

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

**RELAÇÃO ENTRE VARIÁVEIS DE CRESCIMENTO E  
O ÍNDICE DE QUALIDADE DE DICKSON EM MUDAS  
DE *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maid e *Pinus elliottii*  
var. *elliottii* - Engelm**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**Alexandre Francisco Binotto**

**Santa Maria, RS, Brasil  
2007**

**RELAÇÃO ENTRE VARIÁVEIS DE CRESCIMENTO E  
O ÍNDICE DE QUALIDADE DE DICKSON EM MUDAS  
DE *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maid e *Pinus elliottii*  
var. *elliottii* - Engelm**

por

**Alexandre Francisco Binotto**

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

**Orientador: Prof. Dr. Alessandro Dal'Col Lúcio**

**Santa Maria, RS, Brasil  
2007**

---

© 2007

Todos os direitos autorais reservados a Alexandre Francisco Binotto. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser com autorização por escrito do autor.

Endereço: Rua Piapara, n. 428, Bairro Vila "A", Foz do Iguaçu, PR, 85.860-060  
Fone: (0\*\*45)35243622 (54)99245234; End. Eletr: alexandrebinotto@yahoo.com.br

---

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a Dissertação  
de Mestrado

**RELAÇÃO ENTRE VARIÁVEIS DE CRESCIMENTO E  
O ÍNDICE DE QUALIDADE DE DICKSON EM MUDAS  
DE *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maid e *Pinus elliottii*  
var. *elliottii* - Engelm**

elaborada por  
**Alexandre Francisco Binotto**

como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Mestre em Engenharia Florestal**

**COMISSÃO EXAMINADORA**

**Alessandro Dal'Col Lúcio, Prof. Dr. (UFSM)**  
(Presidente/Orientador)

**Sidinei José Lopes, Dr. (UFSM)**

**Sandra Feijó, Dr<sup>a</sup>. (UFSM)**

Santa Maria, 28 de fevereiro de 2007.

“Nas dificuldades do dia-a-dia, esqueça os contratempos e siga em frente, recordando que Deus esculpiu em cada um de nós a faculdade de resolver os nossos próprios problemas”.

(André Luiz)

Trecho do Livro “Resposta da Vida”

Aos meus pais Noldis F. Binotto e Jussara  
T.M. Binotto, pelo amor, apoio e confiança.

**Dedico...**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por ter sempre iluminado meu caminho e por permitir a realização de mais uma conquista em minha vida.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal de Santa Maria, pela oportunidade de realização deste trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela concessão da bolsa.

Ao professor Dr. Alessandro Dal'Col Lúcio, pelo apoio, orientação, paciência e amizade.

Ao professor co-orientador Dr. Juarez Martins Hoppe (*in memorian*), pelo incentivo, amizade e disponibilidade sempre que precisei.

À Secretária da Coordenação do Curso de Pós-Graduação, Cerlene Machado (Tita querida), pelo auxílio e compreensão nos momentos necessários.

A Fernanda pelo total apoio, incentivo e “enorme” paciência no desenvolvimento do trabalho.

Ao Hélio (Pai Helinho), pelo apoio incondicional nas atividades desenvolvidas no viveiro florestal.

Ao Dani, Gui, Anax, Flávio, Twidy e Max. Esses são amigos de verdade.

Aos amigos e colegas de Pós, Eduardo (Righi), Fabiano (Fortes), Edison (Bacaninha), Lorenzo e Magda (Zanon), pela força e apoio em todos os momentos.

A Vanessa pelo incentivo, carinho e apoio.

A todos que de uma forma ou de outra colaboraram na execução deste trabalho.

Obrigado.

## RESUMO

Dissertação de Mestrado  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal  
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

### RELAÇÃO ENTRE VARIÁVEIS DE CRESCIMENTO E O ÍNDICE DE QUALIDADE DE DICKSON EM MUDAS DE *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maid e *Pinus elliottii* var. *elliottii* - Engelm

AUTOR: ALEXANDRE FRANCISCO BINOTTO  
ORIENTADOR: ALESSANDRO DAL'COL LÚCIO  
Santa Maria, 28 de fevereiro de 2007

O presente trabalho teve por objetivo verificar a relação entre variáveis de crescimento e a interferência que estas exercem sobre o Índice de Qualidade de Dickson, verificar a relação de eficiência deste na indicação da qualidade de mudas e identificar o comportamento das variáveis de crescimento com o passar do ciclo de mudas em bandejas com competição plena e variada em mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maid e *Pinus elliottii* var. *elliottii* - Engelm, no viveiro florestal da Universidade Federal de Santa Maria, RS. Nesse sentido, para ambas espécies, se instalou um experimento em branco em casa de vegetação. A coleta dos dados para *E. grandis* foram aos 60, 75, 90, 105 e 120 dias, após a emergência das mudas e para *P. elliottii* aos 25, 50, 75, 100, 125, 150, 175 dias, após emergência das mudas (DAE). Cada espécie era representada por duas bandejas, sendo que em uma delas analisou-se o diâmetro do colo (DIAM, em mm), a altura da parte aérea (ALT, em cm), o número de folhas (NF) (somente para *E. grandis*), a fitomassa seca de folhas (MSF em grama/planta), fitomassa seca do colo (MSC grama/planta), fitomassa seca do sistema radicular (MSR grama/planta); a fitomassa seca da parte aérea (MSPA grama/planta), obtida pela soma da MSF e MSC; a fitomassa seca total (MST), obtida pela soma do MSPA e MSR; a relação da parte aérea/sistema radicular (RPAR), obtida da relação entre MSPA e MSR; e a relação da altura da parte aérea/diâmetro do coleto (RAD), obtida da relação entre ALT e DIAM, e Índice de Qualidade de Dickson (IQD), obtido a partir de uma equação envolvendo as variáveis morfológicas, anteriormente citadas, com exceção do NF. Para essa bandeja, após cada coleta dos dados selecionou-se uma parcela de mudas para obtenção das fitomassas. Procedeu-se o rearranjo das mudas remanescentes, com o intuito de assim se verificar interferência que as mudas sofreriam, disponibilizando de maior luminosidade e aeração. Para a outra bandeja analisou-se diâmetro do colo DIAM, ALT, NF (para *E. grandis*), mantendo-se, durante todo o estudo, o número total de mudas. Através de métodos estatísticos como Análise de Regressão, Correlação de Pearson e Análise de Trilha estudaram-se diferentes combinações entre as variáveis morfológicas, com DAE e IQD, usando-se como critérios de seleção para os modelos matemáticos de regressão: o maior valor do coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj}$ ), menor coeficiente de variação (CV%) e menor erro padrão médio (Syx). A fitomassa seca de raiz, foi a variável mais relacionada com o IQD, porém não é viável sua obtenção por ser necessária a destruição da muda. O diâmetro do colo foi a variável mais propícia para indicar qualidade de muda, baseado no seu maior grau de relação com Índice de Qualidade de Dickson (IQD). A variável altura só se apresentou eficiente para indicar qualidade de mudas quando analisada juntamente com o diâmetro. O IQD foi eficiente para indicar qualidade de mudas, pois se apresentou bastante relacionado com as variáveis estudadas para *E. grandis* e *P. elliottii*. A variável diâmetro do colo foi a que apresentou maior relação com os dias após emergência, quando comparada com a altura da muda, tanto em bandejas com mudas em competição plena quanto em variada, para ambas as espécies estudadas.

Palavras-chave: mudas florestais; crescimento; qualidade.



## ABSTRACT

Dissertação de Mestrado  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal  
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

### RELAÇÃO ENTRE VARIÁVEIS DE CRESCIMENTO E O ÍNDICE DE QUALIDADE DE DICKSON EM MUDAS DE *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maid e *Pinus elliottii* var. *elliottii* - Engelm

(Relation between growth variability and Dickson Quality Index in *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maid and *Pinus elliottii* – Engelm seedlings)

AUTHOR: ALEXANDRE FRANCISCO BINOTTO  
ADVISOR: ALESSANDRO DAL'COL LÚCIO  
Santa Maria, 28 de fevereiro de 2007

The present work had for objective to verify the relation between growth variability and the interference Dickson Quality Index, to verify the efficiency relation of this /index in the quality indication on seedlings and to identify the behavior of the growth variable during the seedlings development cycle in trays with full and varied competition in *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maid and *Pinus elliottii* var. *elliottii* – Engelm seedlings, in the forest nursery of the Universidade Federal de Saint Maria, RS. In this way, for both species, was installed a blank experiment in the greenhouse. The data collection for *E. grandis* had been to the 60, 75, 90, 105 and 120 days, after the seedling sprout and for *P. elliotti* to 25, 50, 75, 100, 125, 150, 175 days, after the seedling sprout (DAE). Each species were represented for two trays, being that in one of them was analyzed the diameter of the col (DIAM, in mm), the height of the aerial part (ALT, in cm), the leaf number (NF) (only for *E. grandis*), dry fitomass of leaves (MSF in gram/plant), dry fitomass of the col (MSC gram/plant), dry fitomass of the radicular system (MSR gram/plant); dry fitomass of the aerial part (MSPA gram/plant), gotten for the sum of MSF and MSC; total dry fitomass(MST), gotten for the sum of MSPA and MSR; the relation of the aerial part/ radicular system (RPAR), gotten of the relation between MSPA and MSR; and the relation of the aerial part height /diameter of the col (RAD), gotten from the relation between ALT and DIAM, and the Dickson Quality Index (IQD), gotten from an equation involving the morphologic variable, previously cited, except the NF. For this tray, after each data collection was selected a parcel of seedlings for fitomassas attainment. One proceededed the rearrangement from the remaining seedlings, with the intention of verifying the interference that the seedlings would suffer, giving them a bigger luminosity and aeration. To the other tray were analyzed diameter of col DIAM, ALT, NF (for *E. grandis*), remaining during all the study, the total number of seedlings. Through statistical methods of Regression Analysis, Pearson Correlation and Pathy Analysis different combinations between the morphologic variables had been studied, with DAE and IQD, using as election criterion for the regression mathematical models: the biggest value of the adjusted determination coefficient ( $R^2_{aj}$ ), minor variation coefficient (CV%) and minor error average standard (Syx). Dry root Fitomass, was the more related variable with the IQD, however its not viable the attainment because its necessary the destruction of the plantt. The diameter of the col was the most propitious variable to indicate seedling quality, based in its bigger degree of Dickson relation Index(IQD). The variable height just presented efficient to indicate seedling quality when analyzed together the diameter. The IQD was efficient to indicate seedling quality, therefore it was presented sufficiently related with the studied variables for *E. grandis* and *P. elliotti*. The variable col diameter was the one that presented greater relation after sprout, when compared with the seedling height, as much in trays with seedlings in full competition how much in varied competition, for both the studied species.

Keywords: seedlings; Dickson Quality Index; growth.

