independentemente das idades e fertilizações, houve um aumento do peso de matéria seca da parte aérea (PMSPA) das mudas, semelhante aos resultados obtidos para *Cryptomeria japonica* (SANTOS et al., 2000), podendo ser explicado da mesma maneira que o foi para a altura, uma vez que os mesmos fatores que exercem influências no crescimento da altura da parte aérea também atuam sobre o peso de matéria seca da parte aérea (CARNEIRO, 1981).

Aos 60 dias após a semeadura as médias dos pesos de matéria seca da parte aérea, independente das fertilizações efetuadas, não foram significativas estatisticamente, mas foram maiores à medida que se aumentou o tamanho dos tubetes. As fertilizações somente foram significativas para os tubetes de 200 e 280 cm³.

Com 90 dias de idade as mudas apresentaram seus pesos de matéria seca da parte aérea com a mesma tendência dos obtidos aos 60 dias, porém com referência às fertilizações estas somente foram significativas nos tubetes de 280 cm³.

Aos 120 dias os resultados quanto aos tamanhos das embalagens foram semelhantes aos obtidos nas idades de 60 e 90 dias, porém as fertilizações não tiveram efeito algum.

As fertilizações não influenciaram significativamente na produção de matéria seca da parte aérea, quando se utilizou os tubetes menores, em todas as idades consideradas, mas para os dois maiores as diferenças foram significativas para a idade de 60 e 90 dias.

O peso de matéria seca da parte aérea, apesar de ser um método destrutivo, deve ser considerado, pois é uma boa indicação de resistência das mudas (CARNEIRO, 1976)

Quadro 10 – Médias do peso de matéria seca da parte aérea (g) de mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes tamanhos de tubetes e com fertilização N-P-K, aos 60, 90 e 120 dias de idade.

Idade (dias)	Adubação	Tubetes				Média
		A (50cm ³)	B (110cm ³)	C (200cm ³)	D 280cm ³)	
60	N0-P0-K0	0,160 Da	0,321 Ca	0,602 Ba	0,825 Aa	0,477
	N0-P1-K0	0,153 Da	0,298 Ca	0,484 Bab	0,609 Abc	0,386
	N0-P0-K1	0,175 Ca	0,306 Ba	0,601 Aa	0,666 Aabc	0,437
	N0-P1-K1	0,152 Da	0,267 Ca	0,455 Bab	0,693 Aab	0,392
	N1-P0-K0	0,139 Da	0,287 Ca	0,431 Bb	0,677 Aab	0,384
	N1-P1-K0	0,129 Da	0,304 Ca	0,555 Bab	0,699 Aab	0,422
	N1-P0-K1	0,157 Da	0,336 Ca	0,489 Bab	0,681 Aab	0,416
	N1-P1-K1	0,145 Ca	0,300 Ba	0,444 Aab	0,507 Ac	0,349
	Média	0,151	0,302	0,508	0,670	
90	N0-P0-K0	0,430 Da	0,894 Ca	1,652 Ba	2,641 Aa	1,404
	N0-P1-K0	0,463 Ca	0,839 Ba	1,819 Aa	1,996 Abc	1,279
	N0-P0-K1	0,485 Da	0,801 Ca	1,954 Ba	2,368 Aab	1,402
	N0-P1-K1	0,396 Da	0,888 Ca	1,675 Ba	2,257 Aab	1,304
	N1-P0-K0	0,360 Da	0,893 Ca	1,630 Ba	2,024 Abc	1,227
	N1-P1-K0	0,313 Da	0,820 Ca	1,763 Ba	2,441 Aab	1,334
	N1-P0-K1	0,463 Da	0,987 Ca	1,725 Ba	2,187 Aabc	1,341

	N1-P1-K1	0,409 Ca	0,897 Ba	1,575 Aa	1,718 Ac	1,150
	Média	0,415	0,877	1,724	2,204	
120	N0-P0-K0	0,656	1,523	2,642	5,017	2,460
	N0-P1-K0	0,533	1,414	2,996	4,184	2,282
	N0-P0-K1	0,639	1,565	3,217	4,311	2,433
	N0-P1-K1	0,546	1,577	2,517	4,508	2,287
	N1-P0-K0	0,575	1,439	2,841	3,960	2,204
	N1-P1-K0	0,526	1,601	2,991	4,429	2,387
	N1-P0-K1	0,678	1,529	3,279	3,820	2,327
	N1-P1-K1	0,647	1,473	2,916	3,560	2,149
	Média	0,600 D	1,515 C	2,925 B	4,224 A	

Em cada idade e cada adubação (linha), médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P>0,05$).

Em cada idade e cada tubete (coluna), médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P>0,05$).

Analisando as médias dos pesos de matéria seca das raízes (PMSR), citadas no Quadro 11, pode-se observar que independentemente das idades e das fertilizações houve diferenças significativas a 5 % de probabilidade, sendo maior nos tubetes de maior volume.

Aos 60 dias de idade houve tendência para maior produção de matéria seca das raízes no tubete de 200 cm³, sem diferir estatisticamente da produzida no de 280 cm³. As diferentes fertilizações não promoveram diferenças significativas, independente do tamanho dos tubetes.

Com 90 dias a produção de matéria seca das raízes foi maior a favor do tubete de maior volume (280 cm³), sendo que as fertilizações também só influenciaram nessa produção quando aplicadas na maior embalagem.

Aos 120 dias de idade os resultados, referente a tamanhos de embalagens e fertilizações, foram semelhantes àqueles observados aos 90 dias, porém apesar de a maior produção ter sido também no maior tubete, essa não foi estatisticamente diferente.

Resultados semelhantes foram obtidos onde o aumento da massa seca das raízes das mudas de *Cryptomeria japonica* foi diretamente relacionado com o volume do tubete (SANTOS et al., 2000). Tubetes maiores produziram mudas de *Pinus taeda* e de *Pinus echinata* com maiores quantidades de raízes (CARNEIRO, 1985; BRISSETTE, 1990).

O peso de matéria seca das raízes tem sido reconhecido como importante parâmetro para estimar a sobrevivência e o crescimento de mudas de *Pseudotsuga menziesii*, destacando-se que a sobrevivência no campo, foi maior quanto mais abundante fosse o sistema radicular, independente da altura da parte aérea (HERMANN, 1964), sendo encontrada uma estreita relação entre o peso de matéria seca da parte aérea e o correspondente peso de matéria seca das raízes (WILSON e CAMPBELL, 1972), apesar de que esse parâmetro é de difícil determinação na maioria dos viveiros de produção de mudas.

Quadro 11 – Médias do peso de matéria seca das raízes (g) de mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes tamanhos de tubetes e com fertilização N-P-K, aos 60, 90 e 120 dias de idade.

Idade (dias)	Adubação	Tubetes				Média
		A (50cm ³)	B (110cm ³)	C 200cm ³)	D (280cm ³)	
60	N0-P0-K0	0,177 Da	0,222	0,337	0,333	0,267
	N0-P1-K0	0,187 Ba	0,192	0,397	0,234	0,252
	N0-P0-K1	0,171 Ca	0,247	0,325	0,236	0,245
	N0-P1-K1	0,151 Ca	0,186	0,324	0,272	0,233
	N1-P0-K0	0,153 Ca	0,196	0,221	0,269	0,210
	N1-P1-K0	0,124 Ca	0,167	0,343	0,265	0,225
	N1-P0-K1	0,184 Ca	0,215	0,307	0,275	0,245
	N1-P1-K1	0,145 Ca	0,202	0,243	0,209	0,200
	Média	0,162 B	0,203 B	0,312 A	0,262 A	
90	N0-P0-K0	0,281	0,349 Ca	0,658 Ba	0,883 Aa	0,543
	N0-P1-K0	0,237	0,308 Ba	0,635 Aa	0,670 Aab	0,463
	N0-P0-K1	0,225	0,325 Ba	0,695 Aa	0,795 Aab	0,510
	N0-P1-K1	0,217	0,352 Ba	0,627 Aa	0,725 Aab	0,480
	N1-P0-K0	0,189	0,342 Ba	0,602 Aa	0,624 Ab	0,439
	N1-P1-K0	0,165	0,359 Ba	0,597 Aa	0,742 Aab	0,466
	N1-P0-K1	0,174	0,364 Ba	0,669 Aa	0,670 Aab	0,469
	N1-P1-K1	0,155	0,295 Ba	0,649 Aa	0,760 Aab	0,465
	Média	0,205 D	0,337 C	0,642 B	0,734 A	
120	N0-P0-K0	0,285 Da	0,555 Ca	1,067 Ba	1,618 Aa	0,881
	N0-P1-K0	0,258 Ca	0,531 Ba	1,294 Aa	1,381 Aab	0,866
	N0-P0-K1	0,287 Ca	0,618 Ba	1,351 Aa	1,472 Aab	0,932
	N0-P1-K1	0,246 Da	0,574 Ca	1,028 Ba	1,393 Aab	0,810
	N1-P0-K0	0,244 Ca	0,585 Ba	1,311 Aa	1,239 Aab	0,845
	N1-P1-K0	0,246 Ca	0,559 Ba	1,271 Aa	1,363 Aab	0,860
	N1-P0-K1	0,299 Ca	0,550 Ba	1,192 Aa	1,180 Ab	0,805
	N1-P1-K1	0,254 Da	0,525 Ca	1,142 Ba	1,533 Aab	0,864
	Média	0,265	0,562	1,207	1,397	

Em cada idade e cada adubação (linha), médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05).

Em cada idade e cada tubete (coluna), médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05).

Independentemente das idades e das fertilizações as médias da produção de matéria seca total (PMST) das mudas foram superiores, à medida que se aumentou o volume dos tubetes como pode ser observado no Quadro 12.

Aos 60 dias após a sementeira os pesos de matéria seca total das mudas foram maiores à medida que se aumentou os tamanhos das embalagens, sendo o melhor resultado, estatisticamente diferente, a 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey, obtido no tubete de 280 cm³. Nesta idade as fertilizações não tiveram influências.

Com 90 dias os resultados com referência ao tamanho do tubete foram semelhantes aos com 60 dias, porém sem serem diferentes estatisticamente. Quanto às fertilizações essas somente apresentaram resultados diferentes estatisticamente no maior tubete (280 cm³).

Aos 120 dias os resultados foram semelhantes aos observados quando as mudas tinham 60 e 90 dias de idade. Essa produção de matéria seca total mais elevada no tubete de maior volume, pode ser explicada pela restrição ao crescimento imposta nos tubetes menores, como aconteceu para a altura das mudas e para o peso de matéria seca das raízes

Resultados semelhantes foram observados quando se analisou o crescimento em altura, concordando com outros resultados de pesquisa onde os fatores que influenciaram no crescimento em altura de mudas de *Pinus taeda*, atuaram sobre o peso de matéria seca (CARNEIRO, 1981)

Também foi observada uma relação direta entre o tamanho do recipiente e o ganho em massa seca em mudas de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* (GOMES et al., 1980) e de *Tabebuia serratifolia*, de *Copaifera langsdorffii* e de *Piptadenia peregrina* (GOMES et al., 1990),

Os tubetes pequenos podem restringir o crescimento do sistema radicular não sendo indicados para produção de mudas de espécies do gênero *Pinus* (ALM e SCHANTZ-HANSEN, 1974), sendo observada essa restrição também para mudas de *Eucalyptus camaldulensis*, *E. grandis* e *E. cloeziana* (REIS et al., 1989), podendo causar pequeno crescimento no viveiro, mas recuperando o crescimento em altura de *Eucalyptus grandis* no campo (BARROS et al., 1978), sendo indicado, em relatos técnicos, algumas vantagens para o seu uso (CAMPINHOS e IKEMORI, 1983; FAGUNDES e FIALHO, 1987).

Quando se considera as qualidade técnico-econômicas, as embalagens de menores dimensões normalmente são as mais indicadas para a produção de mudas de várias espécies.

Quadro 12 - Médias do peso de matéria seca total (g) de mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes tamanhos de tubetes e com fertilização NP-K, aos 60, 90 e 120 dias de idade.

Idade (dias)	Adubação	Tubetes				Média
		A (50cm ³)	B (110cm ³)	C (200cm ³)	D (280cm ³)	
60	N0-P0-K0	0,337	0,543	0,939	1,159	0,745
	N0-P1-K0	0,340	0,490	0,881	0,843	0,638
	N0-P0-K1	0,347	0,553	0,925	0,902	0,682
	N0-P1-K1	0,303	0,453	0,779	0,965	0,625
	N1-P0-K0	0,291	0,483	0,653	0,947	0,593
	N1-P1-K0	0,253	0,471	0,897	0,963	0,646
	N1-P0-K1	0,341	0,551	0,796	0,956	0,746
	N1-P1-K1	0,290	0,502	0,687	0,716	0,545
	Média	0,313 D	0,506 C	0,820 B	0,931 A	
90	N0-P0-K0	0,711 Da	1,243 Ca	2,310 Ba	3,525 Aa	1,947
	N0-P1-K0	0,699 Ca	1,147 Ba	2,455 Aa	2,666 bc	1,742
	N0-P0-K1	0,903 Ca	1,127 Ca	2,649 Ba	3,163 ab	1,961
	N0-P1-K1	0,586 Da	1,240 Ca	2,303 Ba	2,983 ab	1,778
	N1-P0-K0	0,549 Da	1,235 Ca	2,232 Ba	2,648 bc	1,666
	N1-P1-K0	0,479 Da	1,179 Ca	2,359 Ba	3,183 ab	1,800
	N1-P0-K1	0,637 Da	1,351 Ca	2,394 Ba	2,857 bc	1,810
	N1-P1-K1	0,565 Ca	1,193 Ba	2,223 Aa	2,478 Ac	1,615
	Média	0,576	1,214	2,366	2,938	
120	N0-P0-K0	0,941 Da	2,078 Ca	3,709 Ba	6,635 Aa	3,341
	N0-P1-K0	0,791 Da	1,945 Ca	4,290 Ba	5,565 ab	3,148
	N0-P0-K1	0,926 Da	2,183 Ca	4,568 Ba	5,783 ab	3,365
	N0-P1-K1	0,792 Da	2,151 Ca	3,545 Ba	5,901 ab	3,097
	N1-P0-K0	0,819 Da	2,024 Ca	4,152 Ba	5,199 Ab	3,049
	N1-P1-K0	0,772 Da	2,160 Ca	4,261 Ba	5,793 ab	3,247
	N1-P0-K1	0,977 Ca	2,079 Ba	4,471 Aa	5,000 Ab	3,132
	N1-P1-K1	0,901 Da	1,998 Ca	4,058 Ba	5,093 Ab	3,013
	Média	0,865	2,077	4,132	5,621	

Em cada idade e cada adubação (linha), médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05).

