

ROGÉRIO LUIZ DA SILVA

INFLUÊNCIA DO TAMANHO DA PARCELA EXPERIMENTAL EM TESTES  
CLONAIS DE EUCALIPTO

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

VIÇOSA  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2001

ROGÉRIO LUIZ DA SILVA

INFLUÊNCIA DO TAMANHO DA PARCELA EXPERIMENTAL EM TESTES  
CLONAIS DE EUCALIPTO

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

APROVADA: 24 de abril de 2001.

---

Prof. Helio Garcia Leite  
(Conselheiro)

---

Prof. Ismael Eleotério Pires  
(Conselheiro)

---

Prof. Cosme Damião Cruz

---

Prof. Haroldo Nogueira de Paiva

Prof. Aloisio Xavier  
(Orientador)

A Deus.

Ao meu falecido pai Jesu Gomes da Silva.

À minha mãe Ledroneta Silva.

Ao povo brasileiro.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pela vida.

Ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade de participar do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, de valor extraordinário para a minha formação científica.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro.

À International Paper do Brasil Ltda., em especial aos engenheiros Fábio Brun e Eduardo Campinhos, pelo apoio e pela viabilização desta pesquisa.

Ao engenheiro Laércio Duda e aos demais funcionários da Inpacel Agroflorestal Ltda., pelo apoio e pela compreensão da importância deste trabalho.

Ao professor Aloisio Xavier, pela orientação efetiva, pelos conselhos, pelos ensinamentos e, principalmente, pela confiança em mim depositada.

Aos professores Helio Garcia e Ismael Eleotério, pelas contribuições e pelo incentivo.

Aos professores Cosme Damião e Haroldo Nogueira, pela disponibilidade e pelas sugestões.

Aos meus colegas de pós-graduação, especialmente a José Humberto e Lúcio Mauro, pela amizade e pelo companheirismo de sempre.

Aos companheiros do Grupo Silvicultura Clonal (GSC), pela possibilidade de pertencer a essa equipe.

À minha família e a todos aqueles que contribuíram para o sucesso deste trabalho.

## **BIOGRAFIA**

ROGÉRIO LUIZ DA SILVA, filho de Jesu Gomes da Silva e de Ledroneta da Silva, nasceu em 1º de setembro de 1974, em Senhora de Oliveira, no Estado de Minas Gerais.

Em março de 1994, ingressou no Curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, MG, graduando-se em março de 1999.

Em abril de 1999, iniciou o Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, em nível de mestrado, na UFRV, submetendo-se à defesa de tese em abril de 2001.

Em janeiro de 2001, foi contratado pela INPACEL AGROFLORESTAL LTDA., do Grupo INTERNATIONAL PAPER.

## ÍNDICE

	Página
LISTA DE QUADROS .....	vii
LISTA DE FIGURAS .....	ix
RESUMO .....	ix
ABSTRACT .....	xiii
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. RREVISÃO DE LITERATURA .....	4
2.1. Teste clonal .....	4
2.2. Fontes de variação na avaliação clonal .....	6
2.2.1. Competição .....	7
2.2.2. Espaçamento .....	8
2.2.3. Idade de avaliação .....	9
2.2.4. Local .....	10
2.2.5. Outros .....	11
2.3. Determinação do tamanho de parcelas experimentais .....	13
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	16
3.1. Material experimental .....	16
3.1.1. Caracterização dos testes clonais .....	16
3.1.2. Caracterização ambiental .....	18
3.2. Metodologia .....	18

3.2.1. Definição das unidades experimentais .....	18
	Página
3.2.2. Avaliações .....	19
3.2.3. Análises estatísticas .....	21
3.2.4. Determinação do tamanho da parcela experimental .....	23
3.2.4.1. Método da máxima curvatura modificado .....	23
3.2.4.2. Método da correlação intraclasse .....	24
3.2.4.3. Análise visual .....	24
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	25
4.1. Influência da idade no tamanho da parcela experimental .....	25
4.1.1. Coeficiente de variação experimental .....	25
4.1.2. Coeficiente de variação fenotípica .....	29
4.1.3. Produtividade .....	32
4.2. Influência do espaçamento no tamanho da parcela experimental .....	35
4.2.1. Coeficiente de variação experimental .....	35
4.2.2. Coeficiente de variação fenotípica .....	38
4.2.3. Produtividade .....	40
4.3. Influência do local no tamanho da parcela experimental .....	41
4.3.1. Coeficiente de variação experimental .....	41
4.3.2. Coeficiente de variação fenotípica .....	42
4.3.3. Produtividade .....	44
4.4. Determinação do tamanho da parcela experimental .....	46
4.4.1. Método da máxima curvatura modificado .....	46
4.4.2. Método da correlação intraclasse .....	49
4.4.3. Análise visual .....	51
4.4.4. Análise crítica .....	53
4.5. Considerações gerais .....	55
5. RESUMO E CONCLUSÕES .....	58
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	61

## LISTA DE QUADROS

	Página
1. Caracterização dos 4 testes clonais de <i>Eucalyptus</i> spp. utilizados no presente estudo, quanto ao número de clones, espécie de <i>Eucalyptus</i> , data e local de instalação, espaçamento de plantio e respectivas idades de avaliação .....	17
2. Características ambientais dos locais de implantação dos testes clonais utilizados no presente estudo .....	18
3. Esquema de análise de variância resultante do modelo $Y_{ijk} = m + c_i + b_j + e_{ij} + d_{ijk}$ .....	21
4. Equações ajustadas para estimativa de volume ( $V_{ha}$ ) em relação às idades de avaliação, nas diferentes parcelas analisadas, considerando-se os 27 clones e os 5 clones superiores de <i>Eucalyptus</i> spp .....	35
5. Resumo das comparações entre médias do volume por hectare ( $m^3/ha$ ), obtidas nas diferentes unidades experimentais (parcelas) estabelecidas nos espaçamentos 3 x 2; 3 x 2,5; e 3 x 3 m, de 14 clones de <i>Eucalyptus</i> avaliados aos 6 anos de idade .....	40
6. Resumo das comparações entre médias do volume por hectare ( $m^3/ha$ ) de 5 clones de <i>Eucalyptus</i> , avaliados aos 4 anos de idade, obtidas nas diferentes unidades experimentais (parcelas), estabelecidas no espaçamentos 3 x 2,5 m, em Latossolo Vermelho-	

Amarelo (LVA) e Areia Quartzosa (AQ) .....	46
--	----

Página

7. Estimativa do tamanho da parcela experimental ( $X_c$ ), pelo método da máxima curvatura modificado, em árvores úteis, referente às características altura total, dap e volume individual, analisadas nos diferentes testes clonais de <i>Eucalyptus</i> spp .....	48
8. Estimativa do número ótimo de árvores na parcela ( $K$ ), pelo método da correlação intraclasses, referente às características crescimento em altura, dap e volume individual, considerando-se parcelas quadradas de 9 plantas úteis com bordadura em diferentes testes clonais de <i>Eucalyptus</i> spp .....	50
9. Estimativas do número de árvores úteis na parcela a partir da análise visual de altura total ( $H_t$ ), dap e volume individual ( $V_i$ ), analisadas nos diferentes testes clonais de <i>Eucalyptus</i> spp .....	52

## LISTA DE FIGURAS

	Página
1. Unidades experimentais (UE) utilizadas na análise dos testes clonais de <i>Eucalyptus</i> , obtidas de simulações realizadas dentro de parcelas e de 25 plantas úteis, em que “Ø” representa árvore não-analisada e “O” representa árvore analisada. UE 1 = unidade experimental formada por 2 plantas, UE 2 = unidade experimental formada por 3 plantas, UE 3 = unidade experimental formada por 4 plantas, UE 4 = unidade experimental formada por 5 plantas, UE 5 = unidade experimental formada por 9 plantas, UE 6 = unidade experimental formada por 10 plantas, UE 7 = unidade experimental formada por 15 plantas, UE 8 = unidade experimental formada por 20 plantas e UE 9 = unidade experimental formada por 25 plantas .	20
2. Coeficiente de variação experimental ( $CV_{exp.}$ ), referente a altura total ( $Ht$ ), diâmetro à altura do peito ( $dap$ ) e volume individual ( $V_i$ ), dos 27 clones de <i>Eucalyptus</i> spp., obtidos nos diferentes tamanhos das unidades amostrais (parcela), avaliados nas idades de 3, 4, 5, 6 e 7 anos .....	26
3. Coeficiente de variação experimental ( $CV_{exp.}$ ), referente a altura total ( $Ht$ ), diâmetro à altura do peito ( $dap$ ) e volume individual ( $V_i$ ), dos 5 clones superiores de <i>Eucalyptus</i> spp., obtidos nos diferentes tamanhos das unidades amostrais (parcela), avaliados nas idades de 3, 4, 5, 6 e 7 anos .....	28
4. Coeficiente de variação fenotípica ( $CV_f.$ ), referente a altura total ( $Ht$ ), diâmetro à altura do peito ( $dap$ ) e volume individual ( $V_i$ ), dos 27 clones de <i>Eucalyptus</i> spp., obtidos nos diferentes tamanhos das unidades amostrais (parcela), avaliados nas idades de 3, 4, 5,	

6 e 7 anos .....	30
	Página
5. Coeficiente de variação fenotípica ( $CV_f$ ), referente a altura total ( $Ht$ ), diâmetro à altura do peito ( $dap$ ) e volume individual ( $V_i$ ), dos 5 clones superiores de <i>Eucalyptus</i> spp., obtidos nos diferentes tamanhos das unidades amostrais (parcela), avaliados nas idades de 3, 4, 5, 6 e 7 anos .....	31
6. Volume por hectare ( $m^3$ ) em função do tamanho das unidades amostrais (parcelas) dos 27 clones de <i>Eucalyptus</i> spp., em diferentes idades de avaliação .....	33
7. Volume por hectare ( $m^3$ ) em função do tamanho das unidades amostrais (parcelas) dos 5 clones superiores de <i>Eucalyptus</i> spp., em diferentes idades de avaliação .....	33
8. Coeficiente de variação experimental ( $CV_{exp.}$ ), referente a altura total ( $Ht$ ), diâmetro à altura do peito ( $dap$ ) e volume individual ( $V_i$ ), obtidos nos diferentes tamanhos das unidades amostrais (parcela), instaladas em 3 espaçamentos diferentes (3 x 2; 3 x 2,5; e 3 x 3 m), avaliados aos seis anos de idade, no teste clonal constituído de 14 clones de <i>Eucalyptus</i> spp. ....	36
9. Coeficiente de variação fenotípica ( $CV_f$ ), referente a altura total ( $Ht$ ), diâmetro à altura do peito ( $dap$ ) e volume individual ( $V_i$ ), obtidos nos diferentes tamanhos das unidades amostrais (parcela), instaladas em 3 espaçamentos diferentes (3 x 2; 3 x 2,5; e 3 x 3 m), avaliados aos seis anos de idade, no teste clonal constituído de 14 clones de <i>Eucalyptus</i> spp. ....	39
10. Coeficiente de variação experimental ( $CV_{exp.}$ ), referente a altura total ( $Ht$ ), diâmetro à altura do peito ( $dap$ ) e volume individual ( $V_i$ ) de 5 clones de <i>Eucalyptus</i> spp., avaliados aos 4 anos de idade, obtidos nos diferentes tamanhos das unidades amostrais (parcela) instaladas no espaçamento 3 x 2,5 m, em Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA) e Areia Quartzosa (AQ) .....	43
11. Coeficiente de variação fenotípica ( $CV_f$ ), referente a altura total ( $Ht$ ), diâmetro à altura do peito ( $dap$ ) e volume individual ( $V_i$ ) de 5 clones de <i>Eucalyptus</i> spp., avaliados aos 4 anos de idade, obtidos nos diferentes tamanhos das unidades amostrais (parcela) instaladas no espaçamento 3 x 2,5 m, em Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA) e Areia Quartzosa (AQ) .....	45

## RESUMO

SILVA, Rogério Luiz da, M. S., Universidade Federal de Viçosa, abril de 2001. **Influência do tamanho da parcela experimental em testes clonais de eucalipto.** Orientador: Aloisio Xavier. Conselheiros: Helio Garcia Leite e Ismael Eleotério Pires.

A base da silvicultura clonal para o gênero *Eucalyptus* está na utilização de clones de alta produtividade, normalmente identificados nas avaliações dos testes clonais. Em geral, quanto maior o número de clones avaliados por unidade de tempo, maior a possibilidade de sucesso com a seleção. Entretanto, as etapas de avaliação e seleção são as mais caras e demoradas do programa de melhoramento, dificultando a elaboração e a execução de extensos programas de seleção de clones. Assim, o presente trabalho teve como objetivos: a avaliação da influência da idade, do espaçamento e do local sobre o tamanho da parcela experimental em testes clonais, considerando-se os coeficientes de variação experimentais, coeficientes de variação fenotípicos e produtividade em volume; e a determinação do tamanho da parcela experimental, por meio do Método de Máxima Curvatura Modificado, do Coeficiente de Correlação Intraclasse e da Análise Visual. A partir de quatro testes clonais, estabelecidos em área da International Paper do Brasil Ltda., analisaram-se as características altura, *dap* e volume dos quatro testes clonais,

dispostos em delineamento em blocos ao acaso, com quatro repetições e parcela experimental quadrada de 25 plantas (5 x 5). Após a simulação de diferentes tamanhos de parcela: 2, 3, 4, 5, 9, 10, 15, 20 e 25 plantas/parcela, procedeu-se às análises do efeito do tamanho da parcela na produtividade, na precisão experimental e na variação do coeficiente fenotípico. Determinou-se, também, o tamanho da parcela pelos Métodos de Máxima Curvatura Modificado, do Coeficiente de Correlação Intraclasse e da Análise Visual. De forma geral, o tamanho da parcela não alterou a estimativa de produção volumétrica dos clones nas diferentes idades analisadas. No entanto, o coeficiente de variação experimental ( $CV_{exp}$ ) e o coeficiente de variação fenotípico ( $CV_f$ ) apresentaram maiores valores nas idades mais avançadas e com tendência de queda com o aumento do número de plantas na parcela, independentemente da idade. O espaçamento de plantio pode alterar o tamanho da parcela, pois, quanto maior o espaçamento, menores o  $CV_{exp}$  e o  $CV_f$ . O comportamento da parcela foi pouco influenciado pelas avaliações realizadas nos diferentes locais. O tamanho mínimo da parcela experimental indicado pelos Métodos de Máxima Curvatura Modificado e pelo Coeficiente de Correlação Intraclasse variou de 1 a 8,6 plantas/parcela; já na análise visual, variou de 5 a 15 plantas por parcela, nos diferentes testes clonais e nas características analisadas. Com base no presente estudo, pôde-se concluir que, em programas iniciais para seleção de clones, parcela de 5 a 10 plantas indica boa precisão experimental, sendo recomendada, principalmente, em situação com limitações de mudas, teste de grande número de clones e avaliações de cunho preliminar e em idade precoce. No entanto, vale ressaltar que, para um melhor conhecimento do clone para uso comercial, parcelas quadradas maiores e, ou, plantios-piloto são os mais indicados.