## LISTA DE TABELAS

- TABELA 1 – Características químicas dos substratos usados nos experimentos. Santa Maria – RS, 2007..... 25
- TABELA 2 – Valores do Índice de qualidade de Dickson (IQD) para *Eucalyptus grandis* e *Pinus elliottii*, avaliados em diferentes dias após a emergência. Santa Maria – RS, 2007.....34
- TABELA 3 – Coeficiente de correlação de Pearson entre as variáveis Índice de Qualidade de Dickson (IQD), dias após a emergência (DAE), altura em cm (ALT), diâmetro do coleto, em mm, (DIAM), número de folhas (NF), massa seca do coleto, em g, (MSC), massa seca de folha, em g, (MSF), massa seca de raiz, em g, (MSR) e massa seca total, em g, (MST), em mudas de *Eucalyptus grandis* e *Pinus elliottii*. Santa Maria – RS, 2007..... 35
- TABELA 4 – Estimativas dos efeitos direto e indireto e do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) obtidas pela análise de trilha, entre as variáveis Índice de Qualidade de Dickson (IQD), dias após a emergência (DAE), altura em cm (ALT), diâmetro do coleto, em mm, (DIAM), número de folhas (NF), massa seca do coleto, em g, (MSC), massa seca de folha, em g, (MSF), massa seca de raiz, em g, (MSR) e massa seca total, em g, (MST), em mudas de *Eucalyptus grandis* e *Pinus elliottii*. Santa Maria – RS, 2007..... 39

- TABELA 5 – Coeficiente de Variação (CV%), coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj}$ ), Desvio-padrão (Syx) e pontuação máxima obtida pelos modelos de regressão avaliados entre as variáveis Índice de Qualidade de Dickson (IQD), dias após a emergência (DAE), altura em cm (ALT), diâmetro do coleto, em mm, (DIAM) e número de folhas (NF), em mudas de *Eucalyptus grandis*. Santa Maria – RS, 2007..... 41
- TABELA 6 – Coeficiente de Variação (CV%), coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj}$ ), Desvio-padrão (Syx) e pontuação máxima obtida pelos modelos de regressão avaliados entre as variáveis Índice de Qualidade de Dickson (IQD), dias após a emergência (DAE), altura em cm (ALT) e diâmetro do coleto, em mm, (DIAM), em mudas de *Pinus elliottii*. Santa Maria – RS, 2007..... 43
- TABELA 7 – Modelos de regressão linear simples e seus respectivos coeficientes de determinação ( $r^2$ ) e desvio-padrão da equação (Syx), obtidos entre as variáveis dias após a emergência (DAE), altura em cm (ALT), diâmetro do coleto, em mm, (DIAM) e número de folhas (NF), em mudas de *Eucalyptus grandis*, submetidas a níveis de competição plena e variada com o passar do ciclo. Santa Maria – RS, 2007..... 44
- TABELA 8 – Modelos de regressão linear simples e seus respectivos coeficientes de determinação ( $r^2$ ) e desvio-padrão da equação (Syx), obtidos entre as variáveis dias após a emergência (DAE), altura em cm (ALT) e diâmetro do coleto, em mm, (DIAM), em mudas de *Pinus elliottii*, submetidas a níveis de competição plena e variada com o passar do ciclo. Santa Maria – RS, 2007..... 44

## LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1 – Croqui representando a forma de disposição das bandejas com mudas de *E. grandis* e *P. elliottii* dentro da casa de vegetação ..... 28
- FIGURA 2 – Altura da parte aérea para *E. grandis* com 115 DAE e *P. elliottii* com 180 DAE, respectivamente. Santa Maria, RS, 2007..... 29

## LISTA DE ABREVIATURAS

IQD –	Índice de qualidade de Dickson
ALT –	Altura
DIAM –	Diâmetro
NF –	Número de folhas
MSC –	Fitomassa seca de coleto
MSF –	Fitomassa seca de folhas
MSR –	Fitomassa seca de raiz
MST –	Fitomassa seca total
R <sup>2</sup> aj –	Coefficiente de determinação ajustado
CV% –	Coefficiente de variação
Syx –	Erro padrão médio

## SUMÁRIO

RESUMO .....	6
ABSTRACT .....	7
LISTA DE TABELAS .....	8
LISTA DE FIGURAS .....	10
LISTA DE ABREVIATURAS .....	11
1 INTRODUÇÃO .....	13
2 REVISÃO DE LITERATURA .....	17
2.1 <i>Eucalyptus grandis</i> W. Hill ex Maiden .....	17
2.2 <i>Pinus elliottii</i> var. <i>elliottii</i> .....	18
2.3 Parâmetros de crescimento e qualidade de mudas .....	18
2.4 Análise de regressão .....	20
2.5 Índice de Qualidade de Dickson .....	21
3 MATERIAL E MÉTODOS .....	25
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	33
CONCLUSÃO .....	48
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	49

# 1 INTRODUÇÃO

A grande versatilidade das espécies florestais, provenientes de reflorestamento, tem incentivado uma crescente utilização destas pelo setor industrial de base florestal, valorizando, dessa forma, a implantação de florestas renováveis e a busca pela conservação dos remanescentes de florestas naturais.

No ano de 2000, o setor florestal brasileiro gerou recursos da ordem de 21,0 bilhões de dólares, representando 4,0% do Produto Interno Bruto (PIB) nacional. As exportações do setor acumularam 5,4 bilhões de dólares, equivalente a 10,0% do total do país. Foram recolhidos 2,0 bilhões de dólares em impostos e mantidos 2,0 milhões de empregos diretos e indiretos. Naquele ano, as empresas de celulose e papel consumiram 17,4 milhões de toneladas de madeira, produzindo 7,4 milhões de toneladas de celulose e 7,1 milhões de toneladas de papel (SBS, 2002).

As florestas plantadas no Brasil ocupam cerca de 4,8 milhões de hectares, aproximadamente 3,0 milhões com *Eucalyptus* (64%) e 1,8 milhão com *Pinus* (36%). Do total de florestas plantadas, 75% estão vinculadas diretamente às indústrias e 25% estão disponíveis para consumo no mercado de madeira roliça em geral (SBS, 2003), e, estão distribuídas em sua maioria nos Estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Minas Gerais e Espírito Santo (SANTOS et al., 2003). Essas florestas visam à garantia do suprimento de matéria-prima para: as indústrias de papel e celulose, siderurgia a carvão vegetal, lenha, serrados, compensados e lâminas e painéis reconstituídos, tais como: aglomerados, chapas de fibras e MDF (SANTOS et al., 2003).

Para as empresas brasileiras atenderem a um incremento constante da demanda de celulose e papel, e manterem a participação no mercado mundial, há necessidade de ampliar a produção das fábricas e, conseqüentemente, da área atual de plantio de mudas de árvores por ano.

A produção de mudas florestais, em quantidade e qualidade, é uma das fases mais importantes para o estabelecimento de povoamentos florestais, segundo Gonçalves e Poggiani (1996), com grande repercussão sobre a produtividade. Muitos trabalhos têm sido realizados no sentido de melhorar a qualidade e reduzir os custos de produção de mudas.

Nesse sentido, o êxito na formação de florestas de alta produção depende, em grande parte, da qualidade das mudas plantadas, que, além de terem que resistir às condições adversas encontradas em campo após o plantio, deverão sobreviver e, por fim, produzir árvores com crescimento volumétrico economicamente desejável (GOMES et al., 1991). Qualidade são aqueles atributos necessários para que uma muda sobreviva e se desenvolva, após o plantio em campo, conforme Duryea (1985).

Um dos principais problemas encontrados pelos produtores de mudas de espécies florestais é determinar, durante a fase de viveiro, quais são as características da planta que melhor indicarão seu bom porte. Algumas vezes, essa análise é dada de maneira intuitiva por parte dos viveiristas, mas ainda carente de uma definição mais científica para responder às exigências quanto à sobrevivência e ao crescimento da muda. É nesse sentido que se torna de grande importância o entendimento do comportamento e interação entre os parâmetros morfológicos da muda de uma espécie florestal.

Tendo conhecimento preciso da fase ideal para a retirada das mudas do viveiro pode-se ter maior confiabilidade da melhor época para se iniciar o processo de produção destas, levando-se em consideração o planejamento para implantação de uma floresta. O desconhecimento do momento de transferências das mudas para o campo pode refletir em perdas destas, ocasionado por fatores como área foliar, relação altura/diâmetro e sistema radicular impróprios para o desenvolvimento da muda, tornando-a suscetível a um crescimento suprimido, ficando, assim, comprometida sua sobrevivência.



Vários são os parâmetros utilizados na avaliação da qualidade de mudas de espécies florestais, destacando-se, dentre eles: a altura da parte aérea, a conformação do sistema radicular, o diâmetro de colo, proporção entre as partes aérea e radicular, a proporção entre o diâmetro do colo e altura da parte aérea, fitomassa seca e fresca das partes aérea e radicular, a rigidez da parte aérea e os aspectos nutricionais (PAIVA e GOMES, 1993). Ainda, segundo estes autores, muitos desses parâmetros têm sido testados por meio de avaliação da sobrevivência e crescimento das mudas em campo e os resultados têm sido muito variáveis, mesmo com mudas consideradas de alto padrão de qualidade morfológica e plantadas em sítios favoráveis.

A classificação de mudas produzidas em recipientes não se encontra plenamente definida. A falta de padronização de procedimentos e de critérios para a avaliação da qualidade faz com que as empresas empreguem padrões próprios, fundamentadas em observações empíricas, onde são investigados: densidade, altura e diâmetro mínimo de colo, de acordo com as dimensões dos recipientes utilizados (SILVA, 2003).

Na avaliação da qualidade de uma muda, existe uma alternativa a ser estudada, denominada de Índice de Qualidade de Dickson - IQD (DICKSON et al., 1960), que informa o padrão de qualidade de mudas, sendo considerada eficiente e recomendada por diversos autores. No entanto, para a obtenção dessa informação sobre a qualidade, existe a necessidade de proceder a métodos destrutivos da muda, onde, muitas vezes, torna-se inviável para muitas empresas florestais, pela demanda de custo e tempo.

Porém, em casa de vegetação, visando somente o estudo do IQD, é possível analisar seu comportamento e relacioná-lo às variáveis ou parâmetros de denominação de qualidade de mudas de fácil medição como altura e diâmetro, dentre outros.

Sendo assim, visando analisar as características do Índice de Qualidade de Dickson (IQD), com mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maid. e *Pinus elliotti* var. *elliotti* Engelm, este trabalho teve como objetivos verificar a relação entre variáveis de crescimento e a interferência que estas exercem sobre o Índice de Qualidade de Dickson, verificar a relação de eficiência deste na indicação da qualidade de mudas e identificar o comportamento das variáveis

de crescimento com o passar do ciclo de mudas em bandejas com competição plena e variada.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden

O gênero *Eucalyptus*, pertencente à família botânica *Myrtaceae*, subfamília *Leptospermoideae* e foi introduzido no Brasil, no início do século XX, como espécie produtora de madeira para lenha e carvão, logo passando a ser usado em estruturas simples, como postes para transmissão de energia e telefonia, além de moirões. Também é uma espécie florestal muito utilizada como fornecedora de matéria-prima para indústrias de celulose e papel, de chapas de partículas e madeira aglomerada e, mais recentemente, para indústrias de MDF e móveis, conforme NAHUZ (1998).

Esta espécie constitui-se de árvores de grande porte (até 55 m), com tronco robusto, copa aberta e casca fibrosa, claro-acinzentada na base do tronco (um a dois metros), mas lisa, esbranquiçada ou acinzentada na parte superior (MARCHIORI, 1997). A espécie ocorre naturalmente na Austrália, entre as latitudes 16 e 33°S, no território de New South Wales. Populações distintas ocorrem na região central e noroeste de Queensland.

O *E. grandis* destaca-se entre as espécies do gênero, pois é uma das espécies mais plantadas do mundo, sendo considerada como uma das madeiras mais versáteis e indicadas para uso múltiplo. De acordo com Rocha (2000), a espécie apresenta boa adaptação em todas as regiões do Brasil, com elevado potencial silvicultural e plantios em larga escala. As árvores apresentam boa forma, fornecendo toras adequadas para produção de serrados e apresenta, ainda, uma massa específica ideal para a produção de móveis (SIMULA e TISSARI, 1998).

Dentre as inúmeras espécies florestais aptas a serem utilizadas nos programas de reflorestamento, o eucalipto, em razão do seu rápido crescimento, boa adaptação ecológica e diversidade de usos, tem sido amplamente cultivado, com a finalidade de obtenção de madeira e subprodutos (BERGER et al., 2002).