Em cada idade e cada tubete (coluna), médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05).

A relação altura da parte aérea/peso de matéria seca da parte aérea (RHPMSPA) teve um comportamento semelhante ao obtido para a altura e produção de matéria seca, podendo ser

observado no Quadro 13. Esse índice exprime o quanto endurecida está a muda, podendo inferir que quanto menor for o valor dessa relação mais lenhificada será a muda e, conseqüentemente, maior deverá ser a sua capacidade de sobrevivência após o plantio.

Com 60 dias de idade os tamanhos das embalagens influenciaram nessa relação, sendo os melhores resultados obtidos nos tubetes de maiores volumes (200 e 280 cm³). Para cada tamanho de tubete, individualmente, as fertilizações não tiveram efeitos significativos, mas quando se considera esse efeito, independentemente dos seus tamanhos os efeitos foram significativos estatisticamente.

Aos 90 e 120 dias após a semeadura os resultados foram semelhantes aos obtidos com 60 dias, à exceção das fertilizações que não apresentaram diferenças.

O volume dos tubetes e a idade das mudas tiveram uma influência bem expressiva na relação altura da parte aérea/peso de matéria seca da parte aérea, uma vez que ele afetou consideravelmente no crescimento em altura da parte aérea e na produção de matéria seca, sendo que independente da idade e das fertilizações a relação foi inversamente proporcional ao volume do tubete.

Como um índice, para avaliar o padrão de qualidade das mudas, esta relação poderá ser de grande importância, devendo ser utilizada principalmente no que se refere ao potencial de sobrevivência no campo, apesar de que a determinação do peso de matéria seca é um processo que necessita destruir a muda.

Quadro 13 - Médias da Relação altura da parte aérea/peso da matéria seca da parte aérea de mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes idades, adubações e tamanhos de tubetes.

Idade (dias)	Adubação	Tubetes				Média
		A (50cm ³)	B (110cm ³)	C (200cm ³)	D (280cm ³)	
60	N0-P0-K0	49,37	39,53	24,37	26,16	34,86 b
	N0-P1-K0	54,38	44,93	32,75	38,16	42,55 a
	N0-P0-K1	46,97	41,21	27,67	30,72	36,64 ab
	N0-P1-K1	53,35	43,74	32,82	27,55	39,36 ab
	N1-P0-K0	55,61	45,92	34,55	30,38	41,61 a
	N1-P1-K0	53,10	44,90	27,13	28,51	38,41 ab
	N1-P0-K1	53,82	43,48	30,22	26,47	38,50 ab
	N1-P1-K1	58,00	45,33	31,08	29,17	40,89 ab
	Média	53,07 A	48,57B	30,07 C	29,64 C	
90	N0-P0-K0	40,32	28,38	16,91	18,57	26,04
	N0-P1-K0	39,37	28,97	17,88	24,27	27,62
	N0-P0-K1	33,96	31,47	19,97	19,05	26,11
	N0-P1-K1	40,73	28,05	15,68	19,62	26,02
	N1-P0-K0	41,69	30,22	22,74	23,16	29,45
	N1-P1-K0	44,38	30,38	21,84	16,67	28,32
	N1-P0-K1	38,38	27,73	18,16	17,53	25,45
	N1-P1-K1	40,61	29,46	20,93	21,22	28,05
	Média	39,93 A	29,33 B	19,26 C	20,01 C	

120	N0-P0-K0	33,32	19,37	13,72	12,29	19,67
	N0-P1-K0	45,14	23,77	14,92	14,58	24,60
	N0-P0-K1	36,43	21,03	16,29	12,67	21,60
	N0-P1-K1	34,87	22,43	17,34	12,76	21,85
	N1-P0-K0	34,00	23,60	17,20	14,85	21,54
	N1-P1-K0	38,74	20,36	17,02	11,38	21,87
	N1-P0-K1	33,04	24,01	11,78	12,81	20,41
	N1-P1-K1	34,61	24,22	14,56	13,24	21,66
Média	36,27 A	22,35 B	15,35 C	13,07 C		

Em cada idade e cada adubação (linha), médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P>0,05$).

Em cada idade e cada tubete (coluna), médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P>0,05$).

As médias da relação peso de matéria seca da parte aérea/peso de matéria seca das raízes (RPPAR) das mudas nas diferentes idades, fertilizações e tamanhos de tubetes estão apresentadas no Quadro 14.

Analisando-se esse quadro verifica-se que esse parâmetro foi significativamente diferente, para os tamanhos dos tubetes, independentemente das idades e das fertilizações. À medida que se aumenta o volume da embalagem maior é o valor da relação. Quanto menor for o valor dessa relação maior será o peso da massa radicular, podendo indicar uma maior resistência da muda.

Aos 60 dias após a semeadura os efeitos dos tamanhos das embalagens foram significativos, sendo menores à medida que se aumenta o tamanho do tubete. O melhor resultado foi obtido no tubete de menor volume (50 cm³). As fertilizações não apresentaram efeitos significativos.

Com 90 dias de idade os resultados foram semelhantes, porém só foram significativos estatisticamente no tubete de 280 cm³ de volume. As fertilizações também não apresentaram efeitos significativos.

Aos 120 dias de idade os resultados ainda continuam semelhantes, mas com pequenas variações significativas estatisticamente, sendo que o melhor resultado foi o obtido no tubete de 50 cm³.

A relação entre o peso de matéria seca da parte aérea e o do sistema radicular das mudas é considerada como um índice eficiente e seguro para expressar o padrão de qualidade dessas (LIMSTROM, 1963; PARVIAINEN, 1981), porém essa relação poderá não ter significado para o crescimento no campo (BURDETT, 1979).

Num encontro de pesquisadores ficou estabelecido como sendo 2,0 a melhor relação entre o peso de matéria seca da parte aérea e o seu respectivo peso de matéria seca da raiz (BRISSETTE, 1984).

Considerando-se 2,0 como um bom valor para a RPPAR as mudas de 60 dias só poderiam ser produzidas nas maiores embalagens (200 e 280 cm³), porém nas produzidas com 90 e

120 dias todos os tamanhos de tubetes testados poderiam ser utilizados com algumas exceções de algumas fertilizações, aos 90 dias e na menor embalagem.

Apesar de que na sua determinação são utilizados parâmetros destrutivos este índice tem potencial para ser utilizado na avaliação do padrão de qualidade de mudas.

Quadro 14 – Médias da relação peso de matéria seca da parte aérea/peso de matéria seca das raízes de *Eucalyptus grandis* em diferentes tamanhos de tubetes e com fertilização NP-K, aos 60, 90 e 120 dias de idade.

Idade (dias)	Adubação	Tubetes				Média
		A (50cm ³)	B (110cm ³)	C (200cm ³)	D (280cm ³)	
60	N0-P0-K0	0,93	1,49	2,43	2,54	1,85
	N0-P1-K0	0,87	1,85	1,39	2,62	1,68
	N0-P0-K1	1,03	1,47	2,20	2,91	1,90
	N0-P1-K1	1,03	1,70	1,57	2,62	1,73
	N1-P0-K0	0,91	1,69	2,33	2,52	1,86
	N1-P1-K0	1,04	1,92	2,08	2,81	1,96
	N1-P0-K1	0,86	1,69	1,94	2,62	1,78
	N1-P1-K1	1,00	1,52	2,01	2,64	1,79
	Média	0,96 C	1,67 B	1,99 B	2,66 A	
90	N0-P0-K0	1,60	2,60	2,67	3,08	2,49
	N0-P1-K0	2,07	2,76	2,86	2,99	2,67
	N0-P0-K1	2,20	2,53	2,83	3,09	2,66
	N0-P1-K1	1,83	2,63	2,88	3,14	2,62
	N1-P0-K0	1,94	2,68	3,00	3,29	2,73
	N1-P1-K0	1,90	2,37	3,05	3,39	2,68
	N1-P0-K1	2,86	2,78	2,59	3,26	2,87
	N1-P1-K1	2,63	3,04	2,44	2,28	2,60
	Média	2,13 B	2,67 B	2,79 B	3,07 A	
120	N0-P0-K0	2,38	2,77	2,50	3,10	2,69
	N0-P1-K0	2,12	2,74	2,40	3,03	2,57
	N0-P0-K1	2,25	2,54	2,53	3,05	2,59
	N0-P1-K1	2,23	2,77	2,52	3,25	2,69
	N1-P0-K0	2,41	2,47	2,20	3,15	2,56
	N1-P1-K0	2,16	2,89	2,37	3,37	2,70
	N1-P0-K1	2,28	2,81	2,78	3,31	2,80
	N1-P1-K1	2,54	2,80	2,55	2,38	2,57
	Média	2,30 C	2,72 B	2,48 C	3,08 A	

Em cada idade e cada adubação (linha), médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05).

No Quadro 15 estão relacionadas as médias do índice de qualidade de Dickson (IQD) em diferentes idades, fertilizações e tamanhos de tubetes.

Analisando-se este quadro pode-se verificar que o tamanho dos tubetes promoveu diferenças significativas nesse índice.

Com 60 dias os tamanhos das embalagens tiveram influências significativas nos valores desse índice, sendo melhores nos tubetes de 200 e de 280 cm³ de volume. As fertilizações não foram significativas.

Com 90 dias de idade os resultados, considerando os tamanhos das embalagens, foram semelhantes aos de 60 dias, mas as fertilizações foram significativas quando foram utilizados os tubetes de 200 e 280 cm³.

Aos 120 dias após a semeadura os resultados apresentaram a mesma tendência daqueles obtidos aos 60 e 90 dias, porém o melhor foi quando o tubete tinha 280 cm³.

O índice de qualidade de Dickson apesar de ser mencionado como uma promissora medida morfológica ponderada (JOHNSON e CLINE, 1991) e indicado como bom indicador do padrão de qualidade de mudas, por considerar para o seu cálculo a robustez e o equilíbrio da distribuição da biomassa, sendo ponderados vários parâmetros morfológicos importantes (FONSECA, 2000), não é comumente utilizado por ser de difícil determinação, envolvendo vários parâmetros, sendo que para a obtenção de alguns se faz necessário destruir as mudas.

No caso específico de mudas de *Eucalyptus grandis* esse índice não seria recomendado, porque além das considerações feitas as diferenças não foram relevantes, além do que o valor recomendado e, baseado em trabalhos de pesquisa, ficou estabelecido como sendo 0,20 um bom indicador para a qualidade de mudas de *Pseudotsuga menziesii* e *Picea abies* (HUNT, 1990). Considerando-se esse valor, também para mudas de *Eucalyptus grandis*, somente as mudas produzidas nos maiores tubetes (200 e 280 cm³) e com 120 dias de idade poderiam ser utilizadas.

Quadro 15 – Médias do índice de qualidade de Dickson de *Eucalyptus grandis* em diferentes tamanhos de tubetes e com fertilização N-P-K, aos 60, 90 e 120 dias de idade.

Idade (dias)	Adubação	Tubetes				Média
		A (50cm ³)	B (110cm ³)	C (200cm ³)	D (280cm ³)	
60	N0-P0-K0	0,016	0,034	0,054	0,064	0,050
	N0-P1-K0	0,016	0,028	0,059	0,038	0,035
	N0-P0-K1	0,018	0,034	0,061	0,047	0,040
	N0-P1-K1	0,015	0,030	0,055	0,056	0,039
	N1-P0-K0	0,014	0,030	0,041	0,050	0,034
	N1-P1-K0	0,013	0,027	0,059	0,052	0,038
	N1-P0-K1	0,016	0,031	0,053	0,053	0,038
	N1-P1-K1	0,013	0,030	0,048	0,046	0,034
	Média	0,015 C	0,031 B	0,054 A	0,051 A	
90	N0-P0-K0	0,025 Da	0,059 Ca	0,130 Aa	0,090 Bb	0,076
	N0-P1-K0	0,024 Ca	0,055 Ba	0,117 Aab	0,097 Aab	0,073
	N0-P0-K1	0,036 Ba	0,054 Ba	0,109 Aab	0,118 Aab	0,079
	N0-P1-K1	0,022 Ca	0,059 Ba	0,126 Aab	0,111 Aab	0,079
	N1-P0-K0	0,021 Ca	0,056 Ba	0,091 Abc	0,098 Aab	0,066

	N1-P1-K0	0,019 Da	0,054 Ca	0,095 Babc	0,127 Aa	0,074
	N1-P0-K1	0,021 Ca	0,060 Ba	0,113 Aab	0,118 Aab	0,078
	N1-P1-K1	0,019 Ca	0,054 Ba	0,060 Bc	0,111 Aab	0,061
	Média	0,023 C	0,056 B	0,105 A	0,109 A	
120	N0-P0-K0	0,034	0,162	0,283	0,411	0,152
	N0-P1-K0	0,025	0,131	0,297	0,308	0,190
	N0-P0-K1	0,029	0,156	0,278	0,346	0,202
	N0-P1-K1	0,031	0,144	0,241	0,350	0,192
	N1-P0-K0	0,030	0,146	0,280	0,297	0,188
	N1-P1-K0	0,028	0,163	0,280	0,361	0,208
	N1-P0-K1	0,034	0,138	0,352	0,341	0,259
	N1-P1-K1	0,028	0,129	0,289	0,361	0,202
	Média	0,030 D	0,146 C	0,287 B	0,347 A	

Em cada idade e cada adubação (linha), médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P>0,05$).

Em cada idade e cada tubete (coluna), médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P>0,05$).

4.2. Parâmetros morfológicos e o padrão de qualidade das mudas

Foram efetuadas inferências relacionadas à relevância dos parâmetros sob análise, com o propósito de verificar a necessidade de permanência dos mesmos na análise. Foi utilizado o procedimento idealizado por GARCIA (1998), que consiste em efetuar agrupamentos sucessivos, com descartes de características de menor contribuição relativa, até o momento em que haja uma mudança nos grupos formados inicialmente.