## ABSTRACT

SILVA, Rogério Luiz da, M. S., Universidade Federal de Viçosa, April of 2001.  
**Influence of the experimental parcel size in eucalypt clonal tests.**  
Adviser: Aloisio Xavier. Committee members: Helio Garcia Leite and Ismael Eleotério Pires.

The base of clonal forestry for the *Eucalyptus* gender is the use of high production clones, normally identified in clonal test evaluations. In general, the higher the number of evaluated clones per time unit, the greater the possibility of a successful selection. However, the evaluation and selection stages are the most expensive and time-consuming of the enhancement program, creating difficulties for working out and carrying out extensive clone selection programs. Therefore, the present study had the objectives: evaluation of age influence, spacing and site on the experimental parcel size in clonal tests, considering the coefficient of variation experimental, the coefficient of variation phenotype and the volume productivity, as well as the determination of the experimental parcel size, by means of the Maximum Modified Curvation, the Interclass Correlation coefficient and Visual Analysis methods. Based on four clonal tests, established

in the area of International Paper of Brazil Ltda., the characteristics height, diameter at breast height and volume were tested in the four clonal tests, set up in design of random blocks in four repetitions, in experimental square parcels of 25 plants (5x5). After the simulation of different parcel sizes: 2, 3, 4, 5, 10, 15, 20 and 25 plants/parcel, the influence of the parcel size on the productivity, the experimental accuracy and the variation of the phenotype coefficient were tested. The parcel size was also determined by the Maximum Modified Curvation, the Interclass Correlation Coefficient and the Visual Analysis methods. In the main, the parcel size did not influence the volume production estimative of the clones at the different analyzed ages. However, the coefficient of variation experimental ( $CV_{exp}$ ) and the coefficient of variation phenotype ( $CV_{ph}$ ) presented higher values at more advanced ages, with a sinking tendency when the number of plants in the parcel was reduced, independent of the age. The plant spacing can change the parcel size, since the greater the spacing, the lower the  $CV_{exp}$  and  $CV_{ph}$ . The parcel behavior was little influenced by the evaluations performed in the different sites. The minimum size of the experimental parcel indicated by the Maximum Modified Curvation and the Interclass Correlation Coefficient methods ranged from 1 to 8.6 plants per parcel, while for the Visual Analysis it varied from 5 to 15 plants per parcel in the different clone tests and the analyzed characteristics. Based on the present study, the conclusion can be drawn that in initial clone selection programs, parcels of 5 to 10 plants provide good experimental accuracy, especially recommended when there is only a limited number of seedlings available, a high number of test clones and evaluations of preliminary type and at an early age. However, it must be emphasized that in order to obtain more knowledge about a clone for commercial use, larger square parcels and/or, pilot plantings are the most indicated.

## 1. INTRODUÇÃO

Iniciada no Sudeste do Brasil, na década de 70, a clonagem de *Eucalyptus* tinha como objetivo principal a multiplicação massal de indivíduos resistentes ao cancro. Com os resultados obtidos nesse período, foi despertado o interesse pela silvicultura clonal, que, a partir da década de 80, consolidou-se em várias empresas florestais, principalmente no setor de celulose e papel. Esse interesse incentivou o desenvolvimento, resultando na consolidação da técnica de propagação vegetativa, além do aperfeiçoamento e da adaptação das técnicas existentes.

A silvicultura clonal com *Eucalyptus*, por meio da propagação vegetativa de genótipos selecionados, tem permitido o estabelecimento de florestas clonais, proporcionando maior uniformidade, melhor adaptação dos clones aos ambientes de plantio, maior produção de madeira, racionalização das atividades operacionais e redução na idade de corte e nos custos de colheita e transporte. Por essas razões, o emprego da silvicultura clonal vem sendo cada vez mais utilizado, tornando-se estratégica no desenvolvimento da produção florestal (CAMPINHOS e IKUMORI, 1987; FERREIRA, 1992; ZOBEL, 1992; DENISON e KIETZKA, 1993; REZENDE et al., 1994; GOMES, 1996). Apesar das vantagens da silvicultura clonal, existe o risco de se trabalhar com número reduzido de clones e, conseqüentemente, causar o estreitamento da base genética plantada, requerendo, assim, certos cuidados do

melhorista, como a introdução freqüente de material genético novo na população (GOMES, 1996).

Visando maximizar os ganhos possíveis, KIKUTI (1988) e LAMBETH et al. (1994) recomendaram que, em um programa de clonagem em escala comercial, seja imprescindível a instalação de testes clonais, para que se possam selecionar efetivamente os melhores clones. A simples seleção fenotípica das árvores superiores e a sua propagação vegetativa não garantem que o material selecionado propicie os ganhos esperados e a manutenção da superioridade até a fase de colheita (FRAMPTON e FOSTER, 1993).

Segundo ANDRADE et al. (1997), a etapa de avaliação é a mais cara e demorada e, quanto maior o número de clones avaliados por unidade de tempo, maior é a possibilidade de sucesso com a seleção. Além disso, ZOBEL (1992) comentou que o número de clones deve ser compatível com os interesses e a realidade da empresa. No entanto, maior número de clones aumenta a probabilidade de se encontrar um clone ideal que se adapte a uma condição específica, bem como maior segurança contra pragas e doenças. Uma limitação, quando se avalia grande número de clones, tem sido o tamanho das parcelas a serem empregadas, em razão do alto custo de implantação, da baixa disponibilidade do número de mudas, das limitações de área, do aumento da área a ser controlada e das avaliações periódicas.

STORCK e UITDEWILLIGEN (1980), PATINÕ-VALERA (1996), OLIVEIRA e ESTEFANEL (1995), SIMPLÍCIO et al. (1996) e VIANA (1999) salientaram que um problema que ainda existe é quanto à definição do número de indivíduos a ser considerado dentro de cada parcela, à forma e ao número de repetições das parcelas experimentais, visando à redução do erro experimental. Entretanto, para CHAVES (1985), o aspecto de maior relevância a ser considerado na determinação do conjunto de técnicas estatístico-experimentais adequadas a determinado processo de seleção é o tamanho da parcela experimental. Segundo OLIVEIRA e ESTEFANEL (1995), os pesquisadores, muitas vezes, determinam o tamanho da parcela, empiricamente, usando tamanhos práticos, no sentido da condução do experimento, da área disponível ou de sua experiência. Mesmo que a experiência e a capacidade de discernimento do pesquisador possam levar a uma decisão correta sobre esse assunto, métodos objetivos baseados em regras claras e fundamentos teóricos aceitáveis permitem levar à minimização

do erro experimental e à maximização da qualidade e quantidade de informações obtidas num experimento.

Assim, de forma geral, cada empresa florestal adota um tamanho de parcela experimental e um delineamento estatístico, de acordo com suas necessidades e experiência, não existindo padronização dos testes clonais. De fato, os trabalhos sobre o tamanho ótimo de uma parcela para avaliação dos clones em testes clonais têm sido pouco divulgados (ALVARO, 1984; ANDRADE et al., 1997). Com base nesses argumentos, idealizou-se o presente estudo, com os seguintes objetivos:

1. Avaliar a influência da idade, do espaçamento e do local sobre o tamanho da parcela experimental em testes clonais, considerando-se os coeficientes de variação experimental, os coeficientes de variação fenotípica e a produtividade em volume.
2. Determinar o tamanho da parcela experimental para testes clonais, por meio do Método de Máxima Curvatura Modificado, do Coeficiente de Correlação Intraclasse e da Análise Visual.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Teste clonal

Teste clonal consiste no estabelecimento de experimentos, visando à confirmação/comparação de propágulos vegetativos (clones) de árvores selecionadas em condições de campo, em delineamento definido e em locais representativos (FERREIRA, 1980; FLAMPTON e FOSTER, 1993).

Segundo FLAMPTON e FOSTER (1993), os testes clonais objetivam, dentre outros, comparar tipos de propágulos, avaliar o desempenho clonal, conhecer as interações “clone x ambiente”, estimar os parâmetros genéticos, estimar o efeito “C” (efeito-clonagem) e demonstrar a "performance" da futura floresta clonal a ser formada. Entretanto, esses autores afirmaram que os testes clonais são importantes, mas não necessariamente indicam, com exatidão, a "performance" esperada da árvore selecionada, sendo esta discrepância devida, em parte, aos problemas associados com a propagação vegetativa e, em parte, ao grau de variação ambiental no local onde é realizado o teste.

Segundo DENISON e KIETZKA (1993), entre as várias estratégias adotadas na avaliação de clones de *Eucalyptus*, têm-se adotado duas etapas de seleção. A etapa inicial ocorre com grande número de clones, em que se adotam parcelas pequenas e em vários locais, com a seleção acontecendo aos três anos, com base em características silviculturais e tecnológicas. Na segunda etapa, os clones selecionados na etapa inicial são avaliados em experimentos maiores (escala-piloto), visando avaliar a "performance" representativa em plantio comercial.

No melhoramento de plantas, são comuns os experimentos com um número elevado de tratamentos e a escassez de material básico e espaço físico, tornando inviável a utilização de delineamentos apropriados. Na maioria das vezes, opta-se por blocos ao acaso, com grande número de pequenas parcelas e poucas repetições, afetando, naturalmente, o conceito de homogeneidade dentro dos blocos, assim como o erro entre parcelas (VIVALDI, 1990; VIANA, 1999). Embora essas pequenas parcelas sejam necessárias e usualmente empregadas, principalmente na avaliação de grande número de clones, elas podem não proporcionar informação adequada da produtividade (VIVALDI, 1990).

Os procedimentos experimentais adotados no melhoramento de plantas têm por objetivo avaliar materiais genéticos em diferentes fases do programa. Tal avaliação deve permitir a coleta de dados de produtividade e qualidade com a máxima precisão e a custo mínimo. Entretanto, para que resultados experimentais apresentem interesse científico, é essencial que estes sejam reproduzíveis, ou seja, a precisão de um experimento está relacionada, portanto, com a capacidade que este tem de levar a resultados que possam ser reproduzidos com segurança (CHAVES, 1985).

Segundo STEEL e TORRIE (1980), o erro experimental é a medida da variação que existe entre as observações nas unidades experimentais que receberam o mesmo tratamento. A variação pode vir do próprio material que origina os tratamentos ou resultar de alguma falha na condução do experimento. Assim, como no teste clonal em que se utiliza o mesmo genótipo, as variações fenotípicas são atribuídas à interação dos clones com os fatores bióticos e abióticos. Segundo VALLEJO e MENDOZA (1992), é comum na maioria dos trabalhos de determinação do tamanho da parcela levar em consideração o erro experimental, que pode ser reduzido com o incremento do tamanho da parcela.

Segundo CHAVES (1985), muitos autores têm mostrado a existência de relação inversa entre o tamanho da parcela e o erro experimental. Dessa forma, aumento no tamanho da parcela leva à diminuição da variação entre parcelas. No entanto, tal diminuição não é proporcional ao aumento do tamanho da parcela, e pouco ganho em precisão é obtido com o incremento no tamanho de unidades experimentais já suficientemente grandes. OLIVEIRA e ESTEFANEL (1995) relataram que, na maioria dos experimentos, existe correlação negativa entre o tamanho da parcela e o número de repetições, ou seja, parcelas menores com número maior de repetições são mais eficientes do que um número pequeno de repetições usando parcelas grandes.

STEEL e TORRIE (1980) afirmaram que, no planejamento de ensaios, o tamanho das parcelas, a forma e o número de repetições são alguns dos principais problemas que se apresentam freqüentemente ao pesquisador. Assim, a determinação

dessas variáveis é de suma importância para a minimização do erro experimental, decorrente da heterogeneidade das parcelas, e para a maximização das informações obtidas num experimento.

Na determinação do tamanho ótimo da parcela, além da precisão estatística, outros fatores importantes devem ser considerados, como: número de tratamentos, número de repetições, uso de bordadura, tipo da cultura, nível de tecnologia empregado e disponibilidade dos recursos financeiros (VALLEJO e MENDOZA, 1992; VIANA, 1999). Assim, segundo OLIVEIRA e ESTEFANEL (1995) e VIANA (1999), o tamanho e a forma das parcelas não podem ser generalizados, pois variam com o solo, com as condições climáticas e com a cultura. Além disso, normalmente um conjunto de considerações práticas facilita a determinação do tamanho da parcela, além dos quais a condução do experimento se torna menos eficiente ou, mesmo, impraticável (CHAVES, 1985).

## **2.2. Fontes de variação na avaliação clonal**

Além do genótipo, outros fatores podem ter efeitos sobre o desenvolvimento dos clones, como a competição entre plantas, o espaçamento de plantio, a idade de avaliação, as características do local e o método de propagação empregado, dentre outros.

### **2.2.1. Competição**

Segundo LINDGREN (1993), as árvores de um mesmo genótipo, de modo geral, competem por um mesmo recurso limitado, com as mesmas capacidades de uso de recursos e espaço. Assim, nos testes clonais em que todos os genótipos estão sob as mesmas condições ambientais, a seleção de clones deve ser favorável àqueles que melhor se desenvolvam “cooperativamente” dentro do plantio.