## **2.2 *Pinus elliottii* var. *elliottii***

O *P. elliottii* var. *elliottii*, tem como região de ocorrência natural, o estado da Carolina do Sul até o oeste do estado da Lousiana, em uma estreita faixa próxima ao Oceano Atlântico no sudoeste dos Estados Unidos (PAIT et al., 1991).

É espécie heliófila de crescimento rápido, que goza de alta competitividade em relação às gramíneas e arbustos lenhosos, atingindo alturas de 20 a 30 metros (máximo 40 metros), e apresenta um Diâmetro à Altura do Peito (DAP) de 60 a 90 cm. O sistema radicular pode penetrar no solo até uma profundidade maior que cinco metros, segundo Lamprecht (1990).

O consumo da madeira de *P. elliottii* é fortemente concentrado na produção de serrados. Cerca de 80% do total produzido, ou seja, 8,0 milhões de m<sup>3</sup> ao ano são destinados à produção de madeira serrada, utilizada principalmente na indústria moveleira.

## **2.3 Parâmetros de crescimento e qualidade de mudas**

Os parâmetros morfológicos são atributos determinados física ou visualmente, devendo ser ressaltado que algumas pesquisas têm sido realizadas com o intuito de mostrar que os critérios que adotam essas

características são importantes para o sucesso do desempenho das mudas após o plantio em campo (FONSECA, 2000). Parâmetros morfológicos, tais como: altura da parte aérea, o diâmetro do colo, a área foliar, fitomassa seca do sistema radicular e o fitomassa seca da parte aérea, são os mais utilizados na determinação do padrão de qualidade das mudas.

Os problemas relacionados com a produção das mudas, ainda no viveiro, têm sido uma das principais causas da sua mortalidade em campo nos primeiros anos da implantação, podendo representar 15% nos dois primeiros anos e 20% até os sete anos (FREITAS e KLEIN, 1993).

Avaliando parâmetros morfológicos de mudas de *Eucalyptus grandis*, Gomes et al. (2002) concluíram que a adoção da altura e a relação da altura/peso da parte aérea devem ser consideradas, pelo fato de serem parâmetros que apresentaram boa contribuição relativa ao padrão de qualidade de mudas. Indicaram ainda que a adoção da altura para estimar a qualidade das mudas poderá ser utilizada por sua medição ser fácil e não-destrutiva. Quanto menor for a relação altura/peso da parte aérea, mais lignificada estará a muda e maior a sua capacidade de sobrevivência em campo (GOMES et al., 2003). Porém, Fonseca et al., (2002) afirmam que os parâmetros morfológicos e as relações utilizadas para avaliação da qualidade das mudas não devem ser utilizados isoladamente para classificação do padrão da qualidade das mudas, a fim de que não corra o risco de selecionar mudas mais altas, porém fracas, descartando as menores, mas com vigor.

Mudas de baixo padrão de qualidade apresentam menores taxas de incremento  $\text{ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$  (CARNEIRO, 1995). Esse mesmo autor afirma, ainda, que atraso no desenvolvimento implica em redução de ganhos de volume de madeira, assim como uma tendência de apresentar menor uniformidade e pior qualidade de fuste do povoamento. A qualidade das mudas garantirá o sucesso do plantio, assim como um menor índice de mortalidade e, conseqüentemente, de replantio (SILVA et al., 2002). Nesse sentido, basta apenas o fato de que, ocorrendo maior incremento em altura nos dois primeiros anos, seja justificada a utilização de mudas de melhor padrão de qualidade. Nessa condição há uma redução dos custos de implantação do

povoamento com a redução da freqüência dos tratos culturais, como limpeza e, principalmente, o replantio (HOPPE, 2002).

## 2.4 Análise de regressão

Entende-se por regressão linear como um procedimento estatístico para se ajustar um modelo matemático qualquer, onde se envolvem diversas variáveis que se relacionam mutuamente (SCHNEIDER, 1997). Para isso, avalia-se a equação ajustada via aplicação de testes estatísticos, permitindo conseguir uma equação com a melhor precisão possível. A escolha das variáveis para um modelo de regressão deve ser feita a partir da correlação existente entre as mesmas. Assim, a variável dependente é equacionada como função das variáveis correlacionadas, e a precisão das estimativas do modelo depende do grau de associação entre as variáveis (SCHNEIDER, 1997).

Procedimentos matemáticos, como as técnicas de análise de regressão, que podem descrever o crescimento das árvores ao longo do tempo, são ferramentas bastante úteis no estudo do crescimento e da produção. O estudo das curvas de crescimento em altura, para um dado povoamento, originam as curvas de índice de sítio, que são fundamentais para orientar o inventário florestal, a construção de tabelas de produção, estudo de variedades e espécies, estudos de práticas adequadas ao manejo, bem como o planejamento da empresa florestal (TONINI, 2000).

Estudando a influência do sombreamento sobre o crescimento de mudas de algumas essências nativas, Engel e Poggiani (1990) utilizaram a análise de regressão para estudar o crescimento das mudas em função da idade para cada espécie em cada nível de sombra.

Na avaliação de equações para a estimativa da fitomassa aérea de bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) na idade de corte, Baggio et al. (1995) encontraram três modelos de regressão que demonstraram ser adequados para estimar o peso de qualquer fração, sendo elas lenha, galhos e biomassa verde ou da biomassa total.

Na determinação de equações de volume para árvores de *Acacia mangium* Willd, Veiga et al. (2000), testaram sete modelos de equação de regressão para estimativas dos volumes totais de madeira com casca e sem casca e dos volumes comerciais com e sem casca ao diâmetro limite de 4 cm com casca, em função das variáveis DAP com casca e altura total.

Analisando a influência do vermicomposto na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, Schumacher et al. (2001) testaram vários modelos de regressão para a determinação da curva de resposta de crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis*, em função das diferentes doses de vermicomposto.

Na determinação de regimes de desbaste para povoamentos de *Pinus elliottii* E. do Planalto Ocidental no Estado de Santa Catarina, Schneider e Finger (1994) realizaram análises de regressão com base nas variáveis dendrométricas, segundo as relações biológicas entre altura dominante e idade; altura média, altura dominante e fator de área basal; diâmetro da árvore de área basal média com altura dominante e fator de área basal; número de árvores por hectare pela altura dominante e fator de área basal; fator de forma com o diâmetro e a altura.

## 2.5 Índice de qualidade de Dickson

O índice de qualidade de Dickson (IQD) é determinado em função da altura da parte aérea (ALT), do diâmetro do colo (DIAM), fitomassa seca da parte aérea (MSPA) que é dada pela soma da fitomassa seca do coleto (MSC) e a fitomassa seca de folhas (MSF) e do fitomassa seca das raízes (MSR), por meio da fórmula (DICKSON et al., 1960):

$$IQD = \frac{MST(g)}{\frac{ALT(cm)}{DIAM(mm)} + \frac{MSPA(g)}{MSR(g)}}$$

O índice de qualidade de Dickson é mencionado como uma promissora medida morfológica integrada (JOHNSON e CLINE, 1991) e apontado como bom indicador da qualidade de mudas, por considerar para o seu cálculo a robustez e o equilíbrio da distribuição da fitomassa, sendo ponderados vários parâmetros importantes (FONSECA, 2000).

Analisando o índice de qualidade de Dickson (IQD), Hunt (1990) recomendou como sendo bom indicador da qualidade de muda de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco e *Picea abies* L.

Estudando o padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume, produzidas sob diferentes períodos de sombreamento, Fonseca et al. (2002) avaliaram os parâmetros morfológicos das mudas, suas relações e o índice de qualidade de Dickson. As mudas desenvolvidas sob maiores períodos de sombreamento, embora tenham alcançado maiores alturas das partes aéreas e áreas foliares, apresentaram as piores qualidades, com redução do diâmetro do coleto, da fitomassa seca do sistema radicular e do índice de qualidade de Dickson e aumento da relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto e da relação parte aérea/sistema radicular.

No intuito de se verificar a qualidade de mudas de guaco (*Mikania glomerata*) produzidas por estaquia em casca de arroz carbonizada com vermicomposto, segundo Vidal et al. (2006) as mudas alcançaram boa qualidade entre 90 a 100 dias após o transplântio das estacas. Os parâmetros que definiram a qualidade das mudas foram: a fitomassa seca da parte aérea por fitomassa seca do sistema radicular, altura da parte aérea por fitomassa seca da parte aérea, altura da parte aérea por diâmetro da base da estaca e IQD, que apresentaram os valores de 5,85; 4,24; 14,41 e 0,17, respectivamente.

Na avaliação do crescimento e qualidade de mudas de *Anadenanthera macrocarpa* (BENTH.) Brenan, em resposta à saturação por bases do substrato, Bernardino et al. (2005) observaram que, exceto no diâmetro do coleto, a elevação da saturação por bases exerceu influência significativa, com padrão linear sobre os parâmetros morfológicos, suas relações e no índice de qualidade de Dickson para mudas produzidas em substratos à base de Latossolo Distrófico.



Verificando o efeito de diferentes níveis de saturação por bases no desenvolvimento e qualidade de mudas de ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa* Mart. Standley), Cruz et al. (2004) avaliaram altura, o diâmetro do coleto, a massa de matéria seca de raiz, caule e folhas, as relações altura/diâmetro do coleto, altura/massa de matéria seca de parte aérea, massa de matéria seca de parte aérea/ massa de matéria seca de raiz e o índice de qualidade de Dickson (IQD). Através da avaliação dos parâmetros morfológicos e IQD concluíram que mudas de ipê-roxo respondem positivamente à elevação da saturação por bases do substrato, até certo limite. Concluíram também que os atributos morfológicos, bem como as relações entre os mesmos, como indicadores de qualidade de mudas alcançavam os melhores valores quando da elevação da saturação por bases para 50%.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em casa de vegetação com dimensões de 6 x 30 m caracterizada pelo seu piso ser constituído de brita, sua cobertura ser de plástico com as laterais fixas, ou seja, não se abrem. É constituída ainda por sistema de controle de temperatura e umidade. Localiza-se no Centro Tecnológico de Silvicultura (CTS), pertencente ao Departamento de Ciências Florestais, do Centro de Ciências Rurais, da Universidade Federal de Santa Maria.

O trabalho foi realizado com mudas da espécie *Eucalyptus* (*E. grandis* W. Hill ex Maid) e *Pinus* (*P. elliottii* var. *elliottii* – Engelm), semeadas nos dias 22 de março de 2004 e 15 de abril de 2005, respectivamente. Em ambas as espécies, para a confecção das mudas, foram utilizados tubetes de polipropileno, modelo T53/4 com volume de 53 cm<sup>3</sup>, altura 125 mm, furo com diâmetro de doze milímetros, peso dez gramas.

A avaliação para *E. grandis* se deu por um experimento em branco, ou seja, mesmo tratamento para todas as mudas, contendo 448 unidades básicas (UB). Esse total foi dividido em duas bandejas, contendo 224 cada, visando-se, assim, realizar diferentes formas de avaliação para cada uma.

Para *E. grandis*, o substrato-padrão utilizado foi o Plantmax. Já para *P. elliottii*, o substrato utilizado foi turfa, no qual foi realizada a correção de nutrientes com 2,30 g de uréia, conforme tabela 1, aplicada a cada 25 dias, após cada medição das mudas.

Tabela 1 – Características químicas dos substratos usados nos experimentos. Santa Maria, RS. 2007.