Inicialmente foi realizado um teste de multicolinearidade para os parâmetros de crescimento e de produção de matéria seca da parte aérea, das raízes e total, assim como os índices formados pelas suas relações, das mudas de *Eucalyptus grandis*, optando-se, então, por descartar, aos 60, 90 e 120 dias após a semeadura, o índice de qualidade de Dickson.

Com base neste fato foi idealizado, para este estudo, uma série de agrupamentos com descartes sucessivos dos parâmetros menos representativos, com o objetivo de verificar sua interferência relativa nos resultados.

No Quadro 16 estão relacionados os agrupamento dos 32 tratamentos, com base nos parâmetros de qualidade das mudas de *Eucalyptus grandis* avaliadas aos 60, 90 e 120 dias após a semeadura, utilizando a distância generalizada de Mahalanobis e o método de Tocher, com suas respectivas médias.

Analisando-se este quadro verifica-se que aos 60 dias os tratamentos foram divididos em 4 grupos diferentes. Nesses grupos tiveram relevância todos os parâmetros analisados menos o índice de qualidade de Dickson.

Ao grupo I corresponde a maioria das mudas produzidas nos dois menores tubetes (50 e 110cm³) e com os menores crescimentos. Nesse grupo está o tratamento 21 que deveria estar no grupo II e falta o tratamento 8 que formou o grupo III.

O grupo II foi formado, na quase totalidade, com mudas produzidas nos tubetes de maiores volume (200 e 280cm³), correspondendo aos maiores crescimentos. O tratamento 21 e 26 são os únicos que estão faltando.

O grupo III foi formado por apenas o tratamento 8, correspondendo ao tubete de menor volume (50 cm³).

No grupo IV ficou somente o tratamento 26 que corresponde ao tubete de maior volume (280cm³).

As médias de altura, de peso de matéria seca da parte aérea e de peso de matéria seca das raízes das mudas foram tão maiores quanto maiores foram os volumes dos tubetes, mostrando uma coerência nos agrupamentos dos tratamentos, como o que já foi observado e discutido quando se analisou os Quadros 6, 9 e 10.

Aos 90 dias de idade os três grupos de tratamentos (Quadro 16) estão distribuídos, com relação aos parâmetros de crescimento (altura da parte aérea, diâmetro do coleto, relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto, peso de matéria seca total e relação altura da parte aérea/peso de matéria seca da parte aérea), em função do volume do tubete, permitindo observações semelhantes às efetuadas anteriormente.

O grupo I foi formado pelos tratamentos correspondentes aos tubetes de 110, 200 e 280 cm³ de volume, faltando apenas os tratamentos 24 e 25 que formaram o grupo III. Aos grupos I e III corresponderam os maiores crescimentos e produções de matéria seca.

As menores médias dos tratamentos que envolveram os parâmetros de crescimento mencionados estão listadas no grupo II que correspondem às obtidas no tubete menor, ou seja, no de 50cm³ de volume.

Aos 120 dias de idade os dez grupos de tratamentos, ainda no Quadro 16, estão distribuídos, com relação aos parâmetros de crescimento (altura da parte aérea, diâmetro do coleto, relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto, peso de matéria seca da parte aérea, peso de matéria seca total e relação altura da parte aérea/peso de matéria seca da parte aérea), em função do volume do tubete.

Ao grupo I e ao X correspondem todos os tratamentos de menores médias produzidas no tubete de menor volume (50 cm^3).

O grupo II foi formado por todos os tratamentos correspondentes ao tubete de 110 cm^3 , apresentando a segunda menor média de altura, mas no intervalo definido anteriormente como sendo de 15 a 30 cm. Os crescimentos e produções referentes aos outros parâmetros tiveram resultados semelhantes.

Nos demais grupos houve uma maior separação, mas ainda mantendo uma coerência com o já discutido anteriormente.

As maiores médias estão distribuídas nos grupos IV, VI, VII, VIII e IX, correspondendo ao tubete de maior volume (280 cm^3).

Nos grupos III e V estão os tratamentos que promoveram a terceira média em termos de grandeza, correspondendo também ao tubete de terceiro volume (200 cm^3).

Como pode ser observado as médias foram distribuídas em um número maior de grupos, mas ainda coerentes com o observado em outras análises, portanto, aos maiores tubetes corresponderam as maiores médias de crescimentos.

Como pode ser visto, independente da idade, as médias dos tratamentos foram agrupadas em grupos homogêneos, coerentemente com tudo que já se discutiu, de acordo com o volume dos tubetes, mostrando ser esse um fator de relevância para o crescimento de mudas.

Quadro 16 – Agrupamento dos 32 tratamentos, com base nos parâmetros de qualidade das mudas de *Eucalyptus grandis* avaliadas aos 60, 90 e 120 dias após a semeadura, utilizando a distância generalizada de Mahalanobis e o método de Tocher, com suas respectivas médias

Idade	Grupo	Tratamentos	H	DC	RHDC	PMSA	PMSR	PMST	RHPMSA	RPPAR	IQD
60		10, 14, 11, 9, 16, 15, 13, 12,									
	I	3, 4, 1, 6, 2, 5, 7, 21	10,99	1,68	32,16	0,245	0,187	0,432	47,04	1,40	----
	II	27, 29, 31, 30, 18, 24, 20, 32, 28,									
		22, 17, 23, 25, 19	17,07	1,195	14,28	0,598	0,295	0,894	29,40	2,31	----
	III	8	8,41	0,379	22,23	0,145	0,145	0,290	58,49	1,00	----
	IV	26	23,24	1,198	19,43	0,609	0,234	0,843	38,37	2,62	----
90	I	9, 12, 10, 15, 14, 11, 13, 16, 20, 21, 23, 32, 18, 22, 17, 19, 31, 28, 29, 30, 27, 26	33,56	1,643	20,29	----	----	2,090	23,28	----	----
	II	1, 2, 4, 5, 8, 7, 6, 3	16,43	0,642	25,65	----	----	0,576	40,12	----	----
	III	24, 25	41,00	1,651	26,74	----	----	2,874	19,97	----	----
120	I	1, 7, 5, 3, 4, 6, 2	21,51	0,805	26,79	0,593	----	0,860	37,21	----	----
	II	10, 16, 12, 11, 9, 13, 15, 14	33,79	2,919	11,61	1,515	----	2,077	22,52	----	----
	III	21, 22, 19, 18, 24, 20	47,16	3,737	12,64	2,913	----	4,146	16,45	----	----
	IV	27, 28, 30, 26	55,88	4,046	13,84	4,358	----	5,760	12,93	----	----
	V	17, 23	35,44	3,653	10,24	4,148	----	4,09	23,80	----	----
	VI	32	47,15	4,008	11,77	3,560	----	5,093	13,58	----	----
	VII	31	48,95	4,297	11,40	3,820	----	5,000	12,84	----	----
	VIII	29	58,79	4,079	14,51	3,960	----	5,199	15,54	----	----
	IX	25	61,66	4,714	13,15	5,017	----	6,635	12,35	----	----
	X	8	22,39	0,724	35,90	0,647	----	0,901	35,71	----	----

No Quadro 17, estão agrupados os 32 tratamentos e a contribuição relativa dos parâmetros de qualidade das mudas de *Eucalyptus grandis*, avaliadas aos 60 dias após a semeadura, tendo como base o método de Tocher, utilizando a distância generalizada de Mahalanobis.

Aos 60 dias após a semeadura verifica-se que as maiores contribuições relativas dos parâmetros, no primeiro agrupamento, foi de 25,60 % devido ao peso de matéria seca total, de 23,62 % ao diâmetro do coleto e de 22,32 % ao peso de matéria seca da parte aérea, podendo considerar que o padrão de qualidade poderá ser avaliado somente com esses três parâmetros, uma vez que eles juntos foram responsáveis por 71,54 % das contribuições, ficando os demais com 28,46 %.

Como a relação peso de matéria seca da parte aérea/peso de matéria seca das raízes foi o parâmetro que apresentou a menor contribuição relativa (1,93 %) será, portanto, o mais indicado para ser descartado.

Com o objetivo de verificar a veracidade da não contribuição da relação peso de matéria seca da parte aérea/peso de matéria seca das raízes, ela foi eliminada das análises, mas como pode ser visto o segundo agrupamento resultou em grupos diferentes.

A medição do diâmetro do coleto é fácil e viável na maioria dos viveiros, não havendo a necessidade de destruição das mudas como acontece com os pesos de matéria seca.

Considerando-se que o peso de matéria seca das raízes é o mais difícil de ser determinado e que esse faz parte na determinação do peso de matéria seca total, pode-se considerar, na avaliação da qualidade de mudas o diâmetro do coleto, o peso de matéria seca da parte aérea, a altura da parte aérea, a relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto e a relação altura da parte aérea/peso de matéria seca da parte aérea, uma vez que os cinco juntos são responsáveis por 62,05 % das contribuições relativas.

Desta maneira somente seriam medidos a altura da parte aérea e o diâmetro do coleto e determinado o peso de matéria seca da parte aérea.

Os demais parâmetros analisados, quando se consideram os cinco parâmetros de mais fácil determinação, tiveram uma contribuição relativa de 10,42 % para o peso de matéria seca das raízes, de 25,60 % para o peso de matéria seca total e de 1,93 % para a relação peso de matéria seca da parte aérea/peso de matéria seca das raízes, somando apenas 37,95%.

Aos 60 dias após a semeadura as mudas ainda são muito pequenas e sem o endurecimento necessário, sendo que nem o tamanho de tubete nem a quantidade de fertilização influenciaram o crescimento delas, devido a existência ainda de espaço e disponibilidade de nutrientes.

Para avaliar a qualidade de mudas com a idade de 60 dias a altura da parte aérea e o diâmetro do coleto poderiam ser os parâmetros a serem medidos, apesar de esses dois parâmetros e sua relação representarem somente 35,66 % da contribuição relativa, por serem bastante simples as suas medições.

A altura da parte aérea é de fácil medição e devido a isso sempre foi utilizada com eficiência para estimar o padrão de qualidade de mudas nos viveiros (GOMES, 1978), sendo considerada também como um dos mais importantes parâmetros para estimar o crescimento no campo (MEXAL e LANDS, 1990; REIS et al. 1991), além do que sua medição não acarreta a destruição delas, sendo tecnicamente aceita como uma boa medida do potencial de desempenho das mudas (MEXAL e LANDS, 1990).

A altura da parte aérea combinada com o diâmetro do coleto constitui num dos mais importantes parâmetros morfológicos para estimar o crescimento das mudas após o plantio definitivo no campo (CARNEIRO, 1995).

Em trabalhos de pesquisa com *Liriodendron tulipifera* constatou-se que mudas com maior altura e maior diâmetro do coleto apresentaram maior potencial de crescimento inicial no campo (SLUDER, 1964).

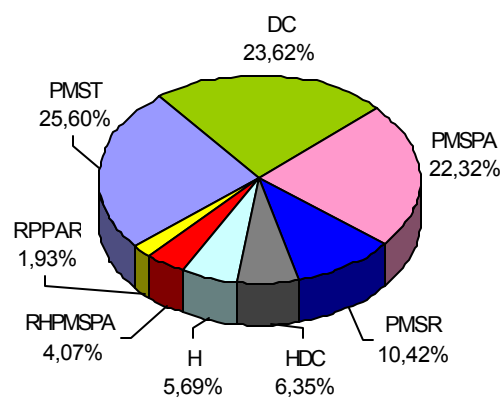
O valor resultante da divisão da altura da parte aérea pelo seu respectivo diâmetro do coleto exprime um equilíbrio de crescimento, relacionando esses dois importantes parâmetros morfológicos em apenas um índice (CARNEIRO, 1995), também denominado de quociente de robustez, sendo considerado um dos mais precisos pois fornece informações de quanto delgada está a muda (JOHNSON e CLINE, 1991).

No que se refere à distribuição dos tratamentos nos grupos, os comentários são os mesmos já efetuados quando se analisou o Quadro 16.

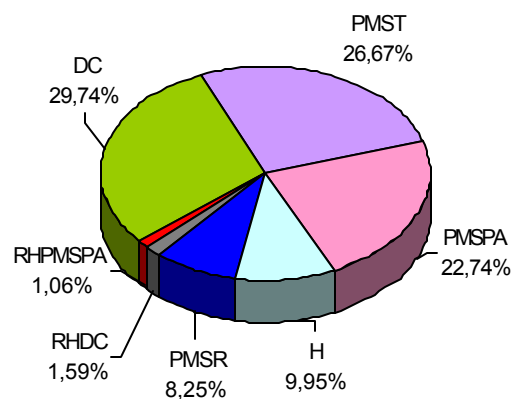
Quadro 17 – Agrupamento dos 32 tratamentos e a contribuição relativa dos parâmetros de qualidade das mudas de *Eucalyptus grandis* avaliadas aos 60 dias após a semeadura, tendo como base o método de Tocher, utilizando a distância generalizada de Mahalanobis

AG	Grupos	Tratamentos	Contribuição relativa dos parâmetros (%)
----	--------	-------------	--

1º	I	10, 14, 11, 9, 16, 15, 13, 12, 3, 4, 1, 6, 2, 5, 7, 21
	II	27,29, 31, 30, 18, 24, 20, 32, 28, 22, 17, 23, 25, 19
	III	8
	IV	26



2º	I	10, 14, 16, 13, 15, 11, 9, 12, 21, 17, 24, 32, 22, 18, 20, 23, 31
	II	2, 7, 5, 4, 1, 6, 3, 8
	III	29, 30, 27, 28, 25, 19
	IV	26



AG = Agrupamento.

O agrupamento dos 32 tratamentos e a contribuição relativa dos parâmetros de qualidade das mudas de *Eucalyptus grandis* avaliadas aos 90 dias de idade, tendo como base o método de Tocher, utilizando a distância generalizada de Mahalanobis estão apresentados no Quadro 18.

Nota-se que houve uma mudança nos valores percentuais das contribuições relativas dos parâmetros quando as mudas tinham 90 dias de idade, mas ainda sendo o diâmetro do coleto um dos que mais contribuíram na escolha da muda com melhor padrão de qualidade.

No primeiro agrupamento as maiores contribuições relativas foram devidas ao diâmetro do coleto (26,45 %), ao peso de matéria seca da parte aérea (17,84 %), ao peso de matéria seca total (16,50 %) e à relação altura da parte aérea/peso de matéria seca da parte aérea (15,04 %), somando 75,83 %, ficando os restante 24,17 %.