Sakai (1961), citado por BERTOLOTTI (1986), denominou a competição intergenotípica aquela que ocorre quando as plantas em competição têm genótipos diferentes, cujas variações devidas ao ambiente se sobrepõem às variações de fundo genético. Já a competição intragenotípica é aquela que estabelece entre plantas de uma

mesma linhagem ou clone, devendo, assim, ter o mesmo genótipo, daí as diferenças observadas no crescimento das plantas serem atribuídas ao ambiente.

Segundo BERTOLOTI (1986), a competição tem lugar entre organismos coabitando num mesmo ambiente, quando a soma das suas necessidades excede os suprimentos disponíveis. Desse modo, devem ser consideradas as mudanças que podem ocorrer no comportamento dos genótipos, como desenvolvimento do talhão, devido ao fenômeno da competição entre árvores, provocando mudanças na expressão das variâncias (KAGEYAMA, 1983).

Segundo NOGUEIRA (1999), a competição entre árvores por espaço, ar, luz, umidade e nutrientes, durante o desenvolvimento do povoamento, gera diferenciação entre plantas. As árvores mais vigorosas tendem a aumentar anualmente suas alturas, o tamanho do tronco, o comprimento dos ramos e o número de folhas. Portanto, exigem aumento contínuo de espaço para garantir a sua sobrevivência e manifestar suas condições vitais. Essas árvores mais vigorosas e mais adaptadas sobrepujarão as menos adaptadas (PATINÕ-VALERA, 1986).

A maioria das espécies de rápido crescimento, como os *Eucalyptus*, é sensível à competição, ocorrendo, durante seu crescimento, intensa segregação do talhão em árvores dominantes, árvores co-dominantes e árvores dominadas. O tempo para definição dos estratos é de acordo com o espaçamento, a espécie, a capacidade produtiva, a variação genética da população, o regime de manejo e interação entre esses fatores (PATINÕ-VALERA, 1986). Assim, a competição está sujeita à influência sistemática da densidade de plantio, da fertilidade do solo e das condições de cultivo (BERTOLOTI, 1986).

### **2.2.2. Espaçamento**

Segundo BALLONI e SIMÕES (1980), LEITE (1996) e LELES et al. (1998), a quantidade de plantas em determinada área afeta a dinâmica de crescimento do povoamento, principalmente de plantas de rápido crescimento. De modo geral, a demanda pelos fatores de crescimento (água, luz, nutriente e espaço) é mais elevada em populações mais densas. Assim, os níveis de competição intra e, ou, interespecífica são influenciados pela densidade populacional utilizada, determinando a intensidade de estresse a que as plantas estarão submetidas.

O espaçamento entre árvores pode afetar substancialmente o crescimento, devido à competição entre as árvores vizinhas pelos mesmos recursos naturais (COUTO, 1977; MORI, 1987; SOUZA, 1988). Além disso, segundo MORA (1986), há tendência de aumentar a interação dos clones com o espaçamento de acordo com o aumento da idade.

Isso se justifica pelo fato de que o efeito do espaçamento torna-se mais marcante, conforme cresce a competição, o que está diretamente relacionado com a idade.

Segundo SOARES (1980), a natureza de plantio influencia o tamanho e a forma das unidades amostrais de *Eucalyptus grandis*. Esse mesmo autor, avaliando a eficiência relativa das unidades amostrais, concluiu que, em povoamentos mais velhos estabelecidos em espaçamento maior, deve-se preferir o uso de parcelas grandes; em povoamentos jovens em espaçamento menor, as parcelas menores são as mais apropriadas.

Como a avaliação precoce é desejável nos testes clonais, BOUVET (1997) recomendou a utilização de pequenos espaçamentos para o estabelecimento de testes clonais de *Eucalyptus*, pois, em experimento com espaçamento menor, há aceleração da maturação do genótipo, propiciando alta correlação juvenil-adulta e evitando, também, agravamento da competição intraclonal. Além disso, testes clonais em espaçamentos reduzidos permitem a formação de blocos mais densos e melhor controle de mato na competição, devido à rapidez de fechamento das copas, e, numa mesma área, há possibilidade de testar mais clones, aumentando, assim, a intensidade de seleção e a possibilidade de ganho genético, além de reduzir os custos de manutenção dos experimentos.

### **2.2.3. Idade de avaliação**

GREENWOODS e HUTCHISON (1993) afirmaram que a resposta de uma planta ao ambiente é devida à sua constituição genética e, geralmente, varia com a idade. Desse modo, ZANON e STORCK (1997) relataram que o tamanho da parcela para experimentos com *Eucalyptus* deve ser compatível com a época em que o experimento for avaliado e com a variável de maior importância, visto a necessidade de se aumentar o tamanho da parcela experimental de acordo com o incremento da idade de avaliação.

A demora na etapa de seleção, devido à idade de avaliação dos testes clonais, é um entrave na recomendação de novos clones. Assim, a seleção precoce torna-se extremamente desejável, pois aumenta os ganhos por unidade de tempo, uma vez que os melhores materiais são rapidamente transferidos para a produção comercial (BERTOLUCCI e PENCHEL, 1993). Segundo KAGEYAMA (1983), BERTOLUCCI e PENCHEL (1993) e REZENDE et al. (1994), a seleção precoce é possível, já que os resultados de pesquisa, considerando características silviculturais, indicaram altas

correlações entre dois e sete anos de idade. Outra vantagem da seleção precoce, segundo WU (1998), é a possibilidade de eliminar os materiais com "performance" indesejável no campo, promovendo redução do tamanho dos testes no campo e permitindo testar maior número de clones.

Há tendência de a interação clone x ambiente se manifestar com mais intensidade com o acréscimo da idade (KAGEYAMA, 1983; REIS et al., 1985; MORA, 1986; PATINÕ-VALERA, 1986; MORI, 1987; HERNADEZ e ADAMS, 1992). Com aumento da idade, ocorre a ocupação plena do sítio, independentemente do espaçamento adotado no início, provocando a competição pelos recursos naturais (MORA, 1986; SILVA, 1990; LEITE, 1996). PATINÕ-VALERA (1986) verificou aumento da variação dentro da parcela com o incremento da idade de *E. saligna*, devido ao estabelecimento de competição entre plantas. VETTORAZZO (1989) também relatou que a discrepância observada entre os clones para volume com casca por hectare evidenciou a tendência de aumento da magnitude com o avanço da idade.

#### **2.2.4. Local**

Segundo BERTOLOTTI (1986) e ZHANG et al. (1994), dos vários fatores que influenciam o tamanho e a forma das parcelas, um dos principais é a capacidade produtiva do local, que ocorre devido às diferenças nas características físico-químicas, na drenagem, no relevo, no subsolo e nos tratos culturais em anos anteriores. Assim, os fenótipos das árvores estabelecidas em diferentes locais podem ser influenciados, positiva ou negativamente, pelo ambiente no qual eles crescem e competem, gerando interações "genótipo x ambiente" (PATINÕ-VALERA, 1986).

A interação "clone x ambiente" ocorre quando genótipos apresentam "performance" diferenciada em vários ambientes, de forma que genótipos superiores em determinados ambientes podem não ser em outros e vice-versa. Isso pode fazer com que a média do "ranking" de genótipos mude substancialmente de um ambiente para outro. Segundo BERGMANN (1998), a interação com o local provoca influência significativa na "performance" das plantas, principalmente na sobrevivência. Assim, a precisão experimental é afetada diante de uma grande mortalidade, visto esta reduzir o número de plantas úteis a serem avaliadas, provocando heterogeneidade no plantio e, conseqüentemente, aumentando a variância dentro do experimento. Além disso, segundo GOMES (1996), há tendência de essa interação se manifestar com maior intensidade com o passar da idade.

As diferentes características qualitativas e quantitativas de interesse apresentam graus distintos de interação, ou seja, há características que sofrem mais o efeito do ambiente do que outras. As características controladas por poucos genes são menos afetadas pelo ambiente, mostrando-se mais estáveis em diversos locais. Já com as características sob controle de muitos genes ocorre o inverso, há pouco controle genético e o ambiente tem maior influência (GOMES, 1996). A maioria dos caracteres de interesse econômico no setor florestal, que são considerados no julgamento de um material genético, manifesta-se de maneira quantitativa e sofre acentuada interferência dos efeitos ambientais, exigindo, assim, tratamento estatístico adequado, número suficiente de repetições e maior uniformidade do ambiente (CHAVES, 1985; SILVA, 1990).

Segundo MORI (1987), ambientes mais produtivos possuem maior disponibilidade de recursos para o desenvolvimento, permitindo crescimento mais homogêneo da maioria dos indivíduos. No entanto, quando a capacidade produtiva não atende às necessidades individuais das plantas, a competição entre indivíduos se estabelece mais cedo, provocando redução na uniformidade do plantio.

### **2.2.5. Outros**

Além das fontes de variação citadas anteriormente, alguns autores têm relatado outros fatores, como: qualidade das mudas, manejo silvicultural adotado, comportamento de clone e taxa de mortalidade, que podem estar contribuindo para a heterogeneidade das plantas de um mesmo clone dentro da parcela experimental ou mesmo em um plantio comercial. Tais fatores devem ser considerados na escolha das técnicas experimentais utilizadas e na condução do teste clonal.

A variância dentro dos clones é devida apenas à variância ambiental dentro da parcela, uma vez que os clones são propagados vegetativamente. Porém, na fase inicial, a qualidade da muda ligada a aspectos fisiológicos parece influenciar o crescimento, aumentando a variância dentro do clone, mas, com o desenvolvimento, há tendência de uniformização (KIKUTI, 1988). Segundo VERGARA (1989), a variação intraclonal devida aos fatores fisiológicos está relacionada com o estado de maturação ontogenético da planta-matriz.

XAVIER e COMÉRIO (1996) relataram que a indesejável heterogeneidade entre plantas em plantios comerciais de um mesmo clone é provocada pelo “efeito C” (efeito da clonagem). Segundo SCARASSATI (1993), o “efeito C”, que é responsável pelas alterações nos clones, não pode, e nem deve, ser visto como anomalia do desenvolvimento da planta, mas sim como um fator que não pode ser controlado durante o processo e, ou, por falta de conhecimento adequado. Esses mesmos autores

classificaram as causas do “efeito C” em três componentes: 1- efeito ambiental, 2- padrão da qualidade das mudas e 3- aspectos morfológicos e fisiológicos.

A heterogeneidade das mudas pode ser minimizada com a utilização da micropropagação vegetativa. BELL et al. (1993), DENISON e KIETZKA (1993), ROCKWOOD e WARRAG (1994) e WATT et al. (1995) relataram que o processo da micropropagação produz maior uniformidade no plantio de um mesmo clone. Essa uniformidade das árvores, segundo XAVIER e COMÉRIO (1996), é devida à utilização de material vegetativo rejuvenescido *in vitro*, o qual promove a minimização do efeito “C” (efeito da clonagem), levando, conseqüentemente, à maior homogeneidade e produtividade florestais. Embora a influência do efeito “C” seja reduzida com o passar do tempo, pesquisas têm evidenciado que se deve tomar precaução na produção de propágulos para implantação dos testes clonais, para que haja equilíbrio dentro de tratamentos e entre estes (clone), principalmente quando a seleção precoce é desejável na seleção clonal (FLAMPTON e FOSTER, 1993).

Segundo PATINÕ-VALERA (1986), o homem provoca mudanças drásticas no ambiente dos povoamentos florestais quando utiliza intensivas práticas de manejo florestal, pois o ambiente pode ser mudado durante o cultivo, utilizando adubações, irrigações, podas ou desbastes, além de outros tratos culturais, que podem influenciar diretamente o solo e o crescimento das árvores. Ainda que aparentemente o ambiente não mude por influência externa, conforme as árvores crescem, os genótipos apresentam tendência de modificar o ambiente onde vegetam.

Considerando que a "performance" clonal está diretamente relacionada com a capacidade genotípica de cada clone e que, segundo IKEMORI (1990) e ISIK et al. (1995), em muitos casos os melhores clones também são relativamente os mais estáveis, sofrendo menos com a interação “genótipo x ambiente”, pode-se esperar pequena variação nas parcelas experimentais desses clones. LAMBETH et al. (1994) evidenciaram grande uniformidade dentro dos clones no campo quando analisaram os 65 clones selecionados (melhores clones), obtendo um coeficiente de variação de 6,9%, enquanto o conjunto de 460 clones apresentou coeficiente de variação de 9,8% dentro das parcelas; ambos os coeficientes foram referentes ao incremento volumétrico.

A mortalidade de plantas na parcela experimental afeta a avaliação clonal, pois grande mortalidade reduz o número de plantas úteis a serem avaliadas, provoca heterogeneidade no plantio e, conseqüentemente, aumenta a variância entre os clones e dentro destes. Além da mortalidade natural atribuída a fatores aleatórios, segundo

COUTO (1977), BALLONI e SIMÕES (1980), PATINÕ-VALERA (1986), ROMANELLI (1988), SOUZA (1988), SILVA (1990) e SILVA (1993), existe a tendência de se elevar a mortalidade das árvores à medida que a densidade populacional aumenta.

### **2.3. Determinação do tamanho de parcelas experimentais**

Entre os vários métodos de determinação do tamanho de parcelas experimentais relatados na literatura, há o Método de PAPADAKIS (1937), o Método da Informação Relativa (KELLER, 1949), o Método de HATHEWAY e WILLIAMS (1958), o Método de HATHEWAY (1961), o Método da Máxima Curvatura Modificado (LESSMAN e ATKINS, 1963), o Método de Otimização (PABLO e CASTILHO, 1966) e o Método de Correlação Intraclasse (GOMES, 1984). Uma revisão completa acerca dos métodos para determinação do tamanho ótimo da parcela é apresentada por STORCK e UITDEWILLIGEN (1980).