Nutriente	Turfa	Plantmax
N (g kg <sup>-1</sup> )	11,34	6,59
P (g kg <sup>-1</sup> )	0,32	1,11
K (g kg <sup>-1</sup> )	0,86	2,94
Ca (g kg <sup>-1</sup> )	16,63	8,72
Mg (g kg <sup>-1</sup> )	2,27	9,48
S (g kg <sup>-1</sup> )	0,23	0,24
B (mg kg <sup>-1</sup> )	20,62	30,31
Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	1,88	5,77
Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	710,5	348,8
Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	18,6	64,1
Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	6,97	15,3
M.O. (%)	2,84	1,65

Fonte: Hoppe e Brun (2004)

Pela interpretação dos dados da tabela 1, com base no manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (ROLAS, 2004), os dados foram adequados conforme recomendação. Os valores de nitrogênio (N) foram transformados para valores percentuais de matéria orgânica, de acordo com o fator:

$$MO \% = (N \text{ (g kg}^{-1}\text{)}/10) * 2,5$$

Onde: MO% = teor de matéria orgânica em percentagem

N = teor de N, em g kg<sup>-1</sup>, valor retirado da tabela

10 = fator de correção de g kg<sup>-1</sup> para percentagem

2,5 = fator de correção de N para MO.

As sementes de *E. grandis* foram cedidas pelo Viveiro Florestal de Santa Maria, procedente do lote EGR 24 da Área de Produção de Sementes (APS) no Horto Florestal da Estância, de propriedade da Riocell-Guaíba/RS, atualmente Aracruz Celulose.

As mudas de *P. elliotii* foram originadas a partir de sementes também cedidas pelo Viveiro Florestal de Santa Maria, procedentes do talhão T31 e

lote CB 14 de uma Área de Produção de Sementes (APS) do Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (Setor de Sementes: Produção, tecnologia e Comercialização de Sementes Florestais), Capão Bonito, SP.

Para *E. grandis*, a sementeira foi feita com o auxílio de um semeador manual, sendo semeadas de três a quatro sementes por tubete. As mudas em excesso foram retiradas no dia onde houve 100% de emergência, deixando-se uma muda por tubete. Procedeu-se sementeira manual direta para *P. elliotii*, sendo duas a três sementes em cada tubete, visando garantir pelo menos uma planta por recipiente. Também se realizou a retirada do excesso de mudas do tubete no dia onde houve 100% de emergência, ou seja, aproximadamente 20 dias após a sementeira, deixando-se uma muda por tubete.

Para ambas as espécies, a irrigação do experimento foi realizada por uma barra de irrigação, composta por aspersores do tipo micro aspersão, com uma vazão de quatro mm/dia, a qual era acionada por um timer no início da manhã, às 07h00min e a última às 18h00min, onde este tempo era dividido em cinco vezes (cinco vezes a barra fazia o trajeto de ida e volta).

A coleta dos dados para *E. grandis* foram aos 60, 75, 90, 105 e 120 dias, após a emergência das mudas, ou seja, quando em 100% dos tubetes houve emergência. O dia da emergência foi aproximadamente sete dias após a sementeira. Para *P. elliotii* as coletas dos dados foram realizadas aos 25, 50, 75, 100, 125, 150, 175 dias após emergência das mudas (DAE). Para essa espécie, também foi realizado um experimento em branco, constituído de duas bandejas, com 233 mudas por bandeja, totalizando 466 plantas avaliadas.

Durante o período de permanência das mudas em viveiro procedeu-se um controle de doenças com o fungicida de contato oxicloreto de cobre (Recop), mantendo-se, assim, a qualidade do experimento. A aplicação desse produto se deu a cada 15 dias, para ambas as espécies.

Em cada época de coleta de dados de *E. grandis* analisou-se, para 224 mudas (bandeja 1), o diâmetro do coleto (DIAM, em mm), altura da parte aérea (ALT, em cm), o número de folhas (NF), a fitomassa seca de folhas (MSF, em grama planta<sup>-1</sup>), do colo (MSC, grama planta<sup>-1</sup>), do sistema radicular (MSR, grama planta<sup>-1</sup>); a fitomassa seca da parte aérea (MSPA, grama planta<sup>-1</sup>),

obtida pela soma da MSF e MSC; a fitomassa seca total (MST), obtida pela soma do MSPA e MSR; a relação da parte aérea/sistema radicular (RPAR), obtida da relação entre MSPA e MSR; e a relação da altura da parte aérea/diâmetro do coleto (RAD), obtida da relação entre ALT e DIAM e índice de qualidade de Dickson (IQD). Para essa bandeja, após cada coleta dos dados que se deu a cada 15 dias, selecionou-se, de forma aleatória, 32 mudas do total de 224. Procedeu-se o rearranjo das mudas remanescentes, com o intuito de verificar a interferência que as mudas sofreriam, disponibilizando de maior luminosidade e aeração. Para a outra bandeja, contendo 224 mudas (bandeja 2), analisou-se o diâmetro do coleto (DIAM), a altura da parte aérea (ALT) e o número de folhas (NF).

As mudas foram ordenadas por numeração, sendo que as bandejas estavam no sentido Sul-Norte. As coletas de dados se davam de maneira em que as mudas eram consideradas ordenadamente pelas filas perpendiculares a Sul-Norte, iniciando-se sempre a medição da direita para a esquerda como está representado na figura 1.

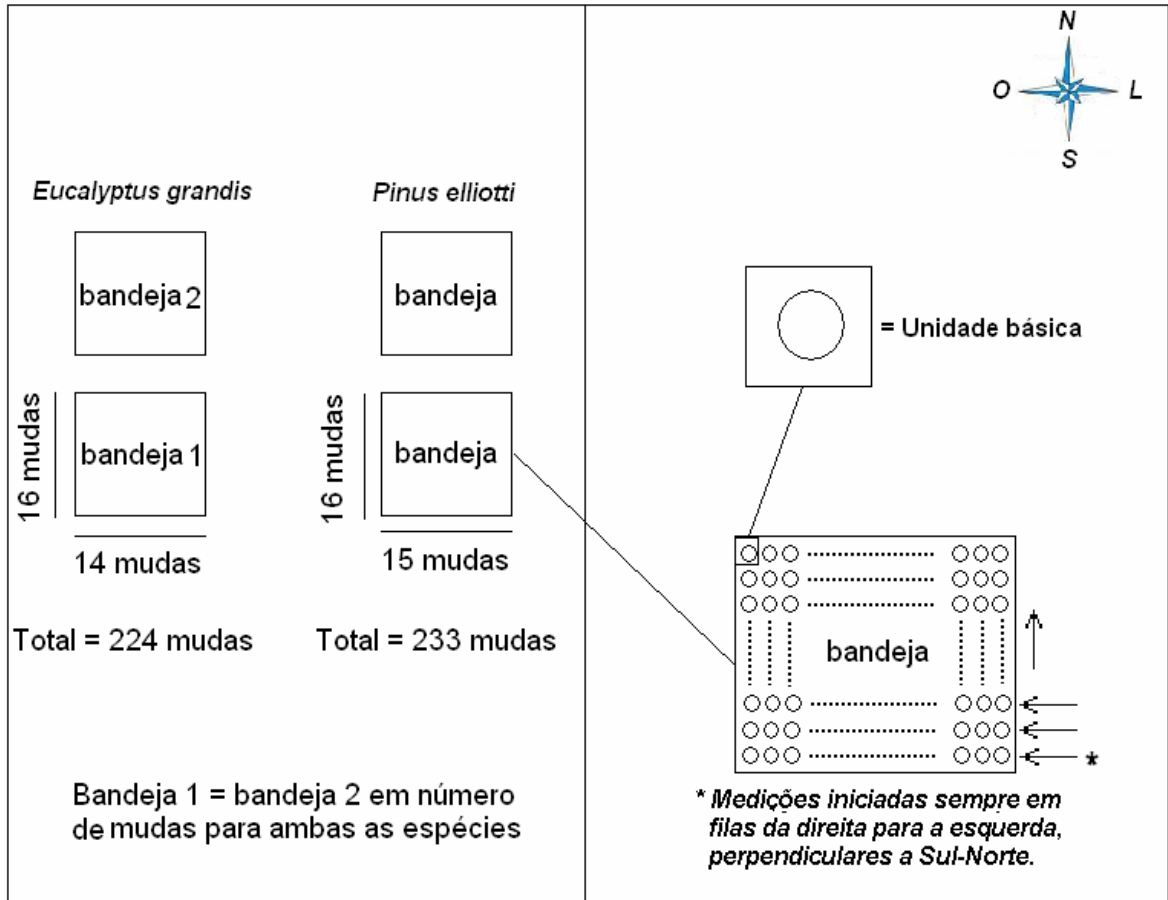


Figura 1 – Croqui representando a forma de disposição das bandejas com mudas de *Eucalyptus grandis* e *Pinus elliottii* dentro da casa de vegetação. Santa Maria, RS, 2007.

A altura da parte aérea foi avaliada com auxílio de uma régua, graduada em centímetros, até o ápice do coleto e o diâmetro do coleto foi medido com paquímetro digital, graduado em milímetros, analisado ao nível da borda do tubete, conforme figura 2. Na determinação da fitomassa seca de todos os componentes da muda houve separação destes com o auxílio de uma tesoura. No caso do sistema radicular, este foi lavado com o auxílio de uma peneira de 0,75 mm e 0,210 mm de malha em água, evitando-se não desestruturar a raiz e não perder material de estudo. Todos os componentes foram colocados separadamente em sacos de papel doze x oito cm, e secos em estufa com temperatura variável de 75 a 80 °C, por 72 horas.

Todo o processo descrito para a coleta de dados de *E. grandis* foi aplicado da mesma forma para *P. elliottii*. Porém, o número de mudas por bandeja foi de 233. A coleta dos dados se deu a cada 25 dias e, na bandeja

onde houve sorteio de mudas para obtenção das fitomassas secas, retirou-se 24 mudas em cada análise.

Ao se trabalhar com duas bandejas para cada espécie, procurou-se comparar os efeitos das competições plena e variada, verificando, dessa forma, os melhores ajustes de modelos matemáticos, pressupondo em que condições as mudas apresentariam o melhor desenvolvimento.



Figura 2 – Aspecto da obtenção do diâmetro (DIAM) em muda de *Eucalyptus grandis* e de altura para *Pinus elliottii*. Santa Maria, RS, 2007.

Na análise estatística dos dados utilizou-se o método de análise de regressão linear múltipla para testar o Índice de Qualidade de Dickson como variável dependente em função de diferentes combinações possíveis de variáveis independentes, no caso os parâmetros morfológicos: altura da parte aérea (ALT, em cm), o diâmetro do coleto (DIAM, em mm), a fitomassa seca de folhas (MSF, em grama planta<sup>-1</sup>), do coleto (MSC, grama planta<sup>-1</sup>), do sistema radicular (MSR, grama planta<sup>-1</sup>), bem como os dias após a emergência (DAE) para as mudas de *E. grandis* e *P. elliottii*. Já para *E. grandis* utilizou como variável dependente também o número de folhas. Para essa análise utilizou-se somente os parâmetros morfológicos da bandeja onde se obteve a fitomassa seca dos diferentes componentes da muda, pois o IQD necessitava das massas para sua obtenção.

Avaliou-se, ainda, por regressão linear simples, o comportamento do IQD como variável dependente em função da ALT, DIAM e, para *E. grandis* também o número de folhas como variáveis independentes, visando-se, dessa forma, testar o comportamento do IQD, desconsiderando as massas dos diferentes componentes da muda e verificar o grau de explicação dessas variáveis sobre IQD. Para essa análise, o critério de seleção dos melhores modelos matemáticos foi feito com base nos resultados onde se obteve em ordem de prioridade: maior coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj}$ ), menor coeficiente de variação (CV%) e desvio padrão da equação ( $S_{yx}$ ).