Com o mesmo raciocínio efetuado quando as mudas tinham 60 dias de idade, considerando os parâmetros que apresentam maiores facilidades de determinações pode-se considerar o diâmetro do coleto (26,45 %), o peso de matéria seca da parte aérea (17,84 %), a relação altura da parte aérea/peso de matéria seca da parte aérea (15,04 %), a altura da parte aérea (14,45 %) e a relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto (6,73 %), somando (80,51 %). Desta maneira as contribuições relativas são maiores e com a vantagem da não determinação do peso de matéria seca das raízes, pelas razões já comentadas.

Nota-se que o diâmetro do coleto foi o parâmetro que apresentou a maior contribuição relativa, mostrando a sua importância.

Como o peso de matéria seca das raízes contribuiu apenas com 1,07 %, será o parâmetro descartado.

Analisando-se o segundo agrupamento verifica-se que as contribuições relativas do diâmetro do coleto (26,82 %), do peso de matéria seca da parte aérea (17,88 %), da relação altura da parte aérea/peso de matéria seca da parte aérea (15,75 %), da altura da parte aérea (15,05 %) e da relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto (6,87 %) somam juntos 82,37 %, ficando para os demais parâmetros apenas 17,63 %.

Verifica-se que este agrupamento resultou na distribuição dos tratamentos de maneira bastante semelhantes ao primeiro, comprovando que a escolha do parâmetro descartado foi acertada.

Como a relação peso de matéria seca da parte aérea/peso de matéria seca das raízes apresentou a menor contribuição relativa (1,87 %) será o parâmetro descartado para o próximo agrupamento.

No terceiro agrupamento as contribuições relativas do diâmetro do coleto (44,65 %), da relação altura da parte aérea/peso de matéria seca da parte aérea (18,45 %), da altura da parte aérea (18,04 %) e da relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto (10,58 %) somam 91,72 %, ficando para os demais apenas 8,28 %.

A relação do peso de matéria seca da parte aérea/peso de matéria seca das raízes, apesar de ser considerada como um índice eficiente e seguro para avaliar o padrão de qualidade de mudas de espécies florestais (PARVIAINEN, 1981) poderá ser contraditória para expressar o crescimento no campo (BURDETT, 1979), mostrando que o descarte desse parâmetro, que contribuiu tão pouco para prever a qualidade de mudas, foi acertado, não devendo ser considerado para tal.

Como o peso de matéria seca da parte aérea apresentou a menor contribuição relativa (0,96 %) será o parâmetro descartado para o próximo agrupamento.

No quarto agrupamento o diâmetro do coleto (46,22 %), a altura da parte aérea (18,66 %), a relação altura da parte aérea/peso de matéria seca da parte aérea (18,30 %) e a relação

altura da parte aérea/diâmetro do coleto (10,64 %) somaram 93,82 %, sendo uma percentagem bastante significativa para predizer o padrão de qualidade das mudas.

Como o peso de matéria seca total foi o parâmetro de menor contribuição relativa (6,18 %) para avaliar a qualidade de mudas será o descartado para o próximo agrupamento.

Esse quinto agrupamento não deverá ser considerado, uma vez que a retirada do parâmetro peso de matéria seca total alterou estatisticamente a formação dos grupos.

O quinto agrupamento sofreu uma mudança bastante significativa em relação às contribuições relativas dos parâmetros, sendo que o diâmetro do coleto foi o que apresentou maior valor. A soma das contribuições dos mesmos parâmetros escolhidos no quarto agrupamento foram de 100,00 %, uma vez que estes foram os restantes para o agrupamento atual.

O quociente determinado pela divisão da altura pelo seu respectivo peso de matéria seca da parte aérea, apesar de não ser comumente usado como um índice para avaliar o padrão de qualidade de mudas de espécies florestais, poderá ser de grande valia, se utilizado, principalmente no que se refere ao potencial de sobrevivência no campo, por expressar o quanto endurecida está a muda.

No quarto agrupamento pode-se eliminar o peso de matéria seca da parte aérea, o peso de matéria seca total e a relação altura da parte aérea/peso de matéria seca da parte aérea, uma vez que eles envolvem parâmetros destrutivos para as mudas.

Aos 90 dias de idade as contribuições relativas do diâmetro do coleto (46,22 %), da altura da parte aérea (18,66 %) e da relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto (10,64 %) somam 73,27 %, ficando para a relação altura da parte aérea/peso de matéria seca da parte aérea 26,73 %.

A altura da parte aérea sempre foi considerada como um dos parâmetros mais antigos utilizados na classificação e seleção de mudas de espécies florestais (PARVIAINEN, 1981) e continua apresentando uma contribuição relativa importante, podendo ser indicada como um bom parâmetro para a avaliação do padrão de qualidade de mudas de espécies florestais.

Isto é reforçado quando se compara outros trabalhos de pesquisa onde para mudas com maiores alturas da parte aérea, no viveiro, o resultado após o plantio no campo foi uma maior taxa de sobrevivência e maior crescimento inicial tanto para *Pinus radiata* (PAWSEY, 1972) como também para *Pseudotsuga menziesii* (RICHTER, 1971).

As mudas de *Pinus taeda* com diferentes alturas da parte aérea apresentaram valores equivalentes para altura, diâmetro à altura do peito e volume, aos seis anos após o plantio (CARNEIRO e RAMOS, 1981).

Considerando as contribuições relativas dos parâmetros estudados, aos 90 dias de idade pode-se recomendar as medições somente das alturas da parte aérea e dos diâmetros dos coletos das mudas e a determinação da relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto para avaliar o padrão de qualidade de mudas.

Quadro 18 - Agrupamento dos 32 tratamentos e a contribuição relativa dos parâmetros de qualidade das mudas de *Eucalyptus grandis* avaliadas aos 90 dias após a semeadura, tendo como base o método de Tocher, utilizando a distância generalizada de Mahalanobis

AG	Grupos	Tratamentos	Contribuição relativa dos parâmetros (%)
1º	I	9,12, 10, 15, 14, 11, 13, 16, 20, 21, 23, 32, 18, 22, 17, 19, 31, 28, 29, 30, 27, 26	
	II	1, 2, 4, 5, 8, 7, 6, 3	
	III	24, 25	
2º	I	9, 12, 10, 15, 14, 11, 16, 13, 20, 21, 23, 32, 18, 22, 17, 19, 31, 28, 29, 30, 27, 26	
	II	1, 2, 4, 5, 8, 7, 6, 3	
	III	24, 25	
3º	I	9, 12, 10, 16, 15, 13, 11, 14, 20, 23, 21, 32, 18, 22, 17, 19, 31, 28, 29, 30, 27, 26	
	II	2, 7, 1, 8, 4, 5, 3, 6	
	III	24, 25	
4º	I	9, 12, 16, 10, 15, 13, 11, 14, 20, 23, 21, 32, 18, 22, 17, 19, 31, 28, 29, 30, 27, 26	
	II	2, 7, 1, 8, 4, 5, 3, 6	
	III	24, 25	
5º	I	9, 12, 16, 10, 15, 13, 11, 14, 20, 23, 21, 32, 18, 22, 17, 19, 31, 30, 28, 29, 27	
	II	2, 7, 1, 8, 4, 5, 3, 6	
	III	24, 25	
	IV	26	

AG = agrupamento.

Analisando-se o Quadro 19, onde se tem registrado o agrupamento dos 32 tratamentos e a contribuição relativa dos parâmetros de qualidade das mudas de *Eucalyptus grandis* avaliadas aos 120 dias após a semeadura, tendo como base o método de Tocher, utilizando a distância generalizada de Mahalanobis, pode-se efetuar algumas considerações como as que se seguem.

Aos 120 dias após a semeadura observa-se que houve uma mudança substancial nos valores percentuais da contribuição relativa dos parâmetros, sendo que os parâmetros relacionados com os pesos de matérias secas tiveram uma contribuição bastante expressiva, mas o diâmetro do coleto foi o que ainda apresentou um maior valor.

No primeiro agrupamento o diâmetro do coleto (44,21 %), o peso de matéria seca da parte aérea (23,24 %) e o peso de matéria seca total (15,30 %) foram os parâmetros que, juntos tiveram uma contribuição relativa de 82,75 %. Os demais contribuíram com, somente 17,25 %.

O parâmetro que apresentou a menor contribuição relativa foi a relação peso de matéria seca da parte aérea/peso de matéria seca das raízes, com 0,34 %, sendo portanto o descartado nas futuras análises.

No mesmo quadro citado observa-se, quando se analisa o segundo agrupamento, que o diâmetro do coleto continuou apresentando a maior contribuição relativa (47,57 %), sendo seguido pelo peso de matéria seca da parte aérea (21,29 %) e depois pelo peso de matéria seca total (12,58%), totalizando 81,44 %, ficando para os demais parâmetros 18,56 %.

A retirada do parâmetro relação do peso de matéria seca da parte aérea/peso de matéria seca das raízes não afetou em nada os resultados da análise da contribuição relativa, mostrando ter sido acertada a decisão do seu descarte.

Considerando que essa relação depende de dois parâmetros destrutivos para a sua determinação, que os dados não permitem maiores conclusões e que é uma relação contraditória para o crescimento de mudas no campo (BURDETT, 1979), não deverá ser indicada como índice para a determinação do padrão de qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*

Neste agrupamento o parâmetro que teve a menor contribuição relativa foi o peso de matéria seca das raízes, sendo portanto a descartada para a próxima análise.

No terceiro agrupamento, considerando os três parâmetros que foram mais relevantes, a maior contribuição relativa foi devido ao diâmetro do coleto (46,42 %), ao peso de matéria seca da parte aérea (21,99 %) e ao peso de matéria seca total (13,93 %), somando-se 82,34 %.

Como o parâmetro que teve a menor contribuição relativa foi a relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto será, portanto, a descartada para a próxima análise.

No quarto agrupamento as maiores contribuições continuam sendo as mesmas obtidas quando se analisou o terceiro agrupamento, ficando para o diâmetro do coleto 43,91 %, para o peso de matéria seca da parte aérea 23,42 % e para o peso de matéria seca total 17,68 %, somando juntos 85,01 %. Como a retirada do parâmetro altura da parte aérea/diâmetro do coleto afetou a formação dos grupos, ele não deveria ser retirado. Observando esse agrupamento verifica-se que a única mudança foi referente ao tratamento 8 que saiu do grupo X e foi para o grupo I, completando o grupo de tratamentos correspondentes ao tubete de menor volume (50 cm³).

Considerando, no terceiro agrupamento, que no cálculo do peso de matéria seca total é levado em consideração o peso de matéria seca das raízes e que esse parâmetro é de difícil determinação pode-se pensar na substituição do peso de matéria seca total pelos parâmetros

(altura da parte aérea, relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto e relação da altura da parte aérea/peso de matéria seca da parte aérea).

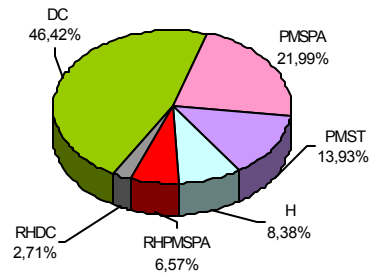
Neste novo cálculo o diâmetro do coleto (46,42 %), o peso de matéria seca da parte aérea (21,99 %), a altura da parte aérea (8,38 %), a relação altura da parte aérea/peso de matéria seca da parte aérea (6,57 %) e a relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto (2,71 %), somam juntos 86,07 %, não diferindo em nada quando se considerou o peso de matéria seca total. Com isso pode-se indicar os parâmetros mencionados para determinar a qualidade das mudas aos 120 dias de idade.

Aos 120 dias após a semeadura, mesmo quando se consideram somente os parâmetros não destrutivos, ou sejam, o diâmetro do coleto (46,42 %), a altura da parte aérea (8,38 %) e a relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto (2,71 %), as suas contribuições relativas somam 57,51 %, podendo ser considerado um bom percentual.

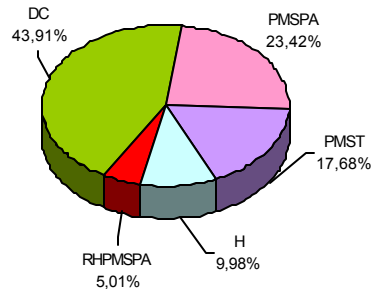
Quadro 19 – Agrupamento dos 32 tratamentos e a contribuição relativa dos parâmetros de qualidade das mudas de *Eucalyptus grandis* avaliadas aos 120 dias após a semeadura, tendo como base o método de Tocher, utilizando a distância generalizada de Mahalanobis.

AG	Grupos	Tratamentos	Contribuição relativa dos parâmetros (%)
1º	I	1, 7, 5, 3, 4, 6, 2	
	II	10, 16, 12, 11, 9, 13, 15, 14	
	III	21, 22, 19, 18, 24, 20	
	IV	27, 28, 30, 26	
	V	17, 23	
	VI	32	
	VII	31	
	VIII	29	
	IX	25	
	X	8	
2º	I	1, 7, 5, 3, 4, 6, 2	
	II	10, 16, 12, 11, 13, 15, 9, 14	
	III	27, 28, 30, 26	
	IV	18, 24, 21, 19, 22, 20	
	V	17, 23	
	VI	32	
	VII	31	
	VIII	29	
	IX	25	
	X	8	

3º	I	1, 7, 5, 3, 4, 6, 2
	II	10, 16, 12, 11, 13, 15, 9, 14
	III	27, 28, 30, 26
	IV	18, 24, 21, 19, 22, 20
	V	17, 23
	VI	32
	VII	31
	VIII	29
	IX	25
	X	8



4º	I	1, 7, 3, 8, 5, 4, 6, 2
	II	10, 16, 12, 11, 13, 15, 9, 14
	III	27, 28, 30, 26
	IV	18, 24, 21, 19, 22, 20
	V	17, 23
	VI	32
	VII	31
	VIII	29
	IX	25



AG = agrupamento.

Aos 60 dias de idade as mudas ainda estão muito pequenas e pouco endurecidas, não se adequando para o plantio no campo.

Aos 120 dias após a semeadura a restrição ao crescimento da altura e das raízes das mudas é afetada, mesmo nos tubetes de maiores volumes. Devido a isso as mudas passam por um processo de endurecimento, aumentando o diâmetro do coleto e ganhando mais peso de matéria seca.