Apesar da existência de vários métodos para estimar o tamanho da parcela experimental, a maioria utiliza testes de uniformidade, a partir dos quais são calculados as variâncias e os coeficientes de variação das diferentes dimensões de parcelas (VIANA, 1999). Dos métodos aplicáveis à uniformidade, aquele da curvatura máxima da função do coeficiente de variação experimental ( $CV_{exp}$ ) tem se mostrado como mais consistente (STORCK e UITDEWILLIGEN, 1980).

Segundo STORCK e UITDEWILLIGEN (1980), o Método da Máxima Curvatura entre os coeficientes de variação e os respectivos tamanhos de parcelas, conforme descrito por Federer (1955), constitui-se no precursor de muitos outros, como: o Método da Máxima Curvatura Modificado (LESSMAN e ATKINS, 1963); Método da Máxima Curvatura entre os coeficientes de variação e tamanho da parcela de Thomas (1974); Método da Máxima Curvatura entre a variância por unidade básica e o tamanho da parcela de Thomas (1974); e Método da Regressão Múltipla, citado por Lugo (1977).

O método da Máxima Curvatura Modificado, conforme apresentado por LESSMAN e ATKINS (1963), consiste em representar graficamente os coeficientes de variação de cada parcela contra os respectivos tamanhos. Segundo VIANA (1999), o método modificado fornece resultados mais precisos, pois estabelece uma equação de regressão para explicar a relação entre os coeficientes de variação e os respectivos tamanhos de parcelas. Assim, o método da curvatura consiste em determinar a curva que relaciona o coeficiente de variação ( $CV_{exp}$ ) com o tamanho da parcela ( $X_c$ ). O valor

da abscissa onde a curvatura é máxima corresponde ao tamanho ótimo da parcela em unidades básicas, sendo este ponto determinado algebricamente, dando maior precisão aos resultados obtidos. De acordo com MEIER e LESSMAN (1971), esse valor corresponde ao tamanho ótimo da parcela, podendo ser ponderado por fatores de custo ou não.

Segundo ZANON e STORCK (1997), em espécies florestais em plantios com espaçamentos regulares, o método para determinar o tamanho ótimo de parcela apropriado é o de GOMES (1984), em razão de ter sido desenvolvido especialmente para o caso. Entretanto, GOMES (1988) discutiu a necessidade do aprimoramento do método em apreço, pois, segundo ele, quando o coeficiente de correlação intraclasse ( $\rho$ ), suposto positivo, não fica próximo de zero ( $\rho > 0,15$ ), as soluções obtidas são excelentes. Mas, no caso de valores baixos (positivos) de  $\rho$ , o número de árvores úteis ( $K$ ) da parcela de tamanho ótimo pode crescer e, então, uma alternativa é estudar o número de linhas úteis ( $n$ ) a ser usado na parcela.

O método descrito por GOMES (1984) para determinar o tamanho ótimo de parcelas experimentais considera o coeficiente de correlação intraclasse relativo às árvores úteis dentro de cada parcela e define como tamanho ótimo da parcela o número de árvores úteis que minimiza a variância média de um tratamento. Usando esse método, GOMES e COUTO (1985) concluíram que é possível reduzir significativamente a área destinada aos experimentos florestais, através de estudos do tamanho de parcelas sem, contudo, afetar a precisão experimental.

Usando o coeficiente de correlação intraclasse, ZANON e STORCK (1997) determinaram que o tamanho das parcelas experimentais para *Eucalyptus saligna* aos 66 meses de idade poderá ser de 4 plantas úteis, sem bordadura. Esses resultados são compatíveis com os apresentados por GOMES e COUTO (1985). Já SIMPLÍCIO et al. (1996), empregando o método de Hatheway e Willians para *Eucalyptus grandis*, concluíram que, para ensaio homogêneo ( $CV < 10\%$ ) e com mais de 5 tratamentos (clones), as parcelas com 8 plantas úteis (2 linhas de 4 plantas) representam um tamanho razoável em ensaio de blocos casualizados e com 4 repetições.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Material experimental

Foram utilizados dados provenientes de 4 testes clonais com *Eucalyptus*, instalados na empresa INTERNATIONAL PAPER DO BRASIL Ltda., localizados na região de Mogi-Guaçu, São Paulo. Os testes foram estabelecidos segundo o delineamento em blocos casualizados, com 4 repetições e parcelas de 25 plantas, com bordadura simples de mudas obtidas por sementes. As plantas que tiveram a altura total (*Ht*) e o diâmetro à altura do peito (*dap*) determinados foram denominadas plantas úteis.

Implantação, preparo do solo, produção das mudas, replantio, condução e tratos culturais (capina, adubação, combate a pragas e doenças) foram de acordo com o preconizado pela empresa para os plantios comerciais.

##### 3.1.1. Caracterização dos testes clonais

No Quadro 1, apresenta-se a caracterização dos 4 testes clonais utilizados no presente estudo.

Quadro 1 – Caracterização dos 4 testes clonais de *Eucalyptus* spp. utilizados no presente estudo, quanto ao número de clones, espécie de *Eucalyptus*, data e local de instalação, espaçamento de plantio e respectivas idades de avaliação

Teste Clonal	Número de Clones	Espécies	Data de Instalação	Local
--------------	------------------	----------	--------------------	-------

I	27	4 clones híbridos de <i>Eucalyptus grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	05/11/1987	Mogi-Guaçu SP
		5 clones de <i>Eucalyptus saligna</i>		
		2 clones de <i>Eucalyptus alba</i>		
		12 clones de <i>Eucalyptus urophylla</i>		
		2 clones de <i>Eucalyptus grandis</i>		
		2 clones de <i>Eucalyptus pellita</i>		
II	14	9 clones híbridos de <i>Eucalyptus grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	12/05/1993	Mogi-Guaçu SP
		1 clone de <i>Eucalyptus saligna</i>		
		1 clone de <i>Eucalyptus urophylla</i>		
		3 clones de <i>Eucalyptus grandis</i>		
III	5	3 clones híbridos de <i>Eucalyptus grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	09/03/1992	Mogi-Guaçu SP
		1 clone de <i>Eucalyptus urophylla</i>		
		1 clone de <i>Eucalyptus grandis</i>		
IV	5	3 clones híbridos de <i>Eucalyptus grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	01/12/1992	São Simão SP
		1 clone de <i>Eucalyptus urophylla</i>		
		1 clone de <i>Eucalyptus grandis</i>		

### 3.1.2. Caracterização ambiental

As características ambientais dos locais onde foram instalados os 4 testes clonais estão descritas no Quadro 2.

Quadro 2 – Características ambientais dos locais de implantação dos testes clonais utilizados no presente estudo

Características Ambientais		Localidades	
		Mogi-Guaçu, SP	São Simão, SP
Localização	Latitude (S)	22° 23'	21° 32'
	Longitude (O)	46° 58'	47° 34'
	Altitude	660 m	740 m
Clima	Temperatura anual média	19,8 °C	21,1 °C
	Precipitação anual média	1.336 mm	1.434 mm
	Déficit hídrico anual médio	7 mm	180 mm
	Classificação	CWA	CWA
Solo	Descrição	Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA), álico a moderado, textura média, fase cerrado tropical e relevo suave-ondulado	Areia quartzosa (AQ), álica a moderada, fase cerrado tropical e relevo suave-ondulado

Fonte: VIEIRA (1996).

### 3.2. Metodologia

#### 3.2.1. Definição das unidades experimentais

Com base nos testes clonais descritos no item 3.1.1. e a partir das parcelas originalmente instaladas nos testes clonais de 25 plantas úteis (parcelas de 5 x 5 plantas), foram realizadas diferentes simulações, originando as seguintes unidades experimentais (Figura 1): Unidade Experimental 1 - parcelas com 2 plantas (UE 1), Unidade Experimental 2 - parcelas com 3 plantas (UE 2), Unidade Experimental 3 - parcelas com 4 plantas (UE 3), Unidade Experimental 4 - parcelas com 5 plantas (UE 4), Unidade Experimental 5 - parcelas quadradas com 9 plantas (UE 5), Unidade

Experimental 6 - parcelas com 10 plantas (UE 6), Unidade Experimental 7 - parcelas com 15 plantas (UE 7), Unidade Experimental 8 - parcelas com 20 plantas (UE 8) e Unidade Experimental 9 - parcelas com 25 plantas - testemunha (UE 9).

### 3.2.2. Avaliações

As fontes de variação espaçamento, local e idade de avaliação foram contempladas na presente análise, buscando avaliar os efeitos desses fatores na definição do tamanho da parcela experimental em teste clonal, levando-se em consideração as características altura total ( $Ht$ ), diâmetro a 1,3 m de altura ( $dap$ ) e volume por árvore ( $V_i$ ), obtido por

$$V_i = \frac{\pi (dap)^2 Ht}{40000} * f$$

em que

- $V_i$  = volume individual do tronco,  $m^3$ ;
- $Ht$  = altura total, m;
- $dap$  = diâmetro a 1,3 m; e
- $f$  = fator de forma (0,55).

Com base no volume individual da árvore, obteve-se o volume por hectare ( $V_{ha}$ ) em  $m^3$ , conforme indicado na expressão seguinte:

$$V_{ha} = \frac{\sum V_i}{n_1} * n_2$$

em que

- $V_{ha}$  = volume em  $m^3$  por hectare;
- $V_i$  = volume individual em  $m^3$ ;
- $n_1$  = número de árvores na parcela avaliada; e
- $n_2$  = número de árvore por hectare.

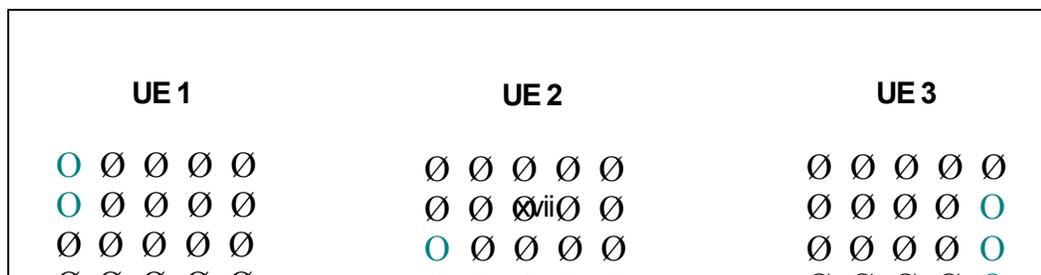


Figura 1 – Unidades experimentais (UE) utilizadas na análise dos testes clonais de *Eucalyptus*, obtidas de simulações realizadas dentro de parcelas e de 25 plantas úteis, em que “Ø” representa árvore não-analisada e “O” representa árvore analisada. UE 1 = unidade experimental formada por 2 plantas, UE 2 = unidade experimental formada por 3 plantas, UE 3 = unidade experimental formada por 4 plantas, UE 4 = unidade experimental formada por 5 plantas, UE 5 = unidade experimental formada por 9 plantas, UE 6 = unidade experimental formada por 10 plantas, UE 7 = unidade experimental formada por 15 plantas, UE 8 = unidade experimental formada por 20 plantas e UE 9 = unidade experimental formada por 25 plantas.

### 3.2.3. Análises estatísticas

Adotou-se o modelo matemático abaixo conforme GOMES (1984):

$$Y_{ijk} = m + c_i + b_j + e_{ij} + d_{ijk}$$

em que  $m$  indica o efeito da média geral,  $c_i$  o efeito do clone ( $i = 1, 2, \dots, I$  clones),  $b_j$  o efeito do bloco ( $j = 1, 2, \dots, J$  blocos),  $e_{ij}$  o erro entre parcelas,  $d_{ijk}$  o erro entre plantas

dentro da parcela ( $k = 1, 2, \dots, K$  plantas por parcela) e os erros são aleatórios, com normal e variâncias  $\sigma_1^2$  e  $\sigma_2^2$ , respectivamente.

A partir do modelo estatístico adotado, foram realizadas as análises de variância, considerando-se o erro entre e dentro das parcelas, conforme apresentado no Quadro 3.

Quadro 3 – Esquema de análise de variância resultante do modelo  $Y_{ijk} = m + q + b_j + e_j + d_{ijk}$

Fonte de Variação	GL	QM	E(QM)
Blocos	J-1		
Clones	I-1		
Resíduo (a)	(J-1) (I-1)	$V_1$	$\sigma^2[1 + (k-1)]\rho$
Resíduo (b)	II(k-1)	$V_2$	$\sigma^2(1 - \rho)$

$V_1$  é o quadrado médio do resíduo entre parcelas,  $V_2$  é o quadrado médio do resíduo dentro da parcela e  $\rho$  é a correlação intraclassa devido ao efeito competitivo entre plantas dentro da parcela.

Com base nessa análise de variância (Quadro 3), obtiveram-se, para as características de crescimento (altura total, *dap* e volume individual), os coeficientes de variação experimental ( $CV_{exp.}$ ) e o coeficiente de variação fenotípica ( $CV_f$ ), em todas as unidades experimentais, através das fórmulas adaptadas de CRUZ (1997):

$$CV_{exp} = 100 \frac{\sqrt{V_1/K}}{\bar{Y}}$$

em que

- $CV_{exp}$  = coeficiente de variação experimental;
- $V_1$  = quadrado médio do resíduo entre parcelas;
- $\bar{Y}$  = média da parcela; e
- $N$  = número total de árvores da parcela.

$$CV_f = 100 \frac{\sqrt{V_2}}{\bar{Y}}$$

em que

$CV_f$  = coeficiente de variação fenotípica;

$V_2$  = quadrado médio do resíduo dentro da parcela; e

$\bar{Y}$  = média da parcela.