Como o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) é crescente à medida que se acrescenta uma nova variável ao modelo matemático, utilizou-se o coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj}$ ) que é ajustado para o número de coeficientes da equação. Esses coeficientes são obtidos pelas seguintes expressões:

$$R^2 = \frac{\sum \left( \hat{Y}_i - \bar{Y} \right)^2}{\sum \left( Y_i - \bar{Y} \right)^2}$$

$$R^2_{AJ} = R^2 - \left[ \frac{k-1}{n-k} \right] \times (1 - R^2)$$

Onde:

$\hat{Y}_i$  = Estimativa da variável dependente;

$Y_i$  = Variável dependente observada;

$\bar{Y}$  = Média da variável dependente;

$k$  = Número de variáveis independentes da equação;

$n$  = Número de observações.



O outro parâmetro utilizado para a seleção do modelo matemático foi o erro padrão da equação ( $S_{yx}$ ), medindo-se, assim, a dispersão entre os valores observados e estimados pela regressão. No presente caso, foi analisado em porcentagem, pois, segundo Schneider (1997), é uma alternativa para comparação de equações com variáveis dependentes de diferentes unidades:

$$S_{yx} \% = \frac{S_{yx}}{\gamma} \times 100$$

$\hat{Y}_i$  = Estimativa da variável dependente;

$Y_i$  = Variável dependente observada;

$n$  = Número de observações;

$k$  = Número de variáveis independentes da equação;

$\gamma$  = Média aritmética da variável dependente.

O coeficiente de variação, outro critério adotado, é dado pela fórmula:

$$CV \% = \frac{100 \times S_{yx}}{\hat{m}}$$

Onde:

$s$  = desvio padrão;

$\hat{m}$  = média estimada.

Foi realizada a análise de correlação de Pearson para, posteriormente, os coeficiente de correlação ( $r$ ) serem desdobrados em efeitos diretos e indiretos, via aplicação da análise de trilha, permitindo o estudo dos efeitos de várias variáveis independentes sobre uma variável básica (VENCOVSKY e BARRIGA, 1992; CRUZ, 2001). Esta análise verificou as relações diretas e indiretas entre variáveis, podendo seu uso identificar o grau de relação entre variáveis e fornecendo condições de melhor planejamento e condução do experimento, podendo também ser aplicada como método de identificação das

variáveis menos explicativas do comportamento da variável dependente principal e, assim, eliminá-la do estudo (Lúcio, 1999).

Os dados foram analisados estatisticamente com o uso do pacote estatístico SAS (SAS INSTITUTE, 1993), SAEG 9.0 e *software* Microsoft Excel. Para os casos foi adotado 5% probabilidade de erro.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados apresentados na tabela 2 mostram a tendência crescente do IQD ao longo do período de análise das mudas em viveiro para ambas as espécies. Porém, para *Eucalyptus grandis* o IQD se apresentou com um aumento em seu valor de maneira homogênea entre os períodos de avaliação. Até os 120 dias após emergência (DAE) o valor do IQD não havia se estabilizado, não sendo possível, por meio deste, uma definição do melhor momento para retirada das mudas do viveiro. Nesse sentido, em um estudo sobre parâmetros morfológicos na avaliação de qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*, Gomes et al (2002) afirmou que aos 60 dias as mudas ainda estão pequenas e bastante tenras, não se adequando para o plantio no campo. Aos 120 dias após a semeadura há restrição ao crescimento da altura e das raízes das mudas. Por fim, aos 90 dias, as mudas estavam com crescimento adequado para o plantio. Estes aspectos, apresentados pelos autores, foram semelhantes aos observados no presente estudo. Pode-se considerar que o período de aproximadamente 90 dias é propício para o plantio.

Para *Pinus elliottii* o comportamento do IQD se mostrou um pouco diferente, pois após 150 DAE o índice apresentou uma tendência a estabilização, possivelmente pelo fato de se iniciar uma restrição ao crescimento radicular dentro do tubete e, conseqüentemente, prejudicando o crescimento em altura da muda. Nesse sentido, pode-se sugerir que a partir de 150 DAE as mudas podem ser retiradas do viveiro e submetidas ao plantio em campo.

Tabela 2 – Valores do Índice de qualidade de Dickson (IQD) para *Eucalyptus grandis* e *Pinus elliottii*, avaliados em diferentes dias após a emergência. Santa Maria – RS, 2007.

Período de avaliação (DAE)	<i>Eucalyptus grandis</i> (IQD)	Período de avaliação (DAE)	<i>Pinus elliottii</i> (IQD)
60	0,01	25	0,01
75	0,02	50	0,02
90	0,03	75	0,07
105	0,04	100	0,11
120	0,05	125	0,16
-	-	150	0,22
-	-	175	0,25

Os resultados apresentados na tabela 3 mostram que todos os coeficientes de correlação, entre as variáveis estudadas, apresentaram-se como significativos. Para alguns destes coeficientes já eram esperados os resultados, como por exemplo, as relações entre altura e diâmetro, dias após emergências (DAE) e as demais variáveis e as relações entre as fitomassas.

No entanto, a variável altura (ALT), apesar de significativa para *E. grandis*, apresentou um índice de correlação relativamente baixo quando relacionado com NF e DAE. Essa afirmação provavelmente pode ser explicada pela competição entre mudas na bandeja, o que tendencia um desenvolvimento irregular destas. A variável altura para *Pinus* mostrou um coeficiente de correlação maior, ou seja, uma maior relação entre as variáveis na estimativa e padronização no crescimento quando conflitado com o comportamento de *E. grandis*.

A variável número de folhas, somente para *E. grandis*, foi a que apresentou as menores estimativas do coeficiente de correlação, mesmo sendo significativos, mostrando que é arriscado utilizar esta variável como um indicador da qualidade de mudas. É importante ressaltar ainda que a avaliação do número de folhas demanda muito tempo, tornando a análise inviável.

Pela análise de correlação de Pearson, a fitomassa seca de raiz se mostrou altamente relacionado com IQD, DAE, diâmetro (DIAM), fitomassa seca total (MST), fitomassa seca de coleto (MSC) e fitomassa seca de folhas (MSF) em ambas as espécies, concordando com Hermann (1964), na sua afirmativa onde o peso de matéria seca das raízes tem sido reconhecido como um dos melhores e mais importantes parâmetros para a sobrevivência e

estabelecimento das mudas em campo. Em mudas de *Pseudotsuga menziesii*, a sobrevivência foi consideravelmente maior quanto mais abundante foi o sistema radicular, independentemente da altura da parte aérea (Hermann, 1964).

Tabela 3 – Coeficiente de correlação de Pearson entre as variáveis índice de qualidade de Dickson (IQD), dias após a emergência (DAE), altura em cm (ALT), diâmetro do coleto, em mm, (DIAM), número de folhas (NF), fitomassa seca do coleto, em g, (MSC), fitomassa seca de folha, em g, (MSF), fitomassa seca de raiz, em g, (MSR) e massa seca total, em g, (MST), em mudas de *Eucaliptus grandis* e *Pinus elliottii*. Santa Maria – RS, 2007.

		<b>Espécies florestais</b>	
		<i>Eucaliptus grandis</i>	<i>Pinus elliottii</i>
IQD x	DAE	0,7958	0,8455
	ALT	0,6557	0,7072
	DIAM	0,8780	0,8497
	NF	0,3902	---
	MSC	0,8818	0,8279
	MSF	0,8862	0,8674
	MSR	0,9677	0,9934
	MST	0,9461	0,9357
DAE x	ALT	0,5162	0,8002
	DIAM	0,7726	0,8846
	NF	0,1824	---
	MSC	0,6975	0,8378
	MSF	0,5880	0,8382
	MSR	0,8135	0,8650
	MST	0,6939	0,8727
ALT x	DIAM	0,7176	0,7674
	NF	0,4703	---
	MSC	0,8112	0,7830
	MSF	0,7346	0,8140
	MSR	0,7111	0,7509
	MST	0,7741	0,8100
DIAM x	NF	0,2946	---
	MSC	0,8033	0,8943
	MSF	0,7372	0,8522
	MSR	0,8382	0,8722
	MST	0,8084	0,8896
NF x	MSC	0,5643	---
	MSF	0,5811	---
	MSR	0,3569	---
	MST	0,5432	---
MSC x	MSF	0,9010	0,9001
	MSR	0,8740	0,8674
	MST	0,9508	0,9259
MSF x	MSR	0,8247	0,9149
	MST	0,9789	0,9848
MSR x	MST	0,9167	0,9681

\* todos os coeficientes de correlação foram significativos em 5% de probabilidade de erro, pelo teste t.

Assim como no presente estudo, José et al. (2005), pesquisando a produção de mudas de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi) para recuperação de áreas degradadas pela mineração de bauxita, verificaram que o potencial de crescimento radicular apresentou correlação significativa com outras variáveis, no entanto, foi com o diâmetro do coleto a sua resposta mais evidente. O diâmetro do coleto foi a característica que mais se correlacionou com as outras variáveis, como também afirmam Carneiro (1985), Rowan (1985), Mexal e Landis (1990), Brisset et al. (1991), Johnson e Cline (1991). Somente quando relacionado com IQD, a fitomassa seca de raiz (MSR) obteve um índice de correlação maior do que o diâmetro com IQD, tanto para *E. grandis* como para *P. elliottii*.

Deve ser dada importância ao sistema radicular de mudas, em adição ao estudo dos seus parâmetros morfológicos, para assegurar melhor desempenho no campo. Na realidade, as raízes estão intimamente associadas às atividades de natureza fisiológica das mudas, no complexo ambiente-solo-água-plantas (CARNEIRO, 1995).

A produção de matéria seca tem sido considerada 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 destruição completa da muda e a utilização de estufas (AZEVEDO, 2003).

Os pesos das partes radicular e aérea representam um critério eficiente para a determinação da qualidade de mudas (LIMSTRON, 1963). Ao se determinar o peso de matéria fresca e seca das mudas como parâmetro de qualidade, deve-se considerar: a) determinação de pesos de matéria fresca e seca da parte aérea; b) determinação de pesos de matéria fresca e seca das raízes; c) determinação de pesos de matéria fresca e seca total e d) determinação da percentagem de raízes (CARNEIRO, 1995). Segundo Gomes e Paiva (2004), o peso de matéria seca da parte aérea indica a rusticidade e correlaciona-se diretamente com a sobrevivência e desempenho inicial das mudas após o plantio em campo.

A relação do peso de matéria seca da parte aérea/peso de matéria seca das raízes pode ser considerada um índice eficiente e seguro para avaliar a

qualidade de mudas (PARVIAINEM, 1981), positivamente verificada essa relação pela tabela 3, quando analisado o coeficiente de Correlação de Pearson da fitomassa seca de coleto (MSC) e fitomassa seca de folhas (MSF), com a fitomassa seca de raiz (MSR).

No entanto, em uma pesquisa com mudas de raiz nua de *Pinus taeda*, em diferentes espaçamentos, Carneiro (1985) calculou o percentual de redução a peso seco de raízes destas. O autor sugeriu que a análise deste percentual possa simular condições de campo, caso venha a ocorrer período de estiagem após o plantio. Para a validação da análise, indica que esta esteja associada a estudos fisiológicos ou a outros parâmetros morfológicos, pois, na obtenção de resultados, verificou deficiência do estudo de qualidade de mudas, quando baseadas exclusivamente em peso seco. Onde houve os tratamentos com maiores espaçamentos, ocorreu maiores valores de pesos verdes radiciais, porém apresentaram, após a secagem, menores percentuais de raízes. A partir desse estudo, como o autor mesmo sugeriu, há necessidade de associação do estudo com parâmetros fisiológicos ou a outros morfológicos, onde estes podem ser sugeridos: a altura, o diâmetro e o número de folhas.