Outro aspecto, também já considerado, é que nesta idade as mudas apresentaram uma altura muito superior à considerada para um plantio com sucesso, como foi observado no Quadro 7.

Aos 90 dias de idade as mudas, principalmente aquelas produzidas nos tubetes de 50 e 110 cm³ e algumas no tubete de 200 cm³ de volume, estão com um crescimento adequado para o plantio, além de estarem endurecidas e com um crescimento radicular tal que permita uma boa agregação das raízes com o substrato, formando um torrão bem consistente, permitindo o transporte para o campo sem a necessidade de levar o tubete.

Considerando o que foi analisado, pode-se aconselhar aos produtores de mudas de *Eucalyptus grandis* a adoção do diâmetro do coleto e da altura da parte aérea, devido ao fato de que ela foi um dos parâmetros que apresentou uma boa contribuição relativa à qualidade das mudas, no intervalo de 15 a 30cm, com 90 dias de idade e nos tubetes de menores volumes (50 e 110 cm³), além de a relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto.

5 . RESUMO

Este experimento foi instalado no Viveiro de Pesquisas em Propagação de Plantas Lenhosas do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, com o objetivo de avaliar os parâmetros morfológicos e seus índices, determinados pelas suas relações, nas avaliações da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis* produzidas em diferentes tamanhos de tubetes e dosagens de N, P e K, aos 60, 90 e 120 dias de idade.

A semeadura foi efetuada diretamente em tubetes cônicos de plástico rígido, acondicionados em bandejas plásticas suspensas a 80cm do solo, com volumes de 50, 110, 200 e 280 cm³.

O substrato utilizado foi obtido da mistura de 80% de composto orgânico com 20 % de moinha de carvão. O composto orgânico produzido no próprio viveiro, empregando 60 % de esterco bovino com 40 % de capim gordura. A moinha de carvão foi proveniente da trituração do carvão de madeira de eucalipto, passando por duas peneiras com malhas distintas, tendo sido eliminado o pó e os grânulos maiores, sendo utilizada somente a porção de granulometria entre 1 e 5mm, sendo a mistura expurgada com brometo de metila.

O N, o P e o K foram adicionados ao substrato via água de irrigação, antes da semeadura, sendo que as doses aplicadas foram calculadas para cada metro cúbico do substrato, tendo por fontes o sulfato de amônio (0 e 600g - N0 e N1), o superfosfato simples (0 e 5Kg - P0 e P1) e o cloreto de potássio (0 e 400g - K0 e K1).

Os parâmetros morfológicos das mudas e suas relações utilizados nas avaliações dos resultados foram a altura da parte aérea (H), o diâmetro do coleto (DC), o peso de matéria seca total (PMST), o peso de Matéria seca da parte aérea (PMSPA), o peso de matéria seca das raízes (PMSR), a relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto (RHDC), a relação altura da parte aérea/peso de matéria seca da parte aérea (RHPMSPA), a relação peso de matéria seca da parte aérea/peso de matéria seca das raízes (RPPAR) e o índice de qualidade de Dickson (IQD).

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, dispostos num arranjo fatorial com 32 tratamentos e 3 repetições, sendo a parcela composta por 18 mudas. Em cada uma das três medições realizadas utilizou-se de 6 mudas.

As análises estatísticas foram efetuadas com o objetivo de avaliar os parâmetros morfológicos e os índices resultantes de suas relações, assim como para verificar o agrupamento dos tratamentos, com base nos parâmetros de qualidade das mudas de *Eucalyptus grandis* avaliadas nas idades definidas, utilizando a distância generalizada de Mahalanobis e o método de Tocher.

6. CONCLUSÕES

Com base nos resultados pode-se concluir para a produção de mudas de *Eucalyptus grandis* que:

1. O volume do tubete é importante e deve ser considerado.
2. Apesar de os melhores crescimentos terem sido obtidos nos maiores tubetes, esses não são recomendáveis, uma vez que as alturas das mudas estão acima das tecnicamente ótimas para o plantio, além de o custo de produção ser maior.
3. Aos 60 dias de idade as mudas ainda estavam pequenas e bastante tenras, sem o endurecimento adequado para o plantio no campo.
4. Aos 120 dias após a semeadura o crescimento das raízes e da altura das mudas foi afetado, mesmo nos tubetes de maiores volumes, não sendo essa a idade indicada.
5. Os tubetes de 50 e de 110 cm³ de volume devem ser indicados para mudas com 90 dias de idade.
6. Após 90 dias de idade os volumes dos tubetes começam a restringir o desenvolvimento das mudas, permitindo um maior crescimento diamétrico e uma maior produção de matéria seca, promovendo um maior endurecimento dessas.
7. A adoção do diâmetro do coleto, da altura da parte aérea e da relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto devem ser indicados, devido ao fato de que foram os parâmetros que apresentaram uma boa contribuição na determinação ao padrão de qualidade das mudas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, I. B.; MELLO, H. A. Influência do recipiente na produção de mudas e no desenvolvimento inicial após o plantio no campo de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden e *Eucalyptus saligna* Smith. **IPEF**, v.8,p.19-40, 1974.
- AGUIAR, I. B. Seleção de componentes de substrato para produção de mudas de eucalipto em tubetes. **IPEF**, v. 41, p. 36-43, 1989.
- ALDHOUS, J. R. Nurcery practice. **For. Comm. Bull.**, v.43, p.1-148, 1975.
- ALM, A. A.; SCHANTZ-HANSEN, R. Tubeling research plantings Minesota. In: NORTH AMERICAN CONTAINERIZED FOREST TREE SEEDLING SYMPOSIUM (1974: Denver; Colorado). **Proceeding...** Waswington, Government Printing Office, 1974. p. 384-387.
- ALVAREZ, V. H.; NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F. Níveis críticos de enxofre em solos de cerrado para o crescimento de mudas de eucalipto. In: **NUTRÇÃO E DINÂMICA DE ELEMENTOS MINERAIS EM PLANTIOS DE EUCALIPTO NO ESTADO DE MINAS GERAIS**. Viçosa: UFV, 1983, (Relatório IBDF/UFV/SIF).
- ANDRADE, E. M. **O eucalipto**. 2.ed. São Paulo: FAO, 1961. 667p.
- ANSTEY, C. Survival and growth of 110 radiata pine seedlings. New Zeal. **J. For.**, v.16, p.77-81, 1971.

- ARAÚJO, S. S. **Crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla* em resposta à adição de NPK e gesso.** Viçosa: UFV, 1994. 45p. Tese (Mestrado em Ciência Florestal)- Universidade Federal de Viçosa, 1974.
- ASSIS, T. F. Melhoramento genético do eucalipto. **Inf. Agropec.**, v.12, n.141, p.36-46, 1986.
- BACON, G. J. Seedling morphology as an indicator of planting stock quality in conifers. **Separata...** IUFRO WORKSHOP ON TECHNIQUES FOR EVALUATING PLANTING STOCK QUALITY. (1979: New Zealand).
- BACON, G. J; HAMINS, P. J. & JERMYN, D. Morphological grading studies mãh 1-0 slash seedlings. **Aust. For.**, Queensland, 40:293-303,1977.
- BALIEIRO, F. C.; OLIVEIRA, I. G.; DIAS, L. E. Formação de mudas de *Acacia holosericea* e *acacia auriculiformis*: Resposta a calagem, fósforo, potássio e enxofre. **R. Árvore**, Viçosa, v.25, n.2, p.183-191, 2001.
- BALLONI, E. A.; KAGEYAMA, P. Y.; CORRADINI, L. Efeito do tamanho da semente de *Eucalyptus grandis* sobre o vigor das mudas no viveiro e no campo. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 3, 1978, Manaus. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1978. p.41-43.
- BARNETT, J. P.; MCGILVRAY, J. M. Container planting systems for the South. Res. Pap. SO. USDA . **For. Serv.**, v. 167, p. 1-18,1981.
- BARROS, N. F.; BRANDI, R. M.: ALFENAS, A. C. Aplicação de fertilizantes na produção de mudas de *Eucalyptus saligna* Sm. **Brasil Florestal**, v. 6, n.22, p.25-29. 1975.
- BARROS, N. F.; BRANDI, R. M.; COUTO, L.& REZENDE, G. C. Efeitos de recipientes na sobrevivência e no crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* no viveiro e no campo. **R. Árvore**, Viçosa, v.2, n.2, p.141-151, 1978.
- BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L., GOMES, J. M. Interpretações de análises químicas de solo para crescimento de *Eucalyptus* spp. **R. Árvore**, v.6, n.1, p.38-44. 1982.
- BARRES, H. **Rooting media for growing pine seedlings in hidroponic culture.** Rio Piedras, U. S. FOR. SERVICE, 1964. 4p.
- BELANGER, R. P.; MCALPINE, R. G. Survival and early growth of planted sweetgum related to root-collar diameter. **Tree Planter's Notes**, v. 21, p.20-21, 1975.

- BERTOLANI, F.; VILLELLA FILHO, A.; NICOLIELO, N.; SIMÕES, J. W., BRASIL, U. M. Influência dos recipientes e dos métodos de semeadura na formação de mudas de *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis*. **IPEF**, v. 11, p.71-77, 1975.
- BERTOLOTI, G.; MILHORINE, A. J.; BARRIQUELO, L. E. J.; NICOLIELO, M.; GARNICA, J. B. Utilização de pó de lixadeira na formação de mudas de *Pinus oocarpa*. **B. Inf. IPEF**, v.8, n.27, p.5-10, 1980.
- BLEASDALE, J. K. A. **Fisiologia Vegetal**; tradução de Liane Weishäupl e Antônio Lamberti. São Paulo: USP, 1977. 176p.
- BISSANI, C. A.; TEDESCO, M. J. O enxofre no solo. In: XVII REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO - ENXOFRE E MICRONUTRIENTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA. **Anais...** Londrina, Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 1988. p.11-29.
- BÖHM, W. **Methods of studying root systems**. Berlin: SpringerVerlag, 1979. 188p.
- BOON, J.; NIEERS, H. Use of bark and of sod on cuttings from moorland vegetation in potting mixtures. **Acta Hortic.** v.172, p.55-65, 1985.
- BORGES, R. C. G., BRUNE, A., SILVA, J. S. & BORGES, E. E. L. Correlações entre caracteres de crescimento em *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. **R. Árvore**, v. 4, n.2, p.146-156.1980.
- BOUDOUX, M.E. Influence of container size on the growth of *Picea mariana* seedlings. Report dinformations centre de Rucheech, foresetieres des Lamentides, Canada, N. Q-F-X-32:28 p., 1973. In. **Forestry Abst.**, v. 74, n.10, p.528, 1973 (Abstract - 5742).
- BOYER, J. N.; SOUTH, D. B. Excessive Seedling Height, High Shoot-to-Root Ratio and Benomyl Root Dip Reduce Survival of Stored Lobloly Pine Seedlings. **Tree Planter's Notes**, v. 38, n.4, p.19-22, 1987.
- BRAGA, F. A.; VALE, F. R.; VENTURIM, N. AUBERT, E.; LOPES, G. A. Exigências nutricionais de quatro espécies florestais. **R. Árvore**, v. 19, n.1, p.18-31, 1995.
- BRANDI, R.M.; BARROS, N.F. Comparação de tipos de recipientes de *Eucalyptus* spp. **R. Ceres**, v. 17, n.92, p.158-170,1971.
- BRANDI, R. M. **Efeito de adubação NPK no desenvolvimento inicial e na resistência a seca de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill (Maiden)**. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1976. 50p. Tese (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1976.

- BRASIL, U. M., SIMÕES, J. W.; SPELTZ, R. M. Tamanho adequado dos tubetes de papel na formação de mudas de eucalipto. **IPEF**, v. 4, p. 29-34, 1972.
- BRISSETTE, J. C. Summary of discussions about seedling quality. Separata de: SOUTHERN NURSERY CONFERENCES (1984.: Alexandria, LA). **Proceedings...** New Orleans: USDA. Forest Service. Southern Forest Experiment Station, 1984. p. 127-128.
- BRUM, E. Composição química de acúculos verdes e da liteira de *Pinus elliottii*. **R. Florestal**, v. 12, n.1, p.19-23, 1980.
- BURNETT, A. N. New methods for measuring root growth capacity: their value in assessing lodgepole pine stock quality. **Canad. J. of For. Res.** V. 9, p.63-67,1979.
- COMPANHIA AGRÍCOLA E FLORESTAL SANTA BÁRBARA - CAF. **Norma técnica para produção de mudas através de enraizamento de estacas de eucalipto. Produção de mudas por estaquia.** Belo Horizonte: 1981. 11p.
- CAMARGO, P. N. **Princípios de nutrição foliar.** São Paulo: Agronômica Ceres, 1970. 118p.
- CAMPINHOS jr, E.; IKEMORI, Y. K. Nova técnica para produção de mudas de essências florestais. **IPEF**, v. 47, n.23, p.47-52,1983.
- CAMPINHOS jr, E.; IKEMORI, Y. K.; MARTINS, F. C. G. Determinação do meio de crescimento mais adequado à formação de mudas de *Eucalyptus* spp. (estacas e sementes) e *Pinus* spp. (sementes) em recipientes de plástico rígido. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL: MÉTODOS DE PRODUÇÃO E CONTROLE DE QUALIDADE DE SEMENTES E MUDAS FLORESTAIS, 1984, Curitiba. **Anais...** Curitiba: FUPEF, 1984. p.350-358.
- CARDOSO, E. J. B.; TSAI, S. M.; NEVES, M. C. P.. **Microbiologia do solo.** Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. 360p.
- CARNEIRO, J. G. A.; ROCHA, F. Cubagem de terra para mudas de *Pinus taeda* em laminados. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 2,1973, Curitiba, **Anais.** Curitiba: FIEP - Federação das indústrias do Estado do Paraná, 1974. p.99-102.
- CARNEIRO, J. G. A. **Determinação padrão de qualidade de mudas de *Pinus taeda* L. para plantio definitivo.** Curitiba, UFPR, 1976. 70p. Tese (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, 1976.