Representaram-se, graficamente, o coeficiente de variação experimental e o coeficiente de variação fenotípico. Por esses parâmetros, inferiu-se sobre a precisão experimental e sobre a variação fenotípica entre indivíduos dentro da parcela. Para comparação da precisão experimental e a variação nas diferentes situações (idade, espaçamentos e locais), optou-se pelo procedimento estatístico proposto por LEITE e OLIVEIRA (2000) a 1% de probabilidade. Esse procedimento foi proposto para testar a identidade de modelos, considerando-se para a tomada de decisão a combinação do teste F modificado de Graybill ( $F(H_b)$ ), do teste t para o erro médio ( $t_\epsilon$ ) e da análise do coeficiente de correlação linear ( $r_{Y_i Y_1}$ ). Utilizando esse procedimento, os 2 modelos ( $Y_i$  e  $Y_1$ ) serão considerados iguais, somente quando  $F(H_b)$  e  $t_\epsilon$  forem não-significativos e quando  $r_{Y_i Y_1} \geq (1 - \alpha)$ . Assim, esse procedimento estatístico foi utilizado no presente estudo como teste de identidade para quaisquer 2 vetores ou grupo de dados quantitativos. Na comparação por esse procedimento das estimativas de produtividade nos diversos tamanhos de parcela, obtidas em várias idades, considerou-se a parcela de 25 plantas como a padrão.

Estimou-se a produção em volume de madeira por hectare na análise do espaçamento e do local de plantio. As médias dos tratamentos foram discriminadas pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

### 3.2.4. Determinação do tamanho da parcela experimental

Com relação às características analisadas nas diferentes Unidades Experimentais (UE) em função da idade, do espaçamento e do local onde os testes clonais foram avaliados, inferiu-se sobre o tamanho da parcela experimental. A determinação do tamanho baseou-se nas metodologias da Máxima Curvatura Modificada, da Correlação Intraclasse, conforme descrito nos tópicos subseqüentes.

#### 3.2.4.1. Método da máxima curvatura modificado

O Método da Máxima Curvatura Modificado foi desenvolvido por LESSMAN e ATKINS (1963) e consistiu em representar a relação entre o coeficiente de variação ( $CV_{exp}$ ) e o tamanho da parcela, com o uso de uma equação de regressão do tipo  $Y = aX$

<sup>b</sup> (em que  $Y$  representa o coeficiente de variação experimental, e  $X$  corresponde ao tamanho da parcela em unidades básicas).

A partir da função de curvatura, determinou-se o valor da abscissa onde ocorre o ponto de máxima curvatura, conforme apresentado por MEIER e LESSMAN (1971), ou seja:

$$X_{MC} = \left[ \frac{a^2 b^2 (2b - 1)}{(b - 2)} \right]^{\frac{1}{2-2b}}$$

em que

$X_{MC}$  = valor da abscissa no ponto de máxima curvatura;  
 $a$  = constante da regressão; e  
 $b$  = coeficiente de regressão.

### 3.2.4.2. Método da correlação intraclasse

De acordo com GOMES (1984), o tamanho da parcela experimental é determinado pelo número de árvores úteis ( $K$ ), que torna mínima a variância média de um tratamento para número total de árvores ( $N$ ) considerado fixo.

Da análise de variância (Quadro 3) e considerando as unidades experimentais (parcelas) com 9 plantas centrais como o ideal para determinar o tamanho da parcela, por apresentar uma bordadura completa com plantas do mesmo clone, calcularam-se a estimativa do coeficiente de correlação intraclasse e o número de árvores úteis da parcela, de acordo com os procedimentos propostos por GOMES (1984):

$$K = \sqrt{\frac{2(1 - \hat{\rho})}{\hat{\rho}}} \quad \text{sendo} \quad \hat{\rho} = \frac{V_1 - V_2}{V_1 + (N - 1)V_2}$$

em que

$K$  = número de árvores úteis por parcela;  
 $\hat{\rho}$  = estimador do coeficiente de correlação intraclasse;  
 $V_1$  = quadrado médio de resíduo entre parcelas;  
 $V_2$  = quadrado médio de resíduo dentro da parcela; e  
 $N$  = número de árvores da parcela (9 plantas).

### **3.2.4.3. Análise visual**

Neste método, representaram-se, graficamente, os coeficientes da variação experimental obtidos a partir da análise de variância, em função do tamanho da parcela experimental. A partir da análise visual, foi determinado o valor onde o aumento no número de plantas na parcela não provocava mudança importante na estimativa do parâmetro. Assim, o número mínimo de plantas que representou a "performance" de clones de *Eucalyptus* em testes clonais foi determinado visualmente, de forma subjetiva, com o ponto a partir do qual a estimativa do parâmetro se tornava estável.

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1. Influência da idade no tamanho da parcela experimental**

*Os resultados são referentes ao Teste Clonal I, constituído por 27 clones. No entanto, com intuito de conhecer a "performance" dos clones de maior interesse, ou seja, o comportamento dos melhores clones, também foi realizada a análise, considerando-se apenas os 5 clones superiores.*

#### **4.1.1. Coeficiente de variação experimental**

Os coeficientes de variação experimental ( $CV_{exp}$ ) obtidos nas idades de 3, 4, 5, 6 e 7 anos, considerando-se as características de crescimento em altura total ( $Ht$ ),

diâmetro à altura do peito (*dap*) e volume individual ( $V_i$ ), são apresentados na Figura 2, com relação às diferentes unidades experimentais (tamanhos das parcelas) analisadas.

O comportamento dos clones nas diferentes idades seguiu uma mesma tendência de queda no coeficiente de variação experimental, conforme aumentava o tamanho da parcela experimental. Além disso, ficou evidente que avaliações realizadas em idades mais avançadas produziram maior coeficiente de variação experimental, em relação às idades precoces. Esse comportamento está de acordo com os resultados encontrados por PATINÕ-VALERA (1996), quanto às características altura, *dap* e volume.

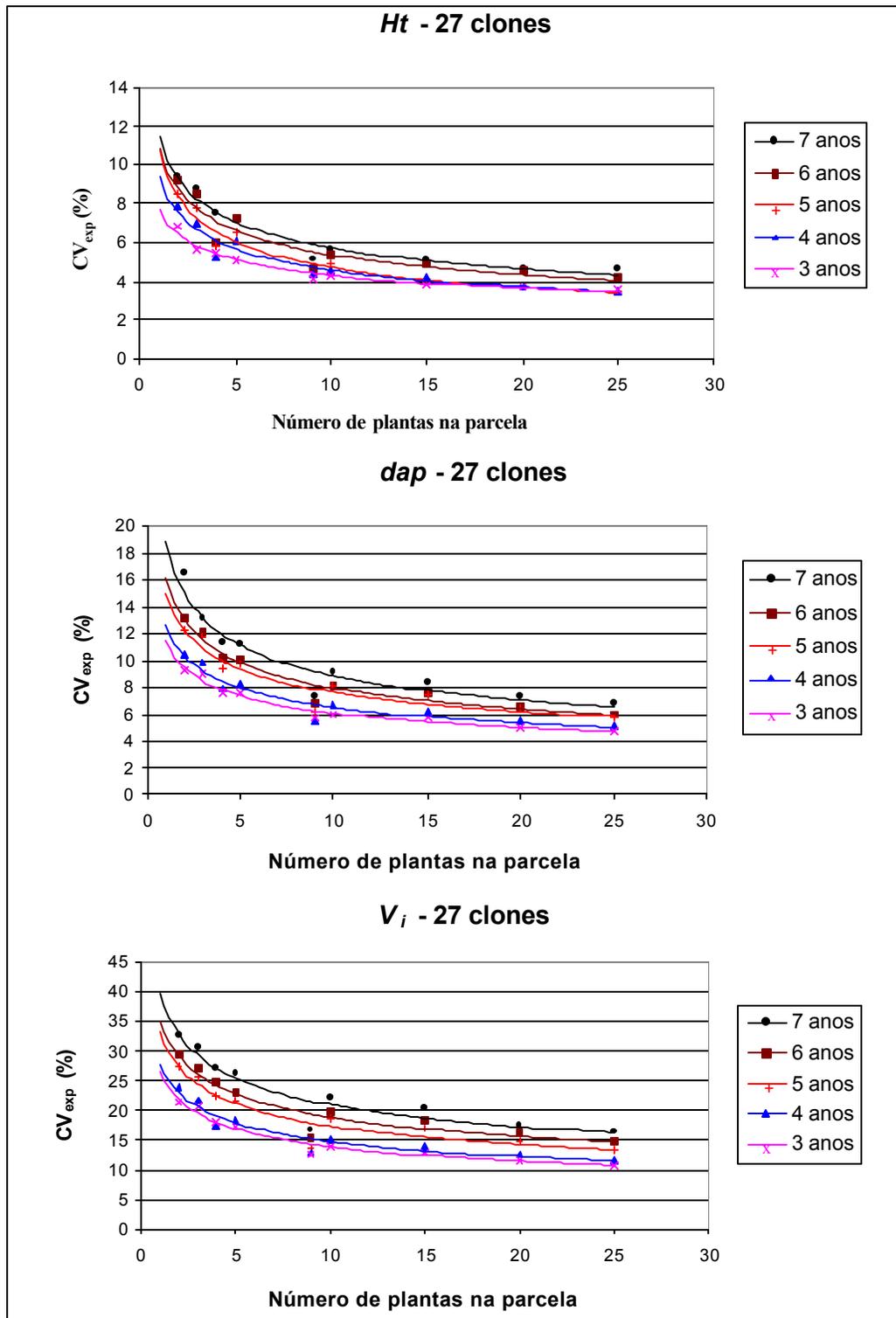


Figura 2 – Coeficiente de variação experimental ( $CV_{exp.}$ ), referente a altura total ( $Ht$ ), diâmetro à altura do peito ( $dap$ ) e volume individual ( $V_i$ ), dos 27 clones de *Eucalyptus* spp., obtidos nos diferentes tamanhos das unidades amostrais (parcela), avaliados nas idades de 3, 4, 5, 6 e 7 anos.

MORA (1986) constatou uma tendência de decréscimo do  $CV_{exp}$  em função da idade, quanto às características altura, *dap* e índice de volume. No entanto, salientou que se devem considerar, neste caso, as idades avaliadas, que foram de 12, 24 e 36 meses, com a ressalva de que a maior queda deu-se, principalmente, dos 12 meses para os 24 e 36 meses, devido à grande heterogeneidade das mudas.

KIKUTI (1988) atribuiu a queda do  $CV_{exp}$  com o acréscimo da idade à alta heterogeneidade das mudas destinadas ao plantio dos testes. A desuniformidade das mudas para instalação dos testes clonais pode ser atribuída ao “efeito C”, bem como a dificuldade de produzir grande número de mudas com um mesmo padrão de qualidade, devido a problemas relacionados com o resgate de árvores selecionadas (pouca brotação, baixo enraizamento, grande número de clones etc.). Assim, o controle da qualidade e a padronização das mudas, para implantação dos testes clonais, são de extrema importância, principalmente quando se desejam fazer avaliações mais precisas e em idade precoce, geralmente desejável na seleção clonal.

Resultados intermediários são relatados por BERTOLOTTI (1986) e ROMANELLI (1988), nos quais o coeficiente de variação experimental para altura diminuiu com aumento da idade, ao passo que *dap* e volume cilíndrico aumentaram com a idade. Segundo esses mesmos autores, tal fato decorreu, provavelmente, do efeito acentuado da competição entre os indivíduos, que afetou mais o *dap* e, conseqüentemente, o volume cilíndrico. Além disso, ocorre aumento da competição dentro da parcela com o incremento da idade do teste clonal. Assim, as avaliações em idades precoces permitem uma minimização do efeito competitivo entre as plantas de um mesmo clone.

Considerando apenas os 5 clones superiores, a análise do coeficiente de variação experimental indicou um mesmo comportamento da análise dos 27 clones, conforme apresentado na Figura 3. Entretanto, os 5 clones superiores apresentaram menores valores do coeficiente de variação experimental, o que evidencia maior uniformidade das parcelas do teste clonal e, conseqüentemente, indica a maior precisão nos experimentos em discussão, concordando com os resultados obtidos por LAMBETH et al. (1994). Assim, o número de plantas na parcela experimental pode ser reduzido quando são avaliados clones, que apresentam comportamento semelhante e crescimento superior, em relação a todos os 27 clones testados.

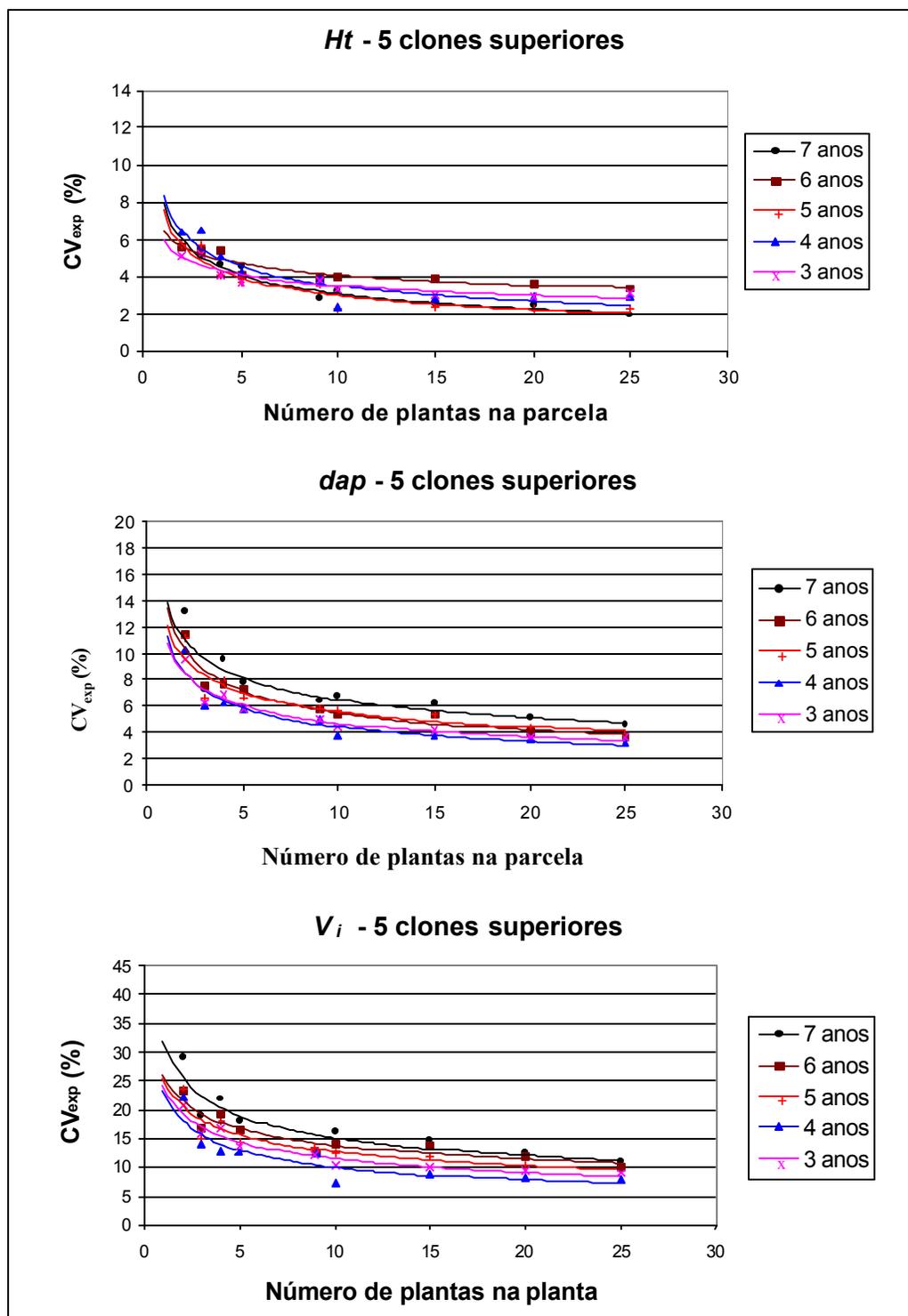


Figura 3 – Coeficiente de variação experimental ( $CV_{exp}$ ), referente a altura total ( $H_t$ ), diâmetro à altura do peito ( $dap$ ) e volume individual ( $V_i$ ), dos 5 clones superiores de *Eucalyptus* spp., obtidos nos diferentes tamanhos das unidades amostrais (parcela), avaliados nas idades de 3, 4, 5, 6 e 7 anos.