Pela correlação de Pearson, o diâmetro mostrou-se bastante conexo com todos os parâmetros, juntamente com a massa seca de raiz para *E. grandis* e *P. elliotii*, sendo nesta espécie ainda mais relacionado. Aliás, o porte do sistema radicular influencia diretamente a muda, pois quanto maior sua área de captação de nutrientes, positivamente será seu comportamento de desenvolvimento. Nesse sentido, o diâmetro, juntamente com a massa seca de raiz, pode se apresentar como dentre as principais características que definem qualidade de mudas, pois com o aumento do seu valor houve aumento no volume de raízes. Esse raciocínio justifica-se por Daniel et al. (1997), que analisando aplicação de fósforo em mudas de *Acacia mangium*, afirmaram que o parâmetro diâmetro de colo, em geral, é o mais observado para indicar a capacidade de sobrevivência da muda em campo, e para auxiliar na definição das doses de fertilizantes a serem aplicadas na produção de mudas.

Os coeficientes que apresentaram importância significativa foram os do índice de qualidade de Dickson (IQD) com as outras variáveis avaliadas,

mostrando uma grande e significativa relação daquele com a altura, diâmetro e dias após a emergência, o que representa um importante resultado, uma vez que a avaliação destas variáveis não é de caráter destrutivo. Estudando a qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume, Fonseca (2000) afirma que o índice de qualidade de Dickson é altamente correlacionado com todos os parâmetros morfológicos da planta.

Obviamente, as relações entre IQD e as massas já eram esperadas devido a essas serem utilizadas na fórmula de cálculo daquele, sendo também variáveis com risco no indicativo da qualidade de muda, também devido à característica de perdas das mudas ao avaliar tais variáveis.

Observando-se ainda a tabela 3, verifica-se que houve uma tendência dos coeficientes de correlação sempre serem maiores para *P. elliotii*, comparado ao *E. grandis*, mostrando uma maior relação entre os parâmetros morfológicos, implicando em maior homogeneidade no comportamento de crescimento daquele, merecendo destaque nessa afirmação o DAE e o DIAM.

Para melhor estudar o grau de relação entre as variáveis foram estimados os efeitos diretos e indiretos de todas as variáveis tendo com variável dependente principal o IQD (Tabela 4). Inicialmente comprovou-se que o grau de multicolinearidade foi classificado como fraco, apesar das correlações significativas apresentadas, permitindo a utilização de todas as variáveis no estudo. Os resultados apresentaram um alto grau de relação, devido aos valores elevados dos coeficientes de determinação obtidos em ambas as espécies.

Independente da espécie avaliada, a massa seca de raiz (MSR), seguido da massa seca de folha (MSF) foram as que apresentaram maiores efeitos diretos e, nas demais variáveis, os maiores efeitos indiretos, afetando as estimativas dos efeitos diretos com o IQD. Este comportamento mostra que essas variáveis são as que realmente indicam a qualidade das mudas, sendo as principais variáveis a serem estudadas. Como para avaliá-las há necessidade de destruição das mudas, a relação destas com a altura e diâmetro são de extrema importância, devendo estas ser encaradas como indicadores das estimativas daquelas.



Tabela 4 – Estimativas dos efeitos direto e indireto e do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) obtidas pela análise de trilha, entre as variáveis índice de qualidade de Dickson (IQD), dias após a emergência (DAE), altura em cm (ALT), diâmetro do coleto, em mm, (DIAM), número de folhas (NF), massa seca do coleto, em g, (MSC), massa seca de folha, em g, (MSF), massa seca de raiz, em g, (MSR) e massa seca total, em g, (MST), em mudas de *Eucalyptus grandis* e *Pinus elliottii*. Santa Maria – RS, 2007.

----- <i>Eucalyptus grandis</i> -----									
Efeito		DAE	ALT	DIAM	NF	MSC	MSF	MSR	MST
Direto		-	-	0,2688	-	0,0625	0,6250	0,7812	-
		0,0059	0,2346		0,0038				0,5000
Indireto via	DAE	---	-	-	-	-	-	-	-
			0,0030	0,0046	0,0011	0,0041	0,0035	0,0048	0,0041
Indireto via	ALT	-	---	-	-	-	-	-	-
		0,1211		0,1683	0,1103	0,1903	0,1723	0,1668	0,1816
Indireto via	DIAM	0,2077	0,1929	---	0,0792	0,2159	0,1982	0,2253	0,2173
Indireto via	NF	-	-	-	---	-	-	-	-
		0,0007	0,0018	0,0011		0,0021	0,0022	0,0013	0,0020
Indireto via	MSC	0,0436	0,0507	0,0502	0,0353	---	0,0563	0,0546	0,0594
Indireto via	MSF	0,3675	0,4591	0,4607	0,3631	0,5631	---	0,5154	0,6118
Indireto via	MSR	0,6355	0,5556	0,6549	0,2788	0,6828	0,6443	---	0,7162
Indireto via	MST	-	-	-	-	-	-	-	---
		0,3469	0,3870	0,4042	0,2716	0,4754	0,4895	0,4584	
$R^2$					0,9679				
----- <i>Pinus elliottii</i> -----									
Efeito		DAE	ALT	DIAM	MSC	MSF	MSR	MST	
Direto		0,0062	-0,0169	0,0065	-0,1250	-0,5000	1,0000	0,5000	
Indireto via	DAE	---	0,0049	0,0054	0,0052	0,0052	0,0053	0,0054	
Indireto via	ALT	-0,0135	---	-0,0130	-0,0132	-0,0138	-	-	
							0,0127	0,0137	
Indireto via	DIAM	0,0057	0,0050	---	0,0058	0,0055	0,0056	0,0058	
Indireto via	MSC	-0,1047	-0,0979	-0,1118	---	-0,1125	-	-	
							0,1084	0,1157	
Indireto via	MSF	-0,4191	-0,4070	-0,4261	-0,4501	---	-	-	
							0,4575	0,4924	
Indireto via	MSR	0,8650	0,7509	0,8722	0,8674	0,9149	---	0,9681	
Indireto via	MST	0,4363	0,4050	0,4448	0,4629	0,4924	0,4840	---	
$R^2$					0,9228				

Essa afirmação pode ser comprovada com os resultados apresentados nas tabelas 5 e 6, onde as equações com maiores pontuações, indicando melhores estimativas, foram aquelas que tiveram como variáveis

independentes a altura e o diâmetro do coleto (equações 6, 1, 5 e 2 para *E. grandis* e 3, 2, 7 e 5 para *P. elliotii*). Dentre estas equações pode-se destacar a importância da variável diâmetro do coleto, como sendo a de melhor utilização para indicar o grau de qualidade de mudas. Também os dias após a emergência (DAE) foi outra variável muito presente nas equações de melhor desempenho, mostrando que possui comportamento já esperado, que ao passar do ciclo da muda, há um aumento nas demais variáveis estudadas e, por conseqüência, da qualidade da muda.

Na tabela 5, estudando o *E. grandis*, é possível visualizar que o modelo 2 aparece em quarto lugar no critério de pontuação com 30 pontos, onde nele ocorre as variáveis independentes DAE e DIAM, apresentando um valor de  $R^2_{aj}$  0,8025, muito próximo ao do modelo 6, que é o melhor pontuado, com  $R^2_{aj}$  0,8248. No entanto, no modelo 6 está incluída a variável NF. Verifica-se que os modelos sugeridos como segundo e terceiro melhores pontuados, ou seja, os de número 1 e 5, respectivamente, são providos ainda da variável altura (ALT). Nesse sentido, torna-se interessante a escolha do modelo 2, que dentre os 4 primeiros colocados é o de mais fácil obtenção e com valores  $R^2_{aj}$ , CV% e Syx muito próximos do melhor pontuado.

Já o modelo 11, onde DAE explica individualmente IQD, não é indicado, pois este aparece como penúltimo pontuado, reforçando-se a idéia de que DAE é positivamente aceito juntamente com DIAM como variável independente para explicar IQD.

Há necessidade ainda de se salientar que o comportamento da altura como variável independente isoladamente explicando IQD, modelo este de número 12, apresentou-se como o pior pontuado dentre os 13 existentes. Desta forma incorre em risco usá-lo individualmente para explicar IQD.

De certa maneira, esse resultado tem relação com o que Gomes & Paiva (2004) afirmaram relatando que a utilização da altura da parte aérea de mudas de espécies florestais, como único critério para avaliação do padrão de qualidade, pode apresentar deficiências no julgamento quando se espera alto desempenho dessas, principalmente nos primeiros meses após o plantio.

Mas não se pode desmerecer o fato de que a altura da parte aérea (ALT) é de fácil medição e, portanto, sempre foi utilizada com eficiência para estimar o padrão

de qualidade de mudas nos viveiros (GOMES, 1978), além do que sua medição não acarreta a destruição delas, sendo tecnicamente aceita como uma boa medida do potencial de desempenho das mudas (MEXAL & LANDIS, 1990).

No entanto, como no presente estudo é verificado e Carneiro (1995) já confirmava, a altura da parte aérea combinada com o diâmetro do coleto constitui um dos mais importantes parâmetros morfológicos para estimar o crescimento das mudas após o plantio definitivo no campo contrariando, no entanto, o que Gomes et al (2002), estudando parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*, afirmaram que a adoção somente da altura para estimar a qualidade de mudas poderá ser utilizada, uma vez que ela foi um dos parâmetros que apresentou boa contribuição relativa, além de sua medição ser muito fácil e não ser um método destrutivo.

Tabela 5 – Coeficiente de Variação (CV%), coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj}$ ), Desvio-padrão (Syx) e pontuação máxima obtida pelos modelos de regressão avaliados entre as variáveis índice de qualidade de Dickson (IQD), dias após a emergência (DAE), altura em cm (ALT), diâmetro do coleto, em mm, (DIAM) e número de folhas (NF), em mudas de *Eucalyptus grandis*. Santa Maria – RS. 2007.

Modelo	CV%	$R^2_{aj}$	Syx	Critério			Pontuação
				CV%	$R^2_{aj}$	Syx	
1	23,68	0,8237	0,00735	12	12	12	36
2	25,06	0,8025	0,00778	10	10	10	30
3	30,30	0,7114	0,00941	4	4	5	13
4	31,33	0,6914	0,00973	3	3	4	10
5	24,96	0,8041	0,00775	11	11	11	33
6	23,61	0,8248	0,00733	13	13	13	39
7	29,40	0,7283	0,00913	5	5	6	16
8	27,09	0,7693	0,03766	6	6	1	13
9	26,02	0,7871	0,00808	9	9	9	27
10	26,08	0,7860	0,00810	8	8	8	24
11	34,26	0,6309	0,01064	2	2	3	7
12	42,71	0,4263	0,01326	1	1	2	4
13	27,08	0,7694	0,00840	7	7	7	21

Modelo:

1)  $IQD = -0,0410 + 0,00025*dae + 0,00034*diam - 0,000094*alt + 0,00044*nf$

2)  $IQD = -0,0388 + 0,00024*dae + 0,37435*diam$

- 3) IQD =  $-0,0395 + 0,00051*dae + 0,00341*alt$
- 4) IQD =  $-0,0333 + 0,000617*dae + 0,000689*nf$
- 5) IQD =  $-0,0404 + 0,000246*dae + 0,33969*diam + 0,000782*alt$
- 6) IQD =  $-0,0412 + 0,000255*dae + 0,33953*diam + 0,000433*nf$
- 7) IQD =  $-0,0400 + 0,000523*dae + 0,00261*alt + 0,00042*nf$
- 8) IQD =  $-0,0349 + 0,48164*diam + 0,000542*alt$
- 9) IQD =  $-0,0357 + 0,47910*diam + 0,000392*nf$
- 10) IQD =  $-0,0353 + 0,48934*diam - 0,000288*alt + 0,00041*nf$
- 11) IQD =  $-0,0279 + 0,00065*dae$
- 12) IQD =  $-0,0168 + 0,0067*alt$
- 13) IQD =  $-0,0339 + 0,5034*diam$

Na tabela 6, com *P. elliotii*, é possível visualizar que o modelo que obteve a melhor pontuação foi com as variáveis independentes DAE e DIAM, modelo este o número 3, sendo este o modelo considerado dentre um dos de mais fácil obtenção. Conforme Gomes e Paiva (2004), o diâmetro de colo é facilmente mensurável, sendo considerado por muitos pesquisadores como um dos mais importantes parâmetros para estimar a sobrevivência de mudas de espécies florestais no campo. De acordo com estes autores, o padrão de qualidade de mudas de várias espécies florestais, prontas para o plantio, possui alta correlação com esse parâmetro e isso pode ser observado nos significativos aumentos das taxas de sobrevivência e do crescimento das plantas em campo. O segundo melhor colocado surge com a adição da altura, concordando com Gomes et al, (2002), sugerindo que o diâmetro de colo tomado isoladamente ou combinado com a altura, foi uma das melhores características morfológicas para predizer a qualidade das mudas de espécies florestais.