- CARNEIRO, J. G. A.; RAMOS, A. Influência da altura aérea, diâmetro de colo e idade de mudas de *Pinus taeda* sobre a sobrevivência e desenvolvimento após 15 meses e aos seis anos após o plantio. In: SEMINÁRIO DE SEMENTES E VIVEIROS FLORESTAIS, 10, 1981: Curitiba. **Anais...** Curitiba: FUPEF, 1981. p 91 -110.
- CARNEIRO, J. G. A. Influência dos fatores ambientais, das técnicas de produção sobre o desenvolvimento de mudas florestais e a importância dos parâmetros que definem sua qualidade. In: FLORESTAS PLANTADAS NOS NEOTRÓPICOS COMO FONTE DE ENERGIA, 1983, Viçosa, **Anais...** Viçosa, Universidade Federal de Viçosa. 1983. p. 10-24.
- CARNEIRO, J. G. A. Variações na metodologia de produção de mudas florestais afetam os parâmetros morfofisiológicos que indicam sua qualidade. Curitiba, FUPEF, 1983. 140p. (Série Técnica, 12).
- CARNEIRO, J. G. A. **Efeito da densidade sobre o desenvolvimento de alguns parâmetros morfofisiológicos de mudas de *Pinus taeda* L. em viveiro e após o plantio.** Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1985. 106p. (Concurso para Professor Titular).
- CARNEIRO, J. G. A. **Influência de recipientes e de estações de semeadura sobre o comportamento do sistema radicular e dos parâmetros morfológicos de mudas de *Pinus taeda* e *Pinus elliottii* L.** Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1987. 81p.
- CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais.** Curitiba: UFPR/FUPEF, 1995. 451 p.
- CARPANEZZI, A. A.; YARED, J. A. G.; MARQUES, L. C. T. Efeitos do substrato sobre o desenvolvimento de mudas de freijó (*Cordia goeldiana*). Experimento II. Fase de viveiro. Brasília: 97p. 1980 (Relatório Técnico).
- CARVALHO, C. M. Produção de mudas de espécies florestais de rápido crescimento. In: NOVAES, A. B. et al. **Reflorestamento no Brasil.** Vitória da Conquista, UESB, 1992. p. 93-103.
- CARVALHO, C. M.; VEIGA, R.A. A.; BAENA, E. S.; COUTINHO, C. J. Efeitos da adubação mineral (N x P x K) na resistência à geada do *Eucalyptus saligna* Smith aos seis meses de idade. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 111, Manaus, **Anais...** 1978. p.57-59.
- CASTRO, P. S.; VALENTE, O. F.; COELHO, D. T.; RAMALHO, R. S. Interceptação da chuva por mata natural secundária na região de Viçosa, MG. **R. Árvore**, Viçosa, v.7, n.1, p.76-89. 1983.

- CHAVASSE, C.G.R. The significance of planting height as an indicator of subsequent seedling growth. **J. of For.**, Washington, v.22, n.2, p.283-296, 1977.
- CHALFUN, N. N. J. **Fatores bioquímicos e fisiológicos no enraizamento de estacas de *Hibiscus rosa-sinensis* L.** Viçosa:, 1989. 85p. Tese (Doutorado)- Universidade Federal de Viçosa.
- CIMETAL. **Normas para produção de mudas por meio de enraizamento de estacas em tubetes cônicos.** Produção de Mudanças. Belo Horizonte. 1986. 6 p. (Norma Técnica).
- COELHO, F. S.; VERLENGIA, F. **Fertilidade do solo.** 2.ed. Campinas:, Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1973.
- COUTINHO, C. J.; CARVALHO, C. M. O uso da vermiculita na produção de mudas florestais. In: ENCONTRO NACIONAL DE REFLORESTADORES, 7, 1983, Curitiba. **Anais...** 1983. p.54-63.
- DANIEL, T.; HELMS, J.; BACKER, F. **Princípios de silvicultura.** 2.ed. México: McGraw-Hill, 1982. 492p.
- DANIEL, O.; VITORINO, A. C. T.; ALOVISI, A. A.; MAZZOCHIN, L.; TOKURA, A. M.; PINEIRO, E. R.; SOUZA, E. F. Aplicação de fósforo em mudas de *Acacia mangium* Willd. **R. Árvore**, v.21, n.2, p.163-168, 1997.
- DANTAS, C.E.S. **Crescimento e composição mineral de mudas de eucaliptos produzidas em composto orgânico em função da aplicação de fertilizantes minerais.** Viçosa:UFV, 1992. 61p. Tese (Mestrado em Ciência Florestal)- Universidade Federal de Viçosa
- DEICHMANN, U. V. **Noções sobre sementes e viveiros florestais.** Curitiba, 1967. 196p.
- DEVLIN, R. M. **Fisiologia vegetal**; tradução de Xavier Llimona Pagés, Barcelona: Omega, 1970. 614p.
- DIAS, R. A. Aplicação de vermiculita em alfobres. **Silvicultura**, v.8, p.99-100, 1973.
- DIAS, L. E.; VENEGAS, V. H. A.; BRIENZA jr, S. Formação de mudas de *Acacia mangium*: I. Resposta a calcário e fósforo. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6, 1990. Campos do Jordão. **Anais...** Campos do Jordão: SBS/SBEF, 1990.

- DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **For. Chron.**, v.36, p.10-13,1960.
- DONI FILHO, L. **Influencia do beneficiamento em algumas características de um lote de sementes de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, baseado na separação pelo tamanho e peso específico.** Piracicaba, ESALQ, 1974. 92p. Tese (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queirós, 1974.
- DURYEA, M. L. Evaluating seedling quality importance to reforestation. In: DURYEA, M. L. Evaluating seedling quality principles, procedures, and predictive abilities of major tests. Corvallis: **Forest Research Laboratory Oregon State University**, 1985.p.1-6.
- EMPRESA MINEIRA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL - EMATER-MG. **Composto. Adubo orgânico produzido na fazenda.** Belo Horizonte: Secretaria da Agricultura do Estado de Minas Gerais. 1984. 7p.
- EPSTEIN, E. **Nutrição mineral das plantas – princípios e perspectivas.** Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1975. 341p.
- ERNANI, P. R. **Utilização de materiais orgânicos e adubos minerais na fertilização do solo.** Porto Alegre: UFRGS, 1981. 82p. Tese (Mestrado)- Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- FACHINELLO, J. C. **Efeitos morfo-fisiológicos do anelamento no enraizamento de estacas lenhosas de macieira cultivar mallingmerton 106.** Piracicaba, ESALQ, 1986. 93P. Tese (Doutorado)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queirós, 1986.
- FAGUNDES, N. B. & FIALHO, A. A. Produção de mudas de *Eucalyptus* via sementes no sistema tubetes na COPENER. **Série Técnica.** IPEF. Piracicaba, v.4, n.13, p.25-29, 1987.
- FAIRBAIRN, W. A.; NEUSTEIN, S. A. Study of response of certain coniferous species to light intensity. **Forestry**, v.43, n.1, p.57-71, 1970.
- FAO. Práticas de plantação de árvores em a savana africana. Roma, Organização de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. **Cuad. de fomento for.**, v.19, p.95-109, 1975.
- FERNANDES, P. S.; COUTINHO,C.J.; BAENA, E. S. Produção de mudas de *Eucalyptus saligna* em bandejas de isopor. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 4, Belo Horizonte, 1982. **Anais...** Belo Horizonte: IBDF, 1983. p. 285-286.

- FERNANDES, P. S.; BAENA, E. S.; COUTINHO, C.J .; GONÇALVES, J. C. Utilização da vermiculita no plantio de essências florestais. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 4,1982, Belo Horizonte, **Anais...** Belo Horizonte, IBDF, 1982a. p. 282-284.
- FERNANDES, P.S.; FERREIRA, M.C.; STAPE, J.L.; Sistemas alternativos de produção de mudas de *Eucalyptus*. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 5, 1986, Olinda. **Anais...** São Paulo, Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1986. p. 73. (Silvicultura, Ed. Especial; n.41, 1986).
- FERREIRA, M. G. M. **Efeito do sombreamento na produção de mudas de quatro espécies florestais nativas.** Viçosa, UFV, 1977. 42p. Tese (Mestrado em Ciência Florestal)- Universidade Federal de Viçosa, 1977.
- FERREIRA, M. G. M. Efeito do sombreamento na produção de mudas de quatro espécies florestais nativas. **R. Árvore**, v. 1, n.2, p.121-134. 1977.
- FERREIRA, M. G. M. Sistema radicular na avaliação da qualidade de muda. **Inf. SIF**, Viçosa, p.31-2, 1985.
- FERREIRA, M. G. R. **Crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, em resposta a tamanhos de embalagens, substratos e fertilização NPK.** Viçosa: UFV, 1994. 44p. Tese (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, 1994.
- FIALHO, A. A.; GOMES, J. M.; BORBA, A. M.; PEREIRA, A. R. Minimização do custo de enchimento dos sacos plásticos para produção de mudas. **B. Técnico. SIF**, n.5, p.9-13, 1980.
- FONSECA, E. P. **Efeito de diferentes substratos na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden em "Win-Strip".** Viçosa, UFV, 1988. 81p. Tese (Mestrado em Ciência Florestal)-Universidade Federal de Viçosa, 1988.
- FONSECA, E. P. **Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume., *Cedrela fissilis* Vell. e *Aspidosperma polyneuron* Muil Arg. produzidas sob diferentes períodos de sombreamento.** Jaboticabal, UEP, 2000. 113p. Tese (Doutorado em Agronomia)- Universidade Estadual Paulista
- FONTES, L. E. F. & FONTES, M. P. F. **Glossário de ciência do solo.** Viçosa, UFV, 1992. 142p.

- FREITAS, J. R.; MARTINS, F. C. G.; FERNANDES, O. R.; SAITO, S. M. T.; RISCHEL, A. P.; GONÇALVES, A. M. Aplicação de matéria orgânica, vermiculita e inoculação de *Rhizobium* spp. em sementes de *Erythrina falcata*. **IPEF**, n.20, p. 101-113. 1980.
- FREITAS, A. J. P.; KLEIN, J. E. M. Aspectos técnicos e econômicos da mortalidade de mudas no campo. In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 11. CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7, 1993, Curitiba. **Anais...** São Paulo, Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1993. p. 736.
- FULLER, W. H.; CARPENTER, E. W.; LANNUNZIATA, M. F. Evaluation of municipal waste compost for greenhouse potting purpose. **Compost Sci.**, v.8, p.22-26, 1967.
- FURTINI NETO, A. E.; VALE, F. R.; MUNIZ, J. A. & GUEDES, G. A. A. Efeito do enxofre no crescimento de cinco espécies de eucalipto. **R. Árvore**, Viçosa, v.12, n.1, p.1-11, 1988.
- GARCIA, S. L. R. Importância de características de crescimento, de qualidade da madeira e da polpa na divergência genética de clones de eucalipto. Viçosa, UFV, 1998. 103p. Tese (Mestrado em Ciência Florestal)
- GIORDANO, P. M.; MORTVEDT, J. J. & MAYS, D. A. Effects of municipal wastes on crop yields and uptake of heavy metals. **J. Environ. Qual.**, v.4, p.394-399, 1975.
- GOMES, J. M.; BRANDI, R. M.; COUTO, L.; BARROS, N. F. Efeitos de recipientes e substratos na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. **R. Árvore**, Viçosa, v.1, n.2, p.167-172. 1977.
- GOMES, J. M.; FERREIRA, M. G. M.; BRANDI, R. M. & PAULA NETO, F. Influência do sombreamento no desenvolvimento de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. **R. Árvore**, Viçosa, v.2, n.1, p.68-75. 1978.
- GOMES, J. M. ; BRANDI, R. M.; COUTO, L.; LELLES, J. G. Influência do tratamento prévio do solo com brometo de metila no crescimento de mudas de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* em viveiro. **Brasil Florestal**, Brasília, v.9, n.35, p.18-23, 1978.
- GOMES, J. M.; BRANDI, R.M.; COUTO, L.; BARROS, N. F. Efeitos de sombreamento e tipos de suportes para fertil-pot na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. **R. Floresta**, Curitiba, v.10, n.1, p.24-28, 1979.

- GOMES, J. M.; PEREIRA, A. R.; SOUZA, A. L. & MORAIS, E. J. Influência do tamanho da embalagem plástica na produção de mudas de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, Viçosa: SIF, 1980, p.7-16 (Boletim Técnico, 9)
- GOMES, J. M.; PEREIRA, A. R.; REZENDE, G. C.; MACIEL, L. A. F. Efeito do tamanho de recipientes plásticos na formação de florestas de eucaliptos. Viçosa: SIF, 1981, p.1-12 (Boletim Técnico, 4).
- GOMES, J. M.; NOVAIS, R. F.; SOUZA, A. L.; MACIEL, L. A. F. Métodos de aplicação de nutrientes na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. Viçosa: SIF, 1981. p.9-22 (Boletim Técnico, 1).
- GOMES, J. M.; BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L.; NOVAIS, R. F., MACIEL, L. A. F. Métodos de aplicação de adubo em diferentes solos para a produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. **R. Árvore**, Viçosa, v.6, n.1, p.52-63. 1982.
- GOMES, J. M. & COUTO, L. Produção de mudas de folhosas. In: FLORESTAS PLANTADAS NOS NEOTRÓPICOS COMO FONTE DE ENERGIA. **Resumos...** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. 1983, p. 25-35.
- GOMES, J. M.; COUTO, L.; PEREIRA, A. R. Uso de diferentes substratos e suas misturas na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* por meio de semeadura direta em tubetes e em bandejas de isopor; **R. Árvore**, Viçosa, v.9, n.1, p.8-86, 1985.
- GOMES, J. M.; COUTO, L. Produção de mudas de eucalipto. **Inf. Agropec.**, Belo Horizonte, v.12, n.141, p.8-14, 1986.
- GOMES, J. M.; COUTO, L.; BORGES, R. C.G. & FREITAS, S. C. Influência do tamanho da embalagem plástica na produção de mudas de Ipê (*Tabebuia serratifolia*) de Copaíba (*Copaifera langsdorffii*) e de Angico Vermelho (*Piptadenia peregrina*). **R. Árvore**, Viçosa, v.14, n.1, p.26-34, 1990.
- GOMES, J. M.; COUTO, L.; BORGES, R. C. G. & FONSECA, E. P. Efeito de diferentes substratos na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill Ex Maiden, em "Win-Strip". **R. Árvore**, Viçosa, v.15, n.1, p.35-42, 1991.
- GOMIDE, J. L. **Serraria**. Viçosa: Universidade Rural do Estado de Minas Gerais, 1969. 119 p.
- GONÇALVES, J. L. M. Uso de resíduo industrial como substrato para produção de mudas em tubetes na Ripasa Florestal S.A. **Série Téc. IPEF**, v. 4, n.13, p.18-33, 1987.