As 3 características analisadas apresentaram a mesma tendência de redução do coeficiente de variação experimental com o aumento do número de plantas na parcela. Entretanto, para altura total, encontraram-se valores do coeficiente de variação experimental inferiores ao das demais características (*dap* e  $V_i$ ), considerando tanto os 27 clones como os 5 superiores. Como relatado por BERTOLOTTI (1986) e SILVA (1993), esse fato pode ser devido a uma menor influência do meio ambiente sobre a altura total das árvores.

#### 4.1.2. Coeficiente de variação fenotípica

Na Figura 4, apresentam-se os coeficientes de variação fenotípica ( $CV_f$ ), quanto altura total ( $H_t$ ), diâmetro à altura do peito (*dap*) e volume individual ( $V_i$ ), referentes aos 27 clones do Teste Clonal I. As parcelas menores que 5 plantas apresentaram certa instabilidade nos valores assumidos pelos coeficientes de variação fenotípica. Esse comportamento foi atribuído ao fato de que o pequeno número de plantas amostradas não representa bem a distribuição da variação dentro da parcela experimental.

Na análise dos 5 clones superiores (Figura 5), o coeficiente de variação fenotípica apresentou comportamento próximo ao encontrado nos 27 clones. No entanto, verificou-se que o coeficiente de variação fenotípica assumiu valores inferiores aos obtidos nos 27 clones de *Eucalyptus*. Provavelmente, devido ao fato de os clones superiores apresentarem mais uniformidade na parcela, conforme relatado por IKEMORI (1990) e ISIK et al. (1995).

Os resultados encontrados por LAMBETH et al. (1994) evidenciaram grande uniformidade dentro dos clones no campo quando analisaram os 65 clones selecionados (melhores clones), apresentando coeficiente de variação fenotípica de 6,9%, enquanto o conjunto de 460 clones exibiu um coeficiente de 9,8% dentro das parcelas. Esses autores atribuíram essa maior homogeneidade de crescimento inerente à melhor expressão genotípica do clone.

Observou-se que os coeficientes de variação fenotípica dos 5 clones superiores apresentaram maior instabilidade nas pequenas parcelas, principalmente quanto à característica altura total. A irregularidade das pequenas parcelas (2, 3 e 4 plantas) foi atribuída ao pequeno número de

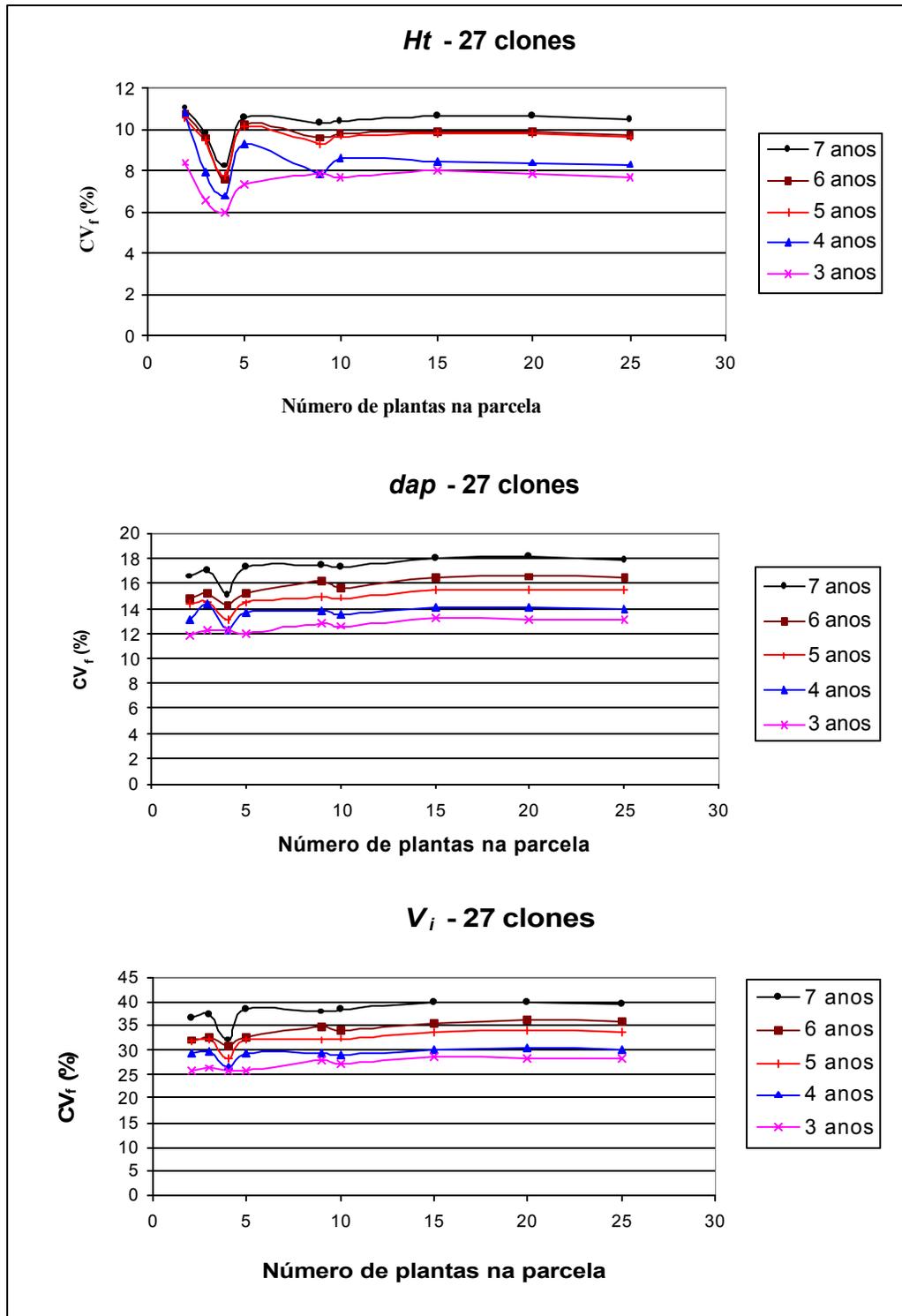


Figura 4– Coeficiente de variação fenotípica ( $CV_f$ ), referente a altura total ( $H_t$ ), diâmetro à altura do peito ( $dap$ ) e volume individual ( $V_i$ ), dos 27 clones de *Eucalyptus* spp., obtidos nos diferentes tamanhos das unidades amostrais (parcela), avaliados nas idades de 3, 4, 5, 6 e 7 anos.

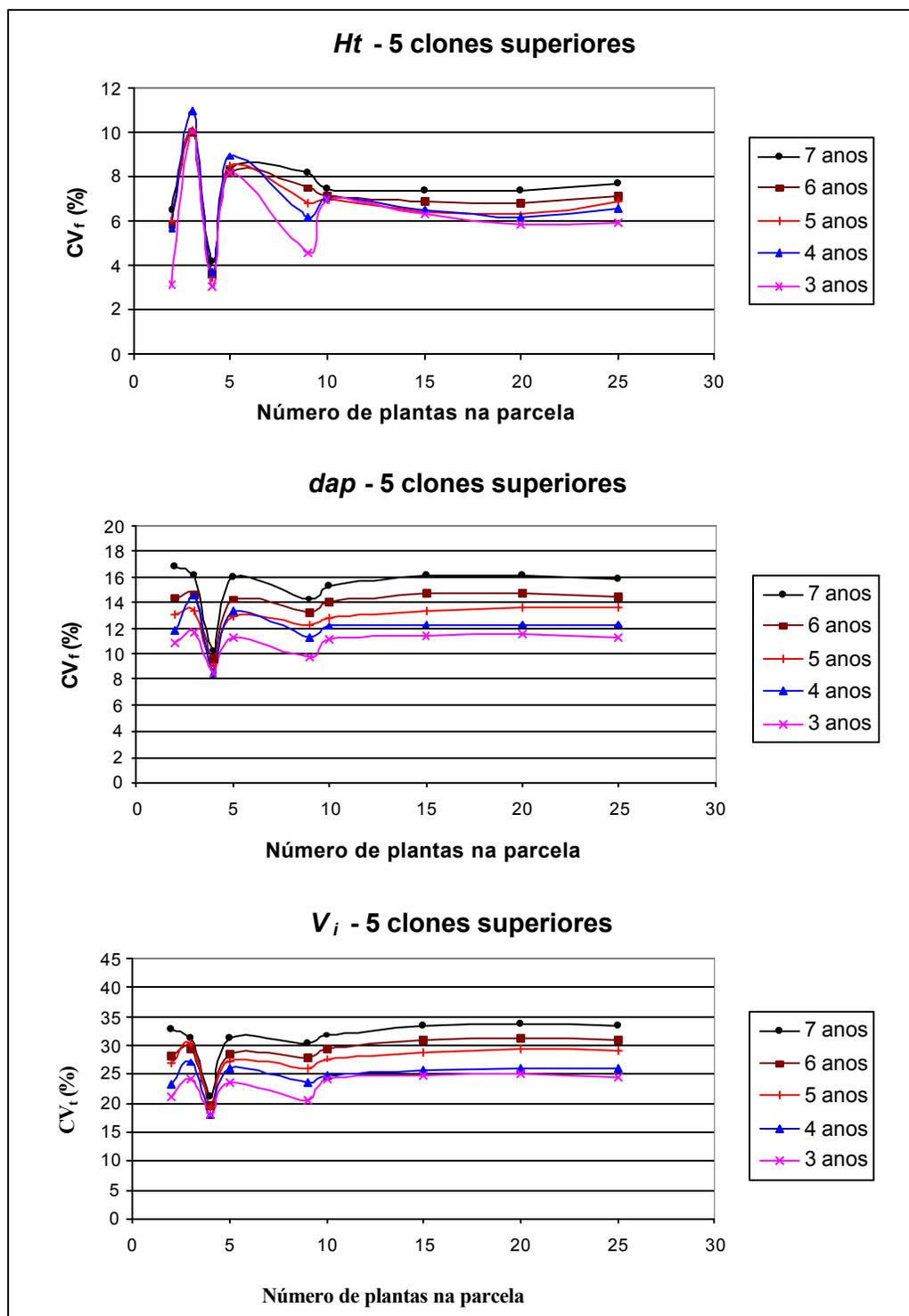


Figura 5 – Coeficiente de variação fenotípica ( $CV_f$ ), referente a altura total ( $H_t$ ), diâmetro à altura do peito ( $dap$ ) e volume individual ( $V_i$ ), dos 5 clones superiores de *Eucalyptus* spp., obtidos nos diferentes tamanhos das unidades amostrais (parcela), avaliados nas idades de 3, 4, 5, 6 e 7 anos.

plantas amostradas na parcela, por isso a ocorrência de uma planta idêntica às demais plantas da parcela ou diferente destas afetou, drasticamente, os valores do coeficiente de variação fenotípica. As demais características *dap* e  $V_i$  apresentaram comportamentos semelhantes. Dessa forma, pode-se constatar que número inferior a 5 plantas por parcela não reflete a verdadeira variação entre plantas.

O coeficiente de variação fenotípica alterou-se com a idade de avaliação, tanto dos 27 clones quanto dos 5 clones superiores. Com o aumento da idade de avaliação, constatou-se que os valores assumidos pelo coeficiente de variação fenotípica aumentaram, independentemente do número de plantas na parcela. Esse fato pode ser atribuído ao aumento da competição dentro da parcela, o que provocaria elevação da variação entre plantas em todos os tamanhos das parcelas. Esse resultado foi igual ao obtido por PATINÕ-VALERA (1996), no qual o coeficiente de variação fenotípica tendeu a aumentar com a elevação da idade (de 15 para 32 meses).

As características de crescimento analisadas (altura total, *dap* e volume individual) nas diferentes idades apresentaram o mesmo comportamento, mas o  $CV_f$  teve magnitudes diferentes, como pode ser verificado nas Figuras 4 e 5. Segundo ROMANELLI (1988), essa diferença entre os valores pode ser explicada pela competição entre plantas, que influencia mais o *dap* do que a altura total e, conseqüentemente, o volume individual.