Deve-se ressaltar que o diâmetro aparece ainda como variável independente nos quatro modelos melhores pontuados, sendo este, assim como para *E. grandis*, de grande importância, desconsiderando as massas. Tomando-se isoladamente o DAE para explicar o IQD, modelo este de número 4, não há confiabilidade, pois obteve a segunda pior pontuação. Analisando ainda o modelo 1 (Tabela 6), percebe-se que a altura não é confiável para explicar o IQD, pois este aparece como pior pontuado, igualmente como aconteceu para *E. grandis*. Esses resultados, a respeito do diâmetro e da altura, reforçam a teoria de Limintron (1963), que afirma que aquele é uma

característica mais apropriada que esta para avaliação da qualidade das mudas.

Tabela 6 – Coeficiente de Variação (CV%), coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj}$ ), Desvio padrão da equação (Syx) e pontuação máxima obtida pelos modelos de regressão avaliados entre as variáveis índice de qualidade de Dickson (IQD), dias após a emergência (DAE), altura em cm (ALT) e diâmetro do colo, em mm, (DIAM), em mudas de *Pinus elliottii*. Santa Maria – RS. 2007.

Modelo	CV%	$R^2_{aj}$	Syx	Critério			Pontuação
				CV%	$R^2_{aj}$	Syx	
1	59,50	0,4971	0,07201	1	1	1	3
2	41,26	0,7582	0,04995	6	6	6	18
3	41,13	0,7597	0,04980	7	7	7	21
4	44,93	0,7132	0,05440	2	2	2	6
5	44,37	0,7204	0,05372	4	4	4	12
6	44,86	0,7175	0,05431	3	3	3	9
7	43,91	0,7261	0,05316	5	5	5	15

Modelo:

- 1)  $IQD = -0,1475 + 0,0282 * alt$
- 2)  $IQD = -0,126 + 0,00086519 * dae + 0,00108 * diam + 0,000320 * alt$
- 3)  $IQD = -0,125 + 0,000874 * dae + 0,00109 * diam$
- 4)  $IQD = -0,050 + 0,00171 * dae$
- 5)  $IQD = -0,167 + 0,00198 * diam$
- 6)  $IQD = -0,069 + 0,00157 * dae + 0,00340 * alt$
- 7)  $IQD = -0,183 + 0,00174 * diam + 0,00535 * alt$

Ao se trabalhar no sentido de comparar os efeitos das competições plena e variada (Tabelas 7 e 8), pode-se verificar que os melhores ajustes, com maiores confiabilidades em virtude de maiores coeficientes de determinação, foram obtidos com a competição variada, independente da espécie florestal. Em relação à variabilidade apresentada na estimativa do desvio-padrão da equação (Syx), os comportamentos das variáveis diâmetro do coleto e altura da parte aérea foram de maneira que, onde para diâmetro os menores valores foram obtidos com competição variada, exceto no *P. elliottii*. Para altura, os menores valores de Syx foram com a competição variada, em ambas as espécies estudadas. Esse comportamento pode ser explicado em virtude de, em competição variada, haver maiores espaços entre as mudas, com o passar do ciclo desta, dando condições de melhor aproveitamento de espaço e luminosidade, quando comparado com a competição plena, para

todas as mudas, o que favorece um aumento em diâmetro mais homogêneo das mesmas, podendo assim reduzir a variabilidade existente.

Tabela 7 – Modelos de regressão linear simples e seus respectivos coeficientes de determinação ( $r^2$ ) e desvio-padrão da equação (Syx) obtidos entre as variáveis dias após a emergência (DAE), altura em cm (ALT), diâmetro do coleto, em mm, (DIAM) e número de folhas (NF), em mudas de *Eucalyptus grandis* submetidas a níveis de competição plena e variada com o passar do ciclo. Santa Maria – RS. 2007.

	Competição plena	Competição variada
<b>NF x DAE</b>		
Equação	NF = 13,30 + 0,01DAE	NF = 7,32 + 0,06DAE
$r^2$	0,0046	0,0388
Syx	5,76	6,05
<b>DIAM x DAE</b>		
Equação	DIAM = 35,23 + 1,05DAE	DIAM = 22,00 + 1,17DAE
$r^2$	0,4716	0,5879
Syx	23,55	19,97
<b>ALT x DAE</b>		
Equação	ALT = 2,82 + 0,05DAE	ALT = 2,65 + 0,05DAE
$r^2$	0,2310	0,3029
Syx	1,90	1,49

Tabela 8 – Modelos de regressão linear simples e seus respectivos coeficientes de determinação ( $r^2$ ) e desvio-padrão da equação (Syx) obtidos entre as variáveis dias após a emergência (DAE), altura em cm (ALT) e diâmetro do colo, em mm, (DIAM), em mudas de *Pinus elliottii* submetidas a níveis de competição plena e variada com o passar do ciclo. Santa Maria – RS. 2007.

	Competição plena	Competição variada
<b>DIAM x DAE</b>		
Equação	DIAM = 78,02 + 0,69DAE	DIAM = 70,23 + 0,75DAE
$r^2$	0,7662	0,7736
Syx	19,11	19,35
<b>ALT x DAE</b>		
Equação	ALT = 5,53 + 0,456DAE	ALT = 4,78 + 0,049DAE
$r^2$	0,2009	0,6408
Syx	3,93	1,39

Já para a variável altura, com a competição plena, as mudas, competindo em um mesmo grau durante o ciclo, tenderam a apresentar um crescimento irregular, na busca de melhor aproveitamento da luz e esse comportamento ocasiona uma distinção entre mudas, onde as mais vigorosas

se sobressaem, apresentando assim um comportamento heterogêneo, quando comparado com a competição variada, onde com maiores espaços entre as mudas foi diminuída a competição gradativamente com o tempo, mostrando, dessa forma, uma maior homogeneidade entre as mudas nessa variável, comportamento esse verificado tanto para *E. grandis* como para *P. elliottii*.

Esse raciocínio é confirmado, observando que no estudo da altura, para ambas as espécies, em competição plena, menor foi o  $r^2$  e maior Sxy comparado com a competição variada, notando-se maior variabilidade e desvio no crescimento, pois o ajuste da equação foi baixo. É importante verificar o Sxy, pois a competição diferenciada que foi induzida interferiu diretamente nesse desvio.

Essa condição é verificada semelhantemente em campo por Carneiro (1987) onde, estudando a influência de recipientes e de estações de semeadura sobre o comportamento do sistema radicular e dos parâmetros morfológicos de mudas de *P. taeda* e *P. elliottii*, verificou que as alturas da parte aérea de *Pinus taeda* apresentaram tendências para valores decrescentes, à medida que a densidade de plantio diminuía, concordando com o princípio universalmente aceito de que em densidades mais elevadas, o crescimento em altura é maior, provocado pela competição entre as plantas à procura de luz, sendo esse comportamento observado aos cinco meses após o plantio.

Apesar da redução no número de mudas no decorrer do tempo, a condição de competição variada de mudas na bandeja quase se equivale às mudas com competição plena, mostrando que a altura é um fator não tão influente na competição entre mudas, ao menos até 120 dias após a emergência destas.

É importante observar que o coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj}$ ) mostrou-se baixo para as bandejas com competição plena e variada de mudas. Em ambos os casos, os dados se apresentaram semelhantemente baixos, confirmando que somente a altura analisada isolada dos outros parâmetros não se mostra muito eficaz (Tabelas 7 e 8).

Estudando a seleção fenotípica precoce de mudas de *Pinus elliottii*, Shimizu (1980) sugeriu que a seleção de mudas no viveiro, por meio da altura e a rigidez do caule, constitui um importante passo na formação de populações produtivas dessa espécie para a região Sul do Brasil. Mudas com maiores alturas, apresentam balanço desfavorável entre as partes radicial e aérea, tendo menor probabilidade de sobrevivência no campo após o plantio (GURTH, 1976). Também em um estudo sobre o crescimento inicial de *Pinus radiata*, Pawsey (1972) encontrou que maiores alturas de mudas corresponderam, no campo, a uma maior taxa de sobrevivência. No entanto, a altura da muda pode ser facilmente induzida com adubação nitrogenada. Carneiro (1986) já confirmava que a classificação da qualidade das mudas baseada somente na altura raramente dá bons resultados. Muitos viveiristas aplicam adubação nitrogenada em quantidade acima do necessário, visando maior crescimento em altura. Esse mesmo autor ainda cita que essa medida proporciona conseqüências negativas na sobrevivência ao plantio, devido ao enfraquecimento do estado fisiológico das mudas.

A relação entre o diâmetro do coleto e dos dias após a emergência (DAE) foram mais bem evidenciados com as estimativas das equações lineares para as espécies estudadas (Tabelas 7 e 8), onde quando comparadas com as demais equações tendo como variáveis dependentes a altura e o número de folhas (para o eucalipto) as equações relacionando o diâmetro com os DAE foram as que apresentaram melhores ajustes, devido maiores coeficientes de determinação, indicando que, para verificar o grau de qualidade de mudas, a variável diâmetro do coleto é uma variável com avaliação não destrutiva que melhor expressa essa característica. A interpretação desta deve ser realizada de tal forma onde quanto maior o diâmetro, maior será a massa seca da parte aérea e maior será o índice de qualidade de Dickson, indicando melhor grau de qualidade das mudas.

Estes resultados permitem inferir que o diâmetro do coleto é, dentre as variáveis de mais fácil obtenção, a mais promissora para indicar a qualidade das mudas e, ainda segundo Schmidt-Wogt (1984), possui estreita correlação não somente com a sobrevivência, mas, sobretudo, com o ritmo de crescimento das mudas após o plantio.



No estudo da relação do número de folhas com dias após emergência (DAE), verificou-se que essa praticamente não existe, pois o  $r^2$  das equações foi próximo à zero. A variabilidade foi alta e o coeficiente de variação próximo a 50%, tanto para as mudas com competição plena como para as com competição variada. Sendo assim, o número de folhas não é uma boa relação de se estudar isoladamente com regressão linear simples.

Como a variável eleita para indicar o grau de qualidade de muda foi o diâmetro do coleto com competição plena, ou seja, sem a retirada de mudas da bandeja durante o seu crescimento e desenvolvimento, é a condição propícia para produção, tanto para *E. grandis* quanto para *P. elliottii*.

## CONCLUSÃO

A fitomassa seca de raiz, foi a variável mais relacionada com o IQD, porém não é viável sua obtenção por ser necessária a destruição da muda.

O diâmetro do colo foi a variável mais propícia para indicar qualidade de muda, baseado no seu maior grau de relação com Índice de Qualidade de Dickson (IQD) dentre as variáveis, sendo um resultado positivo pela facilidade de sua obtenção, enquanto que o número de folhas se apresentou como a pior variável para indicar qualidade de mudas.

A variável altura só se apresentou eficiente para indicar qualidade de mudas quando analisada juntamente com o diâmetro.