- GONÇALVES, J. Produção de mudas de Eucalipto e Pinus usando o sistema de tubetes. In: JORNADAS FORESTALES DE ENTRE RIOS, 10, 1995, Concordia (Argentina). **Anais...** Concordia: INTA, 1995. p.1-4.
- GONZALES, R. A. Estudio sobre el comportamiento en vivero de *Pinus caribaea* var. *caribaea* cultivado en envases de polietileno de 12 dimensiones diferentes. **R. For. Baracoa**, v. 18, n.1, p.39-51, 1988.
- GOWIN, F. R.; WALKER, J. M. Deciduous tree seedling response to nursey soil amende with composted sewage sludge. **Hort. Sci.**, v.12, n.1, p. 45-47, 1977.
- GUERREIRO, C. A., COLLI JUNIOR, G. Controle de qualidade de mudas de *Eucallyptus* spp. na Champion Papel e Celulose S.A. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL: MÉTODOS DE PRODUÇÃO E CONTROLE DE QUALIDADE DE SEMENTES E MUDAS FLORESTAIS. **Anais...** Curitiba: FUPEF, 1984. p.164-170.
- HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIES Jr., F.T.; GENEVE, R. L. **Plant Propagation: Principles and pratices**. New Jersey, Prentice Hall, 1997. 770p.
- HAYNES, R.J.; GOH, K.M. Evalutaion of potting media for comercial nursery production of container-grown plants: IV – physical properties of a range amendment peat-based media. **J. of Agric. Res.**, n.21, p.449-456, 1978.
- HENRIQUES, E. P. Produção de mudas na ACESITA ENERGÉTICA S.A. **Série Técnica IPEF**, v. 4, n.13, p.13-17, 1987.
- HENSLER, R. F.; OLSEN, R. J.; ATTOE, O. J. Effect of soil pH and application rate of dairy cattle manure on yield and recovery of twelve plant nutrientes by corn. **Soil. Sci. Soc. Am. Proc. Note.**, v.62, p.828-839, 1970.
- HERMANN, R. K. Importance of top-root ratios for survival of Dougias-fir seedling. **Tree Planter's Notes**, v. 64, p.711,1964.
- HINES, F. D. & LONG, J. M. First and second year survival of containerized Engelmann spruce in relation to initial seedling size. **Can. J. For. Res.**, v. 16, p.68670,1985.
- HODGSON, T. J. Growing media for container nurseries: An inter statement. **South African Forest Journal**, 117:34-36. 1981.

- HOLANDA, J.S.; MIELNICZUK, J. & STAMMEL, J.G. Utilização de esterco e adubo mineral em quatro seqüências de culturas em solo de encosta basáltica no Rio Grande do Sul. **R. Bras. Ci. Solo**, v.6, p. 47-51, 1982.
- HORTENSTINE, C. C.; ROTHWELL, D. F. Evaluation of composted municipal refuse as plant nutrient source and soil amendment on leon fine sand. **Proc. Soil Crop Sci. Soc. Fla.**, v.29, p.312-319, 1969.
- HORTENSTINE, C. C.; ROTHWELL, D. F. Use of municipal compost in reclamation of phosphate-mining sand tailings. **J. Environ. Qual.**, v.1, p.415-418, 1972.
- HORTENSTINE, C. C.; ROTHWELL, D. F. Pelectized refine municipal refuse compost as a soil amendment and nutrient sources for sorghum. **J. Environ. Qual.**, v.2, p.441-444, 1973.
- HOYT, P.B.; TURNER, R.C. Effects of organic materials added to very acid soils on pH, aluminum, exchangeable NH₄, and crop yields. **Soil. Sci.**, v.119, p.227 – 237. 1975.
- HUNT, G. A. Effect of styrobloc design and cooper treatment on morphology of conifer seedlings. In: TARGET SEEDLING SYMPOSIUM, MEETING OF THE WESTERN FOREST NURSERY ASSOCIATIONS, GENERAL TECHNICAL REPORT RM-200. 1990. Roseburg: **Proceedings...** Fort Collins: United States Department of Agriculture, Forest Service, 1990. p218-222.
- INSTITUTO CAMPINEIRO DE ENSINO AGRÍCOLA - ICEA. **Fertilidade do solo**. Campinas: 1973. 384p.
- IKE Jr., A. F. Root collar diameter is a good measure of height growth potential of sycamore seedlings. **Tree Planter's Notes**, v.54, p.911, 1962.
- JESUS, R.M.; MENANDRO, M. S.; BATISTA, J. L. F. Eficiência da repicagem na produção de mudas de louro (*Cordia trichotoma* Vell.) e gonçalo alves (*Astronium fraxinifolium* Schott). **IPEF**, n.37, p.69-72, 1987.
- JOHNSON, J. D.; CLINE, P. M. **Seedling quality of southern pines**. In: DUREYA, M. L.; DOUGHERTY, P. M. (Eds.). Forest regeneration manual, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1991. p.143-162.
- JORGE, J. A. **Manejo e adubação. aompêndio de adafologia**. 2.ed. São Paulo, Nobel, 1983. 309p.

- KÄMPF, A. N. Substratos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE FLORICULTURA E PLANTAS ORNAMENTAIS, 1, 1992. Maringá: **Anais...** 1992. p.36-52.
- KRAMER, P. J.; KOZLOWSKI, T. T. **Physiology of tree**. New York: McGraaw-Hill., 1960. 642p.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**; tradução de Antônio de Pádua Danesi e Hildegard T. Buckup. São Paulo: Pedagógica e Universitária, 1986. 319p.
- LARSEN, J. The influence of nutrients on water relations and drought resistance of conifers. In: IUFRO MEETING 1980.:Freiburg, Characterization of plant material. **Proceedings...** Freiburg Waidbau Institut der Universitaet Freiburg, 1980. p. 115-125.
- LELES, P. S. S.; CARNEIRO, J. G.; BARROSO, D. G. Comportamento de mudas *Hymenaea coubaril* L. var. *stilbocarpa* (HAYNE) e *Apuleia leiocarpa* (Vog.) Macbr. Produzidas sob três regimes de irrigação. **R. Árvore**, v. 22, n.1, p.11-19. 1998.
- LIMSTROM, G. A. **Forest planting practice in the Central States**. Washington, Agriculture Handbook, p.2471,1963.
- LOCATELLI, M. **Efeito de formas, fontes e doses de nitrogênio sobre o crescimento e composição mineral de mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill (ex Maiden)**. Viçosa: UFV. 1984. 64p. Tese (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, 1984.
- LOURES, E. G. **Produção de composto no meio rural**. Viçosa, UFV,, 1983. 12p. (Informe Técnico, 17).
- LUND, Z. F.; DOSS, B. D. Residual effects of dairy cattle manure on plant growth and propertie. **Agron. J.**, v.72, p.123-130, 1980.
- MALAVASI, U. C. Macropropagação vegetativa de coníferas – perspectivas biológicas e operacionais. **Floresta e Ambiente**, v.1, n.1, p.131-135, 1994.
- MALAVOLTA, E. **Elementos da nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251p.
- MALAVOLTA, E., VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas – princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1997. 320p.

- MALINOVSKI, J. R. Método de poda radicular em *Araucaria angustifolia* Bert. O. Ktze. e seus efeitos sobre a qualidade de mudas em raiz nua. **R. Floresta**. V.8, n.1, p.85-88, 1977.
- MARQUES, L. C. T.; BRIENZA jr., S. **Informações sobre a fase de viveiro de algumas espécies florestais na Amazônia brasileira**. Belém, EMBRAPA/CPATU. 1983. 10 p. (Boletim de Pesquisa, 49).
- MARQUES, L. C. T.; YARED, J. A. G.. Crescimento de mudas de *Didymopanax morototoni* (Aublet.) Decne (Morototó) em viveiro de diferentes misturas de solo. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL: MÉTODOS DE PRODUÇÃO E CONTROLE DE QUALIDADE DE SEMENTES E MUDAS FLORESTAIS. 1984 Curitiba, **Anais...**, Curitiba, UFPR/FUPEF/IUFRO, 1984.149-163.
- MARSCHNER, U. C. **Mineral nutrition of higher plants**. London:Academic Press, 1995. 889p.
- MATTEI, V. L. **Viabilidade técnica da produção de mudas de *Pinus elliottii* Engelm., em moldes de isopor “Styroblocks”**. Curitiba: UFPR, 1980. 123p. Tese (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, 1980.
- MAY, J. T. Nutrients and fertilization, In: Southern pine nursery handbook. Washington: USDA. For. Serv., Southern Region, 1984. Cap. 12 p.1-41.
- MENGUEL, K.; KIRKBI, E. A. **Principles of plant nutrition**. Switzerland: International Potash Institut, 1982. 654p.
- MEXAL, J. L.; LANDIS, T. D. Target seedling concepts: height and diameter. In: TARGET SEEDLING SYMPOSIUM, MEETING OF THE WESTERN FOREST NURSERY ASSOCIATIONS, GENERAL TECHNICAL REPORT RM-200, 1990, Roseburg. **Proceedings...** Fort. Collins: United States Department of Agriculture, Forest Service, 1990. p. 17-35.
- MINAMI, K. **Vermiculita na horticultura**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/USP, 1984. 20 p.
- MONIZ, A. C. **Elementos de pedologia**. São Paulo, Universidade de São Paulo. 1972. 459p.
- MORONJ.; GONZALES,P.A.Comparative trials in raising forest species in different types of container. **Silvicultura**, v.16, p.15-31, 1961.
- MUGWIRA, L.M. Residual effects of dairy cattle manure on Millet and Rye forage and soil properties. **J. Environ. Qual.**, v.8, p.251-255, 1979.

- MULLER, C. H.; KATO, A. K.; DUARTE, M. L. R. **Manual prático do cultivo de fruteiras**. Belém: EMBRAPA/CPATU, 1981. 28 p. (EMBRAPA/CAPTU, Miscelânea, 9).
- MUNIZ, A. S. & SILVA, M. A. G. Exigências nutricionais de mudas de peroba-rosa (*Aspidosperma polyneuron* Muller Argoviensis) em solução nutritiva. **R. Árvore**, v.19, n.2, p.263-271, 1995.
- MUNSON, K. R. Principles, procedures and availability of seedling quality tests. In: INTERMOUNTAIN NURSERY MAN'S ASSOCIATION MEETING, 1985, Fort. Collins. **Proceedings...** Fort. Collins: United States Department of Agriculture, Forest Service, 1986. p.13-15.
- NADOLNY, M. C. **Efeito da omissão de nutrientes no desenvolvimento e no estado nutricional de *Pinus taeda* L., durante a fase de viveiro**. Curitiba, UFPR 1990. 136p. Tese (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal do Paraná, 1990.
- NAPIER, I.A. Técnicas de vivero para la producción de coníferas en los trópicos. In: **SIMPÓSIO FLORETAS PLANTADAS NOS TRÓPICOS COMO FONTE DE ENERGIA**, 1983, Viçosa. **Anais...** Viçosa, 1985. p.36-47.
- NEVES, J. C. L.; LEITE, R. A. NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F. Equilíbrio ótimo P/S para o crescimento de mudas de eucalipto em amostras de dois solos sob cerrado. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 20**, Belém, 1985. **Programas e resumos**. Belém: 1985. p.99.
- NEVES, J. C. L.; CARDENAS, A. C.; LANI, J. L.; BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. Efeito de doses e localização de fósforo sobre o crescimento de mudas de eucalipto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, XXI. **Resumos...** SBCS. 1987. P.144-157.
- NEVES, J. C. L.; GOMES, J. M.; NOVAIS, R. F. Fertilização mineral de mudas de eucalipto. In: BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. **Relação Solo-Eucalipto**. Viçosa: Folha de Viçosa, 1990. p. 99-126.
- NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; ANJOS, J. L. Efeitos do alumínio em amostras de dois latossolos sob o cerrado sobre o crescimento e a absorção de nutrientes de mudas de *Eucalyptus* spp. **R. Árvore**, v.6, n.1, p.17-28, 1982.
- NEVES, J. C. L. **Aspectos nutricionais em mudas de *Eucalyptus* spp. Tolerância ao alumínio e níveis críticos de fósforo no solo**. Viçosa. UFV, Impr. Universitária. 1983. 70p. Tese (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, 1983.

- NINA, A. P. **Viveiros florestais. Instalação e técnica cultural.** Lisboa: Secretaria de Estado da Agricultura, 1961. 274p.
- NOVAES, A. B. **Avaliação morfológica da qualidade de mudas de *Pinus taeda* L. produzidas em raiz nua e em diferentes tipos de recipientes.** Curitiba, UFPR, 1998. 116p. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal do Paraná, 1998.
- NOVAIS, R. F.; GOMES, J. M.; ROCHA, D.; BORGES, E. E. L. Calagem e adubação mineral na produção de mudas de eucalipto (*Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden). I. Efeitos da calagem e dos nutrientes N, P e K. **R. Árvore**, v. 3, n.2, p.121-134. 1979.
- NOVAIS, R. F.; GOMES, J. M.; ROCHA, D.; BORGES, E. E. L.; NASCIMENTO FILHO, M. B. Calagem e adubação NPK na produção de mudas de eucalipto (*Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden). In: SEMINÁRIO SIF: FERTILIZAÇÃO E MELHORAMENTO FLORESTAL 10, 1979, B. Horizonte, **Anais...**, Viçosa: SIF, 1979a. p.27-66.
- NOVAIS, R. F.; REGO, A. K.; GOMES, J. M. Nível crítico de potássio no solo e na planta para o crescimento de mudas de *Eucalyptus cloeziana* F. Mueli. **Rev. Árvore**, Viçosa, 4(1):14-23. 1980.
- NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L. & COUTO, C. Níveis de fósforo no solo para o eucalipto. **R. Árvore**, v. 6, n.1, p.29-37, 1982.
- NOVELINO, J. O.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. & MUNIZ, A. S. Efeito de níveis de boro em solução nutritiva no crescimento de *Eucalyptus* spp. **R. Árvore**, v. 6, n.1, p.45-51. 1982.
- PAIVA, H.N.; GOMES, J.M. **Propagação vegetativa de espécies florestais.** Viçosa: UFV, 1995. 40p. (Apostila, 322).
- PAIVA, H. N.; GOMES, J.M. **Viveiros Florestais.** Viçosa: UFV, 1995^a. 56p. (Apostila, 320).
- PAIVA, H. N.; GOMES, J.M. **Viveiros Florestais.** Viçosa: UFV, 2000. 69p. (Cadernos Didáticos, 72).
- PAIVA, H. N. **Toxidez de Cd, Ni, Pb, e Zn em mudas de cedro (*Cedrela fissilis* Vell.) e ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa* (Mart.) Standl.)** Lavras: UFLA, 2000. 283p. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, 2000.
- PARVIAINEN, J. V. & TERVO, L. A new approach for production of containerized coniferous seedlings using peat sheets coupled with root pruning. **For. Supplement**, v. 62, p.87-94, 1989.