#### **4.1.3. Produtividade**

A estimativa do comportamento dos 27 clones, em termos de produtividade, é apresentada na Figura 6. Observa-se que, em todos os tamanhos de parcela, houve uma mesma tendência de incremento no volume com o transcorrer da idade. Considerando como parcela-padrão a de 25 plantas (testemunha), constatou-se apenas diferença significativa, a 1% de probabilidade, em relação à parcela formada por 4 plantas, conforme o procedimento de LEITE e OLIVEIRA (2000).

Considerando os 5 clones superiores, a estimativa do volume por hectare (Figura 7) apresentou diferença estatística significativa a 1% de probabilidade. Os valores obtidos nas parcelas de 2, 4, 10 e 9 plantas diferiram

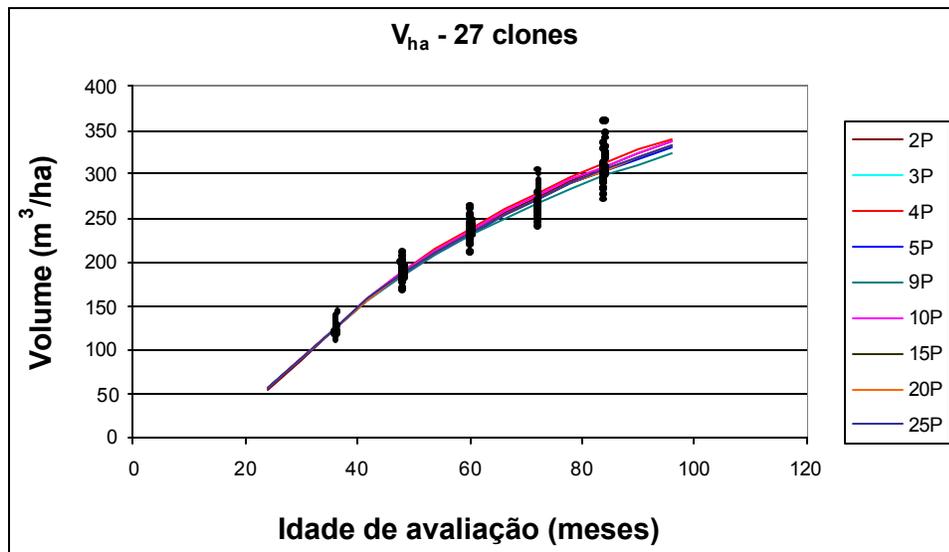


Figura 6 – Volume por hectare (m<sup>3</sup>) em função do tamanho das unidades amostrais (parcelas) dos 27 clones de *Eucalyptus* spp., em diferentes idades de avaliação.

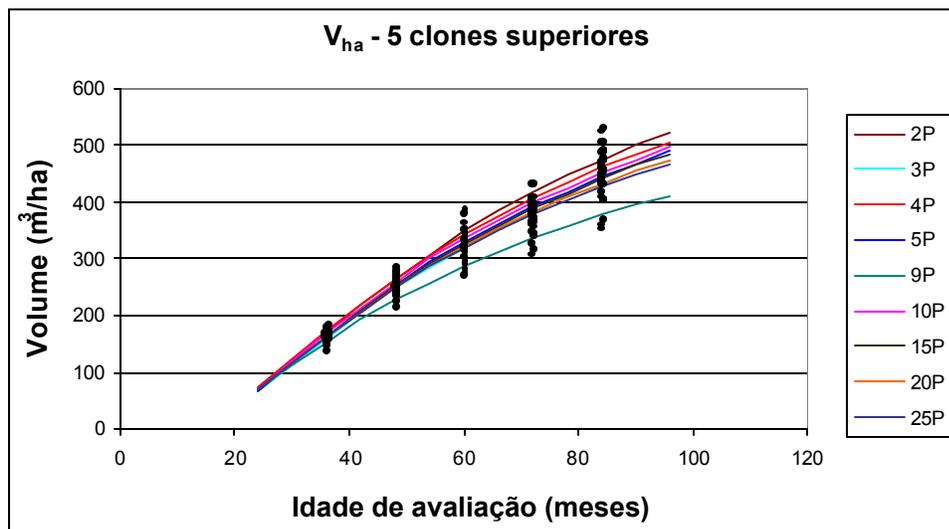


Figura 7 – Volume por hectare (m<sup>3</sup>) em função do tamanho das unidades amostrais (parcelas) dos 5 clones superiores de *Eucalyptus* spp., em diferentes idades de avaliação.

dos obtidos na parcela-padrão de 25 plantas. As parcelas com 2, 4 e 10 plantas tenderam a superestimar os valores de volume por hectare em relação aos

encontrados nas parcelas com 25 plantas, enquanto a parcela de 9 plantas tendeu a subestimar os valores de volume por hectare, em comparação com a parcela-padrão (25 plantas). As menores estimativas de volume obtidas nas parcelas de 9 plantas centrais foram devidas a uma competição intensa entre plantas dentro da parcela. Já as parcelas de 2, 4 e 10 plantas foram formadas por plantas próximas da bordadura de semente, o que permitiu que os clones superiores dominassem as plantas da bordadura e tivessem crescimento mais elevado. A competição desigual dos clones com as plantas de semente, que apresentam potencial de crescimento inferior ao dos clones, principalmente os clones superiores do teste, é comumente observada nos testes clonais. Comportamento semelhante foi obtido por SILVA et al. (2000), entre parcela linear de 5 plantas e parcela quadrada de 9 plantas, com bordadura completa.

O Coeficiente de Determinação ( $R^2$ ) e as respectivas equações de regressão dos 27 clones e dos 5 clones com crescimento superior são apresentados no Quadro 4. Os valores de  $R^2$  indicam bom ajuste da curva aos valores observados, confirmando a existência de uma relação do tipo função-potência entre o volume por hectare e a idade de avaliação, independentemente do tamanho da parcela considerado.

A idade de avaliação dos testes clonais exerceu grande influência na definição do tamanho da parcela experimental, considerando-se as características ( $Ht$ ,  $dap$  e  $V_i$ ) e os parâmetros analisados ( $CV_{exp}$  e  $CV_f$ ). De maneira geral, com o aumento da idade de avaliação dos testes clonais, houve maior heterogeneidade entre as plantas da parcela, evidenciando-se a competição das árvores por um mesmo recurso natural. Assim, as avaliações realizadas em idade precoce permitem o uso de parcelas menores em relação às avaliações em idades mais avançadas, podendo, assim, ser recomendadas, principalmente, nos casos de seleção clonal de cunho preliminar, em que é avaliado grande número de clones e há necessidade de se terem informações rápidas (precoce) sobre o comportamento destes.

Quadro 4 – Equações ajustadas para estimativa de volume ( $V_{ha}$ ) em relação às idades de avaliação, nas diferentes parcelas analisadas, considerando-se os 27 clones e os 5 clones superiores de *Eucalyptus* spp.

Clones Analisados	Tamanho da Parcela	Equação	$R^2$ (%)
-------------------	--------------------	---------	-----------

	(Nº de plantas)	Exponencial	
27 clones	2	$V = e^{6,42020 - 57,71363/1}$	92,87
	3	$V = e^{6,37551 - 55,48990/1}$	96,91
	4	$V = e^{6,42422 - 57,02357/1}$	95,64
	5	$V = e^{6,38524 - 56,17310/1}$	95,96
	9	$V = e^{6,35547 - 55,27402/1}$	95,90
	10	$V = e^{6,40807 - 56,67338/1}$	97,96
	15	$V = e^{6,39138 - 56,32617/1}$	99,04
	20	$V = e^{6,39226 - 56,47502/1}$	98,97
	25	$V = e^{6,39392 - 56,37795/1}$	98,18
5 clones superiores	2	$V = e^{6,93975 - 65,23608/1}$	96,91
	3	$V = e^{6,81552 - 62,82136/1}$	96,00
	4	$V = e^{6,87456 - 62,33145/1}$	97,03
	5	$V = e^{6,86005 - 63,87432/1}$	98,61
	9	$V = e^{6,62358 - 57,65786/1}$	93,36
	10	$V = e^{6,86443 - 62,96885/1}$	98,98
	15	$V = e^{6,83604 - 62,75341/1}$	97,22
	20	$V = e^{6,81112 - 62,22227/1}$	96,82
	25	$V = e^{6,79449 - 61,70218/1}$	96,70

## 4.2. Influência do espaçamento no tamanho da parcela experimental

Para analisar a influência do espaçamento de plantio sobre o tamanho da parcela experimental, utilizou-se o Teste Clonal II, composto por 14 clones de *Eucalyptus* spp., estabelecidos nos espaçamentos de 3 x 2; 3 x 2,5; e 3 x 3 m, avaliados aos 6 anos de idade.

### 4.2.1. Coeficiente de variação experimental

Os resultados do coeficiente de variação experimental são apresentados na Figura 8. Constatou-se diferença significativa entre os valores obtidos nos diferentes espaçamentos (3 x 3; 3 x 2,5; e 3 x 2 m), considerando as características de altura total, *dap* e volume individual, com base no

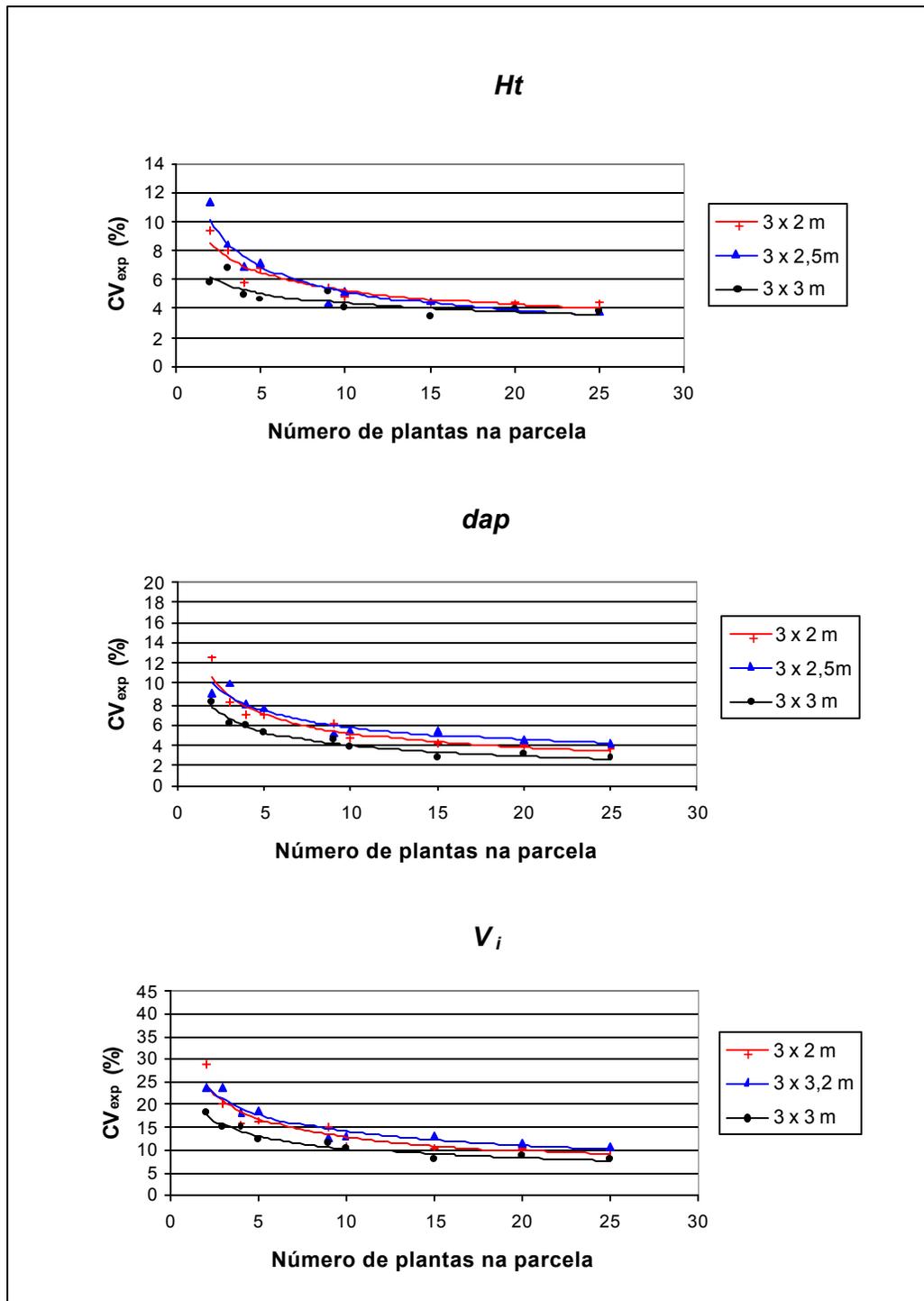


Figura 8 – Coeficiente de variação experimental ( $CV_{exp}$ ), referente a altura total ( $H_t$ ), diâmetro à altura do peito ( $dap$ ) e volume individual ( $V_i$ ), obtidos nos diferentes tamanhos das unidades amostrais (parcela), instaladas em 3 espaçamentos diferentes (3 x 2; 3 x 2,5; e 3 x 3 m), avaliados aos seis anos de idade, no teste clonal constituído de 14 clones de *Eucalyptus* spp.

procedimento estatístico de LEITE e OLIVEIRA (2000), a 1% de probabilidade. Observou-se que o espaçamento de 3 x 3 m proporcionou menor variação experimental em relação aos demais espaçamentos de 3 x 2 e 3 x 2,5 m, quanto às três características analisadas (Figura 8). PATINÕ-VALERA (1996) também constatou ligeira redução do  $CV_{exp}$ , com incremento no espaçamento (3 x 1 para 3 x 2 m) para altura, *dap*, volume cilíndrico e área basal. Tal resultado foi atribuído a uma redução na competição entre plantas, devido ao aumento da área disponível para as plantas (espaçamentos), pois o espaçamento estava ligado diretamente ao grau de competição pelos recursos disponíveis para crescimento.