O IQD foi eficiente para indicar qualidade de mudas, pois se apresentou bastante relacionado com as variáveis estudadas para *E. grandis* e *P. elliottii*.

A variável diâmetro do colo foi a que apresentou maior relação com os dias após emergência, quando comparada com a altura da muda, tanto em bandejas com mudas em competição plena quanto em variada, para ambas as espécies estudadas.

No cultivo de mudas em viveiro é sugerido o uso de competição plena devido a sua maior facilidade de manejo e seu comportamento de desenvolvimento ter se apresentado semelhante ao cultivo em competição variada de mudas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZEVEDO, M.I.R. **Qualidade de mudas de cedro-rosa (*Cedrela fissilis* Vell.) e de ipê-amarelo (*Tabebuia serratifolia* (Vahl) Nich.) produzidas em diferentes substratos e tubetes**. 2003. 90f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2003.

BAGGIO, A.J.; CARPANEZZI, A.A.; SANMIGUEL, A.A. Equações para a estimativa de peso da biomassa aérea de bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) na idade de corte. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, PR: Embrapa Florestas, n. 30/31, p. 37-49, jan./dez. 1995.

BERGER, R. et al. Efeito do espaçamento e da adubação no crescimento de um clone de *Eucalyptus saligna* Smith. **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v. 12, n. 2, p. 75-87, 2002.

BERNARDINO, D.C.S. de et al.; Crescimento e qualidade de mudas de *Anadenanthera macrocarpa* (BENTH.) BRENNAN em resposta à saturação por bases do substrato. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 29, n. 6, p. 863-870, 2005.

BRISSET, J.C.; BARNETT, J.P.; LANDIS, T.D. Container seedlings. In: DURYEA, M.L.; DOUGHERTY, P.M. (eds.). **Forest regeneration manual**. Netherlands: Klumer Academic, 1991. p. 117-142.

CARNEIRO, J.G. de A. **Efeito da densidade sobre o desenvolvimento de alguns parâmetros morfofisiológicos de mudas de *Pinus taeda* L. em viveiro e após o plantio**. Curitiba: Setor de Ciências Agrárias/Universidade Federal do Paraná, 1985. 106f.

\_\_\_\_\_. **Influência do sítio sobre o desenvolvimento dos parâmetros morfológicos indicadores da qualidade de mudas**. Curitiba: Departamento de Silvicultura e Manejo/Universidade Federal do Paraná. 1986. 58p.

\_\_\_\_\_. **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. 81 p.

\_\_\_\_\_. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1995. p. 41-65.

CRUZ, C.D. **Programa GENES, versão Windows**: aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2001. 648p.

CRUZ, C.A F.E. et al. Efeito de diferentes níveis de saturação por bases no desenvolvimento e qualidade de mudas de ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa* (Mart.) Standley). **Scientia Forestalis**, n. 66, p. 100-107, dez. 2004.

DANIEL, O.; VITORINO, A.C.T.; ALOISI, A.A.; MAZZOCHIN, L.; TOKURA, A.M.; PINHEIRO, E.R.; SOUZA, E.F. Aplicação de fósforo em mudas de *Acacia mangium*. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 21, n. 2, p. 163-168, 1997.

DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forestry Chronicle**, v. 36, p. 10-13, 1960.

DURYEA, M. L. Evaluating seedling quality importance to reforestation. In: DURYEA, M. L. **Evaluating seedling quality principles, procedures, and predictive abilities of major tests**. Covallis: Forest Research Laboratory Oregon State University, 1985. p. 1-6.

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

FONSECA, E.P. **Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume, *Cedrela fissilis* Veli. e *Aspidosperma polyneuron* Müll Arg. produzidas sob diferentes períodos de sombreamento**. 2000. 113 f. Tese (Doutorado). Universidade Estadual Paulista, Jabotical, 2000.

FONSECA, E.P. et al. Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume, produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 26, n. 4, p. 515-523, 2002.

FREITAS, A.J.P.; KLEIN, J.E.M. Aspectos técnicos e econômicos da mortalidade de mudas no campo. In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO (1.:1993: Curitiba); CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO (7.: 1993: Curitiba). **Anais...** p. 736. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1993.

GOMES, J.M. et al. Influência do tratamento prévio do solo com brometo de metila no crescimento de mudas de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* em viveiro. **Brasil Florestal**, v. 9, n. 35, p. 18-23, 1978.

\_\_\_\_\_. Efeito de diferentes substratos na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, em "Win-Strip". **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 15, n. 1, p. 35-42, 1991.

\_\_\_\_\_. Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 26, n. 6, p. 655-664, 2002.

\_\_\_\_\_. Crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes tamanhos de tubetes e fertilização N-P-K. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, 27: 113-127. 2003.

GOMES, J.M.; PAIVA, H.N. **Viveiros florestais** – propagação sexuada. 3. ed. Viçosa: UFV, 2004. 116 p.

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

GÜRTH, P. Forstpflanzen und Kulturesfolg-eine literaturübersich (Ergäntzung 1970-1975). Allg. **Forst- v. Jagdztg, Frankfurt**, v.140, p. 240-246, 1976.

HERMANN, R.K. Importance of top-root ratios for survival of Douglas-fir seedlings. **Tree Planters' Notes**, 64:7-11. 1964.

HOPPE, J.M. et al. Efeito de diferentes alturas de mudas no crescimento de *Pinus elliottii* Engelm, no município de Cachoeira do Sul/RS. In: 2º CICLO DE ATUALIZAÇÃO FLORESTAL DO CONESUL: A FLORESTA E O MEIO AMBIENTE, 2002, Santa Maria. **Anais...** p. 502-507. Santa Maria, RS: UFSM, 2002.

HOPPE, J. M; BRUN, E. J. Produção de Sementes e Mudas Florestais. **Caderno didático**, Santa Maria 2004, 125p.

HUNT, G.A. Effect of styroblock design and cooper treatment on morphology of conifer seedlings. In: TARGET SEEDLINGS SYMPOSIUM, MEETING OF THE WESTERN FOREST NURSERY ASSOCIATIONS, Roseburg, 1990. **Proceedings...** p. 218-222. Fort Collins: United States Department of Agriculture, Forest Service, 1990. (RM-GTR-200).

JOHNSON, J.D.; CLINE, M.L. Seedling quality of southern pines. In: DURYEY, M.L.; DOUGHERTY, P.M. (eds.). **Forest regeneration manual**. Netherlands: Klumer Academic, 1991. p. 143-162.

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

LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos**: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas - possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado. Rossdorf: TZ-Verl.-Ges, 1990. 343 p.

LIMSTRON, G. A. Forest planting practice in the Central States. **Agriculture Handbook**, Washington, D.C., n. 247, p. 1-69, 1963.

LÚCIO, A.D. **Erro experimental relacionado às características dos ensaios nacionais de competição de cultivares**. 1999. 73f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias Campus de Jaboticabal, Jaboticabal, SP, 1999.

MARCHIORI, J.N.C.; SOBRAL, M. **Dendrologia das angiospermas: myrtales**. Santa Maria: UFSM, 1997. 304 p.

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...** p. 17-35. Fort. Collins: United States Department of Agriculture, Forest Service, 1990.

NAHUZ, M.A. **Informações técnicas**. São Paulo, SP: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT, 1998.

PAIT, J.A.; FLINCHUM, D.M; LANTZ, C.W. Species variation, allocation, and tree improvement. In: **Forest Regeneration Manual**. London: Kluwer Academic Publishers, 1991. p. 207-231.

PAIVA, H.N.; GOMES, J.M. **Viveiros florestais**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. 1993. 56 p.

PARVIANEM, J.V. Qualidade e avaliação de mudas florestais. In: SEMINÁRIO DE SEMENTES E VIVEIROS FLORESTAIS, 1, 1981, Curitiba. **Anais...** Curitiba: FUPEF, p. 59-90, 1981.

PAWSEY, C.K. Survival and early development of *Pinus radiata* as influenced by size of planting stock. **Australian Forestry Research**, 5:13-24. 1972.

ROCHA, M.P. **Eucalyptus grandis Hill ex Maiden e Eucalyptus dunii Maiden como fontes de matéria-prima para serrarias**. 2000. 186f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal)-Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

R.O.L.A.S. **Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/Comissão de Química e de Fertilidade do Solo, 2004. 400p.

SANTOS, A.F. dos. et al. Cultivo do eucalipto - Importância socioeconômica e ambiental. **Sistemas de Produção 4**, Colombo, PR: Embrapa Florestas ago./2003.

SAS. Institute – Statistical Analysis System: **Programa de computador, ambiente VM**. Cary, 1993 .versão 6.08.

SCHMIDT-VOGT, H. Morpho-physiological quality of forest tree seedlings: the present international status of research. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE MÉTODOS DE PRODUÇÃO E CONTROLE DE QUALIDADE DE SEMENTES E MUDAS FLORESTAIS. Curitiba, 1984, **Anais...** p. 366-378. Curitiba: UFPR/FUPEF, 1984.

SCHNEIDER, P.R.; FINGER, C.A.G. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 4, n. 1, p. 43-59, 1994.

SCHNEIDER, P.R. **Análise de regressão aplicada à Engenharia Florestal**. Santa Maria: UFSM, CEPEF, 1997. 217P.

SHIMIZU, J. Y. Seleção fenotípica de *Pinus elliottii* Engeln var *elliottii* no viveiro e seus efeitos no crescimento. **Boletim de Pesquisa Florestal**, EMBRAPA/URPFCS, n.1, p.19-27, 1980.

SCHUMACHER, M.V. et al. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 11, n. 2, p. 121-130, 2001.

SILVA, R.F.; ANTONIOLLI, Z.I.; ANDREAZZA, R. Efeito da inoculação com fungos ectomicorrízicos na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden em solo arenoso. **Ciência Florestal**, v. 13, n. 1, p. 33-42, 2002.

SILVA, M.R. da. **Efeito do manejo hídrico e da aplicação de potássio na qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis* W. (Hill ex. Maiden)**. 2003. 110p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, SP, 2003.

SIMULA, M.T.; TISSARI, J.T. Market Prospects for Eucalyptus Solid Wood Products in the European Commun Market. In: 1º SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUTOS SÓLIDOS DE MADEIRA DE ALTA TECNOLOGIA e 1º ENCONTRO SOBRE TECNOLOGIAS APROPRIADAS DE DESDOBRO, SECAGEM E UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO. Belo Horizonte, **Anais...** p. 29-48, 7 a 11 de dezembro de 1998.

SBS. Sociedade Brasileira de Silvicultura. **Estatísticas sobre o setor florestal brasileiro**. Disponível em: <<http://www.sbs.org.br/secure/estatisticas.htm>>. Acesso em: 08 set. 2002.

\_\_\_\_\_. Notícias. 2003. **SBS Dia a Dia**. Disponível em:<<http://www.sbs.org.br/>> Acesso em: 12 dez. 2003.

TONINI, H. **Crescimento em altura de *Pinus elliottii* ENGELM., em três unidades de mapeamento de solo, nas regiões da serra do sudeste e litoral, no Estado do Rio Grande do Sul**. Santa Maria, RS – Brasil 2000. 129p.

VEIGA, R.A. de A.; CARVALHO, C.M. de.; BRASIL, M.A.M. Determinação de equações de volume para árvores de *Acacia mangium* Willd. **Cerne**, v. 6, n. 1, p. 103-107, Botucatu, SP: Departamento de Recursos Naturais/UNESP, 2000.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. Genética biométrica no fitomelhoramento. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, 1992. 496p.

VIDAL, L.H.I. et al. Qualidade de mudas de guaco produzidas por estaquia em casca de arroz carbonizada com vermicomposto. **Horticultura Brasileira**, 24: 26-30. 2006.