- PARVIAINEN, J. V. Initial development of root systems of various types of nursery stock for scots pine. **Folia Forestalia**. v.268, p.2-21. 1976.
- PARVIAINEN, J. V. Qualidade e avaliação de qualidade de mudas florestais. In: SEMINÁRIO DE SEMENTES E VIVEIROS FLORESTAIS, 1, 1981, Curitiba. **Anais...** Curitiba: FUPEF, 1981. p.59-90.
- PARVIAINEN, J. V. Containerized forest tree seedling production in Finland and the other nordic countries. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL: MÉTODOS DE PRODUÇÃO E CONTROLE DE QUALIDADE DE SEMENTES E MUDAS FLORESTAIS, 1984, Curitiba. **Anais...** Curitiba: UFPR/FUPEF, 1984. p.403-415.
- PARVIAINEN, J. V. The success of different types of pine nursery stock on regeneration sites prepared in different ways. **Folia Forestalia**, v.593, p.1-35, 1984.
- PARVIAINEN, J. V.; ANTOLA, J. The root system morphology and stand development of different types of pine nursery stock. **Folia Forestalia**, v. 671, p.1-29, 1986.
- PARVIAINEN, J. V. Future trends for containerized tree seedling production: a literature review. **Silva Fennica**, v.24, n.1, p.93-103, 1990.
- PAWSEY, C. K. Survival and early development of *Pinus radiata* as influenced by size of planting stock. **Australian Forest Research**, v. 5, n.4, p.13-29, 1972.
- PESSOTI, J. E. S. Aspectos nutricionais da produção de mudas de eucalipto em vermiculita. COPENER - COPENE ENERGÉTICA. 1984. 7p. (Boletim Informativo).
- PIRES, C. L. S.; KRONKA, F. J. N. O torrão e sua utilização. **Silvicultura em São Paulo**, v. 6, p.221-233, 1967.
- PONCE, A. S. & GRIJPMAN, P. Ensayo comparativo de cuatro tipos de recipientes para producción de plantas forestales. **R. Turrialba**, v.20, n.3, p.333-343, 1970.
- PONS, A. L. Fontes e usos de matéria orgânica. **IPAGRO INFORMA**, v. 26, p.111-147, 1983.
- PREZOTTI, L. C. **Nível crítico de potássio no solo para produção de mudas de eucalipto**. Viçosa, UFV, Imprensa Universitária, 1985. 45p. Tese (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, 1985.
- PRIMAVESI, A. **O manejo ecológico do solo**. São Paulo: Nobel, 1982. 542p.

- RAIJ, B. V. **Avaliação da fertilidade do Solo**. Piracicaba: Franciscana, 1981. 142p.
- RAMOS, A.; CARNEIRO, J. G. A.; WORMSBECKER, A. Tipos de cobertura de canteiros de *Pinus elliottii*. Curitiba: Departamento de Produção Vegetal, Estado do Paraná, Secretaria de Estado dos Negócios da Agricultura. 1975. 11 p. (Boletim técnico, 15).
- RAY, P. M. **A planta piva**. Tradução de Aylthon Brandão Joly. São Paulo: Pioneira.1971. 161p.
- REIS, G. G.; REIS, M. G. F.; MAESTRI, M. Crescimento de *Eucalyptus camaldulensis*, *E. grandis* e *E. cloeziana* sob diferentes níveis de restrição radicular. **R. Árvore**, v. 13, n.1, p.1-18,1989.
- REIS, M. G. F., REIS, G. G. REGAZZI, A. J.; LELES, P. S. S. Crescimento e forma de fuste de mudas de jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* Fr. Aliem) sob diferentes níveis de sombreamento e tempo de cobertura. **R. Árvore**, v.15, n.1, p.23-34,1991.
- REIS, M. G. F.; REIS, G. G.; LELES, P. S. S.; NEVES, J. C. L.; GARCIA, N. C. P. Exigências nutricionais de mudas de *Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. Allem (Jacarandá-da-Bahia) produzidas em dois níveis de sombreamento. **R. Árvore**, v. 21, n.4, p.463-471, 1997.
- RICHIE, G. A. Assessing seedling quality. In: DURYEY, M. L.; LANDIS, T. D. (Eds.) **Forest nursery manual**: production of bareroot seedlings. Corvallis: Oregon State University, 1984. P.243-259.
- RICHTER, J. Das umsetzen von douglasien in kulturstadium. **Alig. Forst.-u. Jagdztg.**, v.142, p.63-69, 1971.
- RIVADENEIRA, R. En busca del substrato ideal. **Chile forestal**, v.18, p.34-36, 1995.
- ROCHA, D.; BRAGA, J. M. Adubação fosfatada em eucaliptos no viveiro. 1. Interação entre espécies de eucaliptos e fontes de fósforo. CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 4, 1982, Belo horizonte, **Anais...** Belo Horizonte: 1982. p.455-459.
- RODRIGUEZ, A.; VENATOR, C.R. Using Styroblock containers to grow *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr. & Golf nursery seedlings. **Turrialba**, v.27, n.4, p.393-396,1977.
- SANTOS, C. B.; LONGHI, S. J.; HOPPE, J. M. & MOSCOVICH, F. A. Efeito do volume de tubetes e tipos de substratos na qualidade de mudas de *Cryptomeria japonica* (L. F.) D. Don. **Ciência Florestal**, v.10, n.2, p.1-15. 2000.

- SCHMIDT, D. V. C. **Crescimento de mudas de *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus grandis* em resposta à fertilização potássica e à calagem.** Viçosa, UFV, 1995. 57p. Tese (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, 1995.
- SCHUBERT, G. H.; ADAMS, R. S. **Reforestation practices for ponifers in California.** Sacramento: Resources Agency, 1971.
- SHARID, F. Vermiculite: the popcorn mineral. **Science Chronicle**, v.13, n.2, p. 85-86, 1975.
- SHEPHERD, D. R.; SA-ARDAVUT, P. Allometric Relationships between Shoot and Root Development and between Leaf Dry Weight and Leaf Area in Provenances of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. **Aust. For. Res.**, v. 14, p.265-270, 1984.
- SHORTALL, J. G.; LIEBHARDT, W. C. Yield and growth of corn affected by poultry manure. **J. Environ. Qual.**, v.2, p.186-191, 1975.
- SCHUBERT, G. H.; ADAMS, R. S. **Refostation pratices for ponifers in California.** Sacramento: Resources Agency, Dept. of Conservation, Division of Forestry. 1971.
- SILVA, D. J.; DEFELIPO, B. V. Necessidade de calagem e diferentes relações Ca:Mg para produção de mudas de eucalipto. **R.Árvore**, v. 17, n.3, p.303-313, 1993.
- SIMÕES, J. W. Métodos de produção de mudas de eucaliptos, **IPEF**. v. 1, p.101-116.1970.
- SIMÕES, J. W.; COUTO, H. T. Z. Efeitos da omissão de nutrientes na alimentação mineral do Pinheiro do Paraná (Bert) O. Kitze, cultivada em vaso. **IPEF**, v. 7, p.93-102, 1973.
- SIMÕES, J. W.; BRANDI, R. M.; MALINOVSKY, J. R. **Formação de florestas com espécies de rápido crescimento.** Brasília: IBDF/PNUD/FAO/MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, 1976. 74p.
- SIMÕES, J. W.; BRANDI, R. M.; LEITE, N.B.; BALLONI, E.A. **Formação, manejo e exploração de florestas com espécies de rápido crescimento.** Brasília: IBDF, 1981. 131 p.
- SIQUEIRA, O. J. F. **Recomendações de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.** Passo Fundo: EMBRAPA/CNPT, 1987. 100 p.
- SLUDER, E. R. Quality of yellow poplar planting stock varies by mother tree and seedling density. **Tree Planter's Notes**, v. 65, p.16-19,1964.

- SHIMIDT-VOGT, H. Morpho-physiological quality of forest trees seedlings. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL: MÉTODOS DE PRODUÇÃO E CONTROLE DE QUALIDADE DE SEMENTES E MUDAS FLORESTAIS, 1984, Curitiba. **Anais...** Curitiba: FUPEF, 1984. p.366-378.
- SOUTH, D.; BOYER, J. N.; BOSCH, L. S. Survival and growth of loblolly pine as influenced by seedling grade: 13 year results. **Southern J. Appl. For.**, v.9, n.2, p.76-81, 1985.
- STURION, J. A. Influência do recipiente e do método de semeadura na formação de mudas de *Schizolobium parahyba* (vellozo) Blake - Fase de viveiro. Separata de: **Boletim de Pesquisa Florestal**. EMBRAPA-CNPQ, v.1, p.89-100, 1980.
- STURION, J. A. Influência do recipiente e do método de semeadura na formação de mudas de *Prunus brasiliensis* Schott ex Spreng. Separata de: **Boletim de Pesquisa Florestal**. EMBRAPA-CNPQ, Curitiba, 1:76-88, 1980a.
- STURION, J. A. Influência do recipiente e do método de semeadura na formação de mudas de *Mimosa scabrella* Benth. Separata de: **Boletim de Pesquisa Florestal**. EMBRAPA-CNPQ, Curitiba, v.1, p.69-88, 1981.
- THOMPSON, E. Seedling morphological evaluation - what you can tell by looking. In: EVALUATION SEEDLING QUALITY: PRINCIPLES PROCEDURES AND PREDICTIVE ABILITIES OF MAJOR TESTS, 1984, Corvallis. **Proceedings...** Corvallis: Forest Research Laboratory, 1985. p.59-71.
- TRAJANO, M. A. B.; KASUYA, M. C. M.; TÓTOLA, M. R.; BORGES, A. C.; NOVAIS, R. F. Suprimento de fósforo e formação de micorrizas em mudas de eucalipto em sistema de raízes divididas. **R. Árvore**, v.25, n.2, p.193-201, 2001.
- TRAPPE, J. M. Root pruning conifers in nursery beds: does it increase survival potential? **Tree Planter's Notes**, v. 37, n.3, p.13, 1971.
- TRINDADE, A. V.; PEREIRA, J. M.; MUCHOVEJ, R. M. C.; NEVES, J. C. L. Efeito de fungos ectomicorrízicos na resposta de mudas de *Eucalyptus grandis* a enxofre no solo. **R. Árvore**, Viçosa, v. 25, n.2, p.175-181, 2001.

- URQUIAGA, C.S.; LIBARDI, P.L.; REICHARDT, K.; MORAES, S.O.; PADOVESE, P.P.; COSTA, A.C.S. da. Efeito da adição de matéria orgânica e de vermiculita expandida em algumas propriedades de um oxisolo com gramínea (*Melinis minutiflora*_Beaur). In: "COLÓQUIO REGIONAL SOBRE MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO", 1982, Piracicaba, **Anais...** Piracicaba: Centro de Energia Nuclear na Agricultura, CENA/USP. 1982. p. 237-43.
- VENTURIM, N. Efeito de recipiente no desenvolvimento de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. In: CONGRESSO FLORESTAL BRESILEIRO, 3. Manaus. **Anais...** Manaus: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1978. p. 357-357.
- VERDONOK, O. Reviewing and evaluation of new materials used as substrates. **Acta Hortic.**, n.150, p.467-473, 1984.
- VIEIRA, L. S. **Manual de ciência do solo.**São Paulo, Agronômica Ceres, 1975.464p.
- VITOSH, M. L.; DAVIS, J. F.; KNEZEK, B. D. Long-term effects of manure, fertilizer, and plow depth on chemical properties of soils and nutrient movement in a monocultura corn systems. **J. Environ. Qual.**, v.2, p.296-298. 1973
- VLAMIS, M. L.; WILLIAMS, D. E. Utilization of municipal organic waste as agriculture fertilizers. **Compost Sci.**, v.13, p.26-28, 1982.
- WAKELEY, P. C. **Planting the southern pines.** Washington: Agriculture Monograph, , D. C., 1954. p.181-233.
- WALLER, P.L.; WILSON, F.N. Evaluation of growing media for consumer use. **Acta Horticulturae**, Wagening, n.150, p.51-58, 1984.
- WALTERS, J.;KOZAK, A. **Effects of seedling size on survival and growth of plantations with particular reference to douglas fir.** Vancouver: University of British Columbia, 1965. 26p. (Research Paper, 72).
- WEIL, R. R.; KROONTJE, D. E.; JONES, G. D. inorganic nitrogen and soluble salts in a Davidson clay loam used for poultry manure disposal. **J. Environ. Qual.**, v.8, p.86-91. 1979.
- WILSON, 13. C.; CAMPBELL, R. K. Seedbed density influences height, diameter and dry weight of 310 Douglas-fir. **Tree Planters' Notes**, v.23, n.2, p.1-4.1972.

- YARED, J. A. G.; MARQUES, L. C. T.; CARPANEZZI, A. A. Efeito do substrato e fertilizantes no crescimento de mudas de freijó (*Cordia goeldiana*). **Relatório Técnico Anual do Programa Nacional de Pesquisa Florestal**, Brasília: 1980. 93 p.
- ZANI FILHO, J.; BALLONI, E. A.; STAPE, J. L. Viveiro de mudas florestais - Análise de um sistema operacional atual e perspectivas futuras. **Circular Técnica – IPEF**. n.167, p.5, 1989.
- ZANI FILHO, J. Fundamentos para estruturação de um viveiro florestal. **Curso de produção de mudas de espécies florestais exóticas e nativas**. Piracicaba: IPEF/ESALQ-USP. 1998.12p.