Considerando as características analisadas, observa-se, na Figura 8, que os valores assumidos pelo coeficiente de variação experimental ( $CV_{exp}$ ) foram menores quanto à característica altura total, provavelmente devido ao fato de a altura total ser menos influenciada pela competição. O diâmetro, no entanto, é mais afetado pela densidade do povoamento. Tal fato é consequência de maior competição entre árvores (COUTO, 1977; PATINÕ-VALERA, 1996; SOUZA, 1988; SILVA, 1990; CAMPOS et al., 1991; OLIVEIRA, 1998). Além disso, ROMANELLI (1988) e SOUZA (1988) relataram que a diferença em altura entre espaçamentos distintos acentuou-se com o passar da idade, afirmando que, para altura, a competição se estabeleceu de maneira mais acentuada a partir do sexto ano.

Em testes clonais implantados em espaçamentos mais amplos, espera-se menor variação experimental. Entretanto, a utilização de parcelas com um mesmo número de plantas estabelecidas em um espaçamento maior promoverá incremento na área da parcela. Além disso, em espaçamento muito adensado, a seleção fenotípica dos melhores clones poderá ser facilitada, pois a competição entre as plantas provocará maior discrepância entre os clones e, conseqüentemente, tenderá a promover a expressão dos melhores genótipos, em idades mais precoces (BOUVET, 1997).

#### **4.2.2. Coeficiente de variação fenotípica**

Considerando a Figura 9, foi constatada a diferença significativa a 1% de probabilidade, com base no procedimento estatístico proposto por LEITE e OLIVEIRA

(2000), entre os valores do coeficiente de variação fenotípica ( $CV_f$ ) das características altura total, *dap* e volume individual obtidos nos 3 espaçamentos. Verificou-se que o espaçamento de 3 x 3 m proporcionou menor coeficiente de variação fenotípica na parcela, independentemente da característica analisada e do tamanho da unidade experimental utilizado (Figura 9). O coeficiente de variação fenotípica aumentou gradualmente de acordo com a redução no espaçamento. SILVA (1993), trabalhando com *Acacia mangium*, atribuiu o aumento na variação das características de crescimento ao fato de os espaçamentos reduzidos promoverem maior competição entre plantas.

Em todos os espaçamentos, independentemente da característica analisada (Figura 9), observou-se que os valores dos coeficientes de variação fenotípica obtidos nas parcelas menores apresentaram certa instabilidade. Tal fato evidenciou que, por questão de amostragem de baixo número de plantas, a variação fenotípica dentro da parcela pode ter sido inconsistente, não se recomendando, portanto, a utilização de parcelas com menos de 5 plantas.

Os valores dos coeficientes de variação fenotípica foram maiores ou menores, de acordo com a característica analisada. A característica altura total apresentou as menores variações fenotípicas em relação ao *dap* e ao volume individual, indiferentemente do espaçamento de plantio adotado. Esse fato pode ser atribuído à menor influência da competição sobre a altura total, como discutido anteriormente.

O espaçamento entre plantas utilizado na implantação dos testes clonais influenciou a definição do tamanho da parcela, considerando-se as características ( $H_t$ , *dap* e  $V_i$ ) e os parâmetros analisados ( $CV_{exp}$  e  $CV_f$ ). Assim, no presente trabalho, o número de plantas na parcela poderia ter sido reduzido com a utilização de espaçamento maior, visto que em espaçamento mais adensado o efeito de competição é mais acentuado.

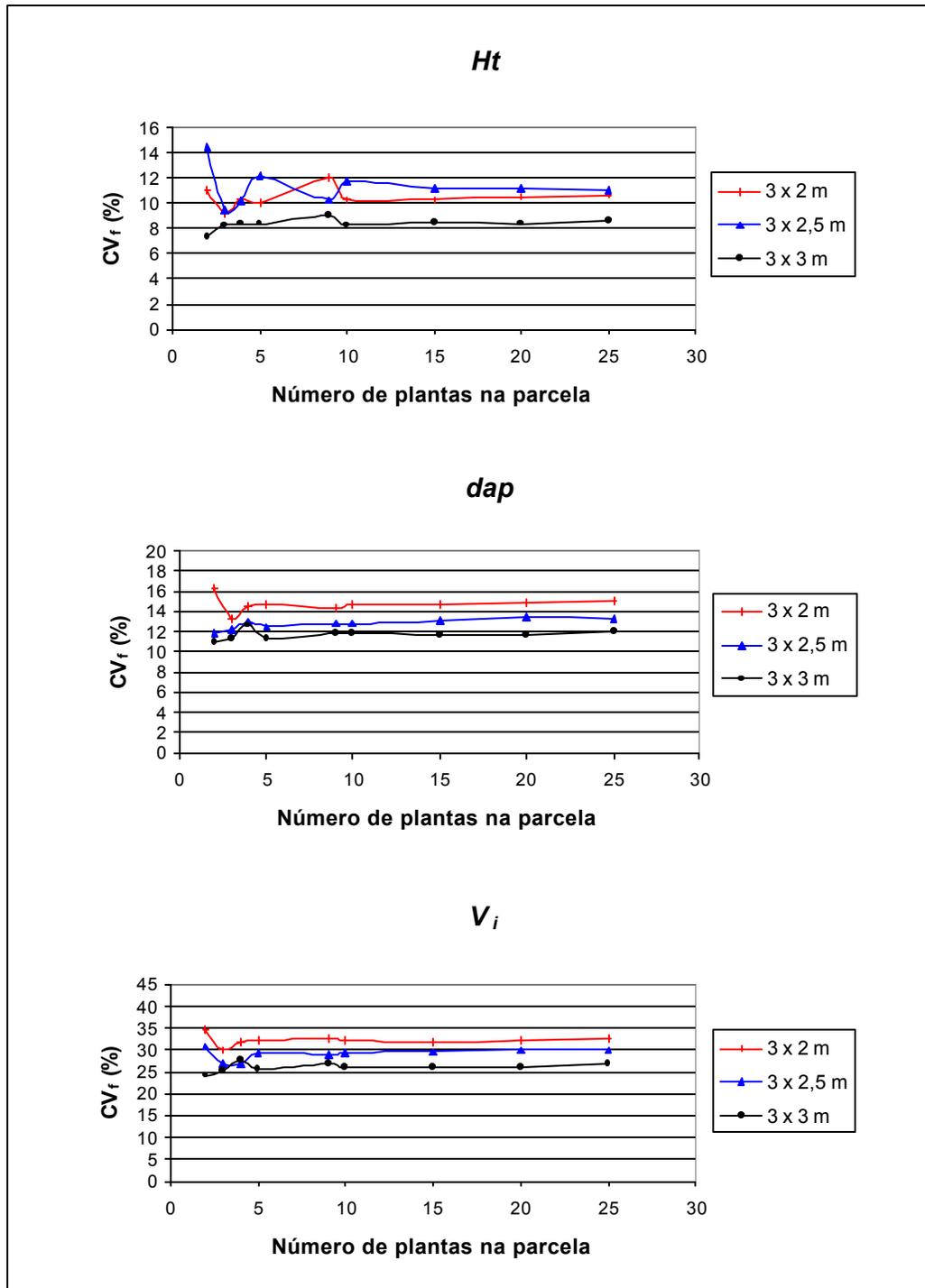


Figura 9– Coeficiente de variação fenotípica ( $CV_f$ ), referente a altura total ( $H_t$ ), diâmetro à altura do peito ( $dap$ ) e volume individual ( $V_i$ ), obtidos nos diferentes tamanhos das unidades amostrais (parcela), instaladas em 3 espaçamentos diferentes (3 x 2; 3 x 2,5; e 3 x 3 m), avaliados aos seis anos de idade, no teste clonal constituído de 14 clones de *Eucalyptus* spp.

#### 4.2.3. Produtividade

As médias do volume de madeira por hectare, obtidas nos diferentes espaçamentos, estão representados no Quadro 5. Pode-se observar, nesse quadro, um menor volume em todas as unidades experimentais, estabelecidas no espaçamento 3 x 3 m, em relação aos demais espaçamentos. Além disso, não ocorreu no espaçamento 3 x 3 m grande competição pelos recursos naturais para o crescimento das plantas, fato que justifica a menor variação experimental verificada nesse espaçamento.

Considerando o volume por hectare, constatou-se diferença significativa entre as unidades experimentais, que foram estabelecidas no espaçamento 3 x 2,5 m, conforme apresentado no Quadro 5. Essa diferença ocorreu entre a unidade experimental 3, formada por 4 plantas, e as unidades experimentais 1 e 5, formadas por 2 e 9 plantas, respectivamente, cujo resultado indicou a instabilidade das pequenas parcelas na representação do desempenho do clone. Quanto à unidade experimental 5 (parcela de 9 plantas), por ter apresentado bordadura de planta do mesmo clone, ela não foi influenciada pela competição direta entre as plantas da parcela e as da bordadura de semente. Sem a competição favorável, as plantas da parcela clonal apresentaram crescimento volumétrico inferior ao das demais unidades experimentais.

Quadro 5 – Resumo das comparações entre médias do volume por hectare (m<sup>3</sup>/ha), obtidas nas diferentes unidades experimentais (parcelas) estabelecidas nos espaçamentos 3 x 2; 3 x 2,5; e 3 x 3 m, de 14 clones de *Eucalyptus* avaliados aos 6 anos de idade

<b>Unidades Experimentais</b>	<b>Espaçamentos de Plantio</b>		
	<b>3 x 2 m</b>	<b>3 x 2,5 m</b>	<b>3 x 3 m</b>
UE1 (2 plantas)	291,6 a	290,5 b	266,0 a
UE2 (3 plantas)	294,3 a	292,9 a b	267,0 a
UE3 (4 plantas)	300,2 a	318,9 a	265,1 a
UE4 (5 plantas)	293,0 a	291,7 a b	266,3 a
UE5 (9 plantas)	270,2 a	284,1 b	241,8 a
UE6 (10 plantas)	298,2 a	305,1 a b	268,4 a
UE7 (15 plantas)	295,4 a	297,3 a b	266,4 a
UE8 (20 plantas)	289,4 a	292,9 a b	261,1 a
UE9 (25 plantas)	285,9 a	296,0 a b	257,8 a

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente, a 1% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Já as unidades experimentais estabelecidas nos espaçamentos 3 x 2 e 3 x 3 m não apresentaram diferença significativa a 1% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

#### 4.3. Influência do local no tamanho da parcela experimental

Para analisar a influência do local de plantio no tamanho da parcela experimental, utilizaram-se o Teste Clonal III, estabelecido em um solo classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA), e o Teste Clonal IV, estabelecido em Areia Quartzosa (AQ). Ambos os testes apresentaram os mesmos 5 clones de eucalipto, aos 4 anos de idade, no espaçamento 3 x 2,5 m.

#### 4.3.1. Coeficiente de variação experimental

Os coeficientes de variação experimental das características altura total, *dap* e volume individual, obtidos nos diferentes tamanhos das unidades experimentais (parcela) instaladas em dois locais distintos, são apresentados na Figura 10. Os valores dos coeficientes de variação de *dap* e volume individual, nos diferentes locais de avaliação, não diferiram estatisticamente a 1% de probabilidade, pelo procedimento proposto por LEITE e OLIVEIRA (2000). Entretanto, para altura total, houve diferença significativa a 1% de probabilidade pelo mesmo teste, entre os dois locais avaliados, ressaltando-se que, para altura total, o local “LVA” apresentou menor variação experimental em relação ao local “AQ”. Tal fato pode ser atribuído à maior disponibilidade dos recursos naturais no “LVA”, o que permitiu crescimento mais uniforme em comparação com o crescimento das plantas em locais com menor capacidade produtiva (AQ). Esses resultados são semelhantes aos relatados por BERTOLOTTI (1986) e VETTORAZZO (1989) para clones de eucalipto. SILVA (1993), trabalhando com *Acacia mangium*, em dois locais distintos (Belo Oriente e Coronel Fabriciano, Minas Gerais), também não constatou influência dos diferentes locais sobre as plantas.

Observa-se na Figura 10, independentemente do local de avaliação considerado, que os menores valores assumidos pelo coeficiente de variação experimental foram os das características altura total, *dap* e volume individual. Esses valores estão relacionados ao comportamento específico de cada característica e com o efeito ambiental, que influencia diretamente a precisão experimental, pois, segundo GOMES (1996), as diferentes características qualitativas e quantitativas de interesse para o melhoramento apresentam graus distintos de interação, ou seja, há características que sofrem mais o efeito do ambiente do que outras.

A mesma precisão experimental encontrada nos dois locais de avaliação indicou a baixa interferência da qualidade do "site" na determinação do número de plantas

necessárias para uma parcela experimental. Considerando as características analisadas neste trabalho, percebeu-se que os recursos naturais, que possibilitam maior ou menor capacidade produtiva, agiram de forma uniforme sobre as parcelas do mesmo teste, não comprometendo a homogeneidade do bloco e, conseqüentemente, não afetando a precisão experimental dos resultados.

#### **4.3.2. Coeficiente de variação fenotípica**

Os coeficientes de variação fenotípica obtidos para as características altura total, *dap* e volume individual, nas diferentes unidades experimentais, que foram instaladas em dois locais distintos, são apresentados na Figura 11. Observou-se diferença significativa, a 1% de probabilidade, entre os valores obtidos nos diferentes locais, pelo procedimento de LEITE e OLIVEIRA (2000). As plantas do local com maior capacidade produtiva (LVA) apresentaram menor variação fenotípica em comparação com as plantas do local de AQ. Provavelmente, o aumento da variação fenotípica no ambiente com Areia Quartzosa (AQ) foi decorrente da maior competição pelos recursos naturais, que se encontravam abaixo das condições ideais de crescimento nesse local. MORI (1987) afirmou que sítios de maior produtividade permitem crescimento mais homogêneo na maioria dos indivíduos, pois, quando um fator de crescimento não atende às necessidades individuais da planta, a competição entre indivíduos se estabelece mais cedo, provocando crescimento diferenciado dos indivíduos dentro de uma mesma parcela, com redução na uniformidade do plantio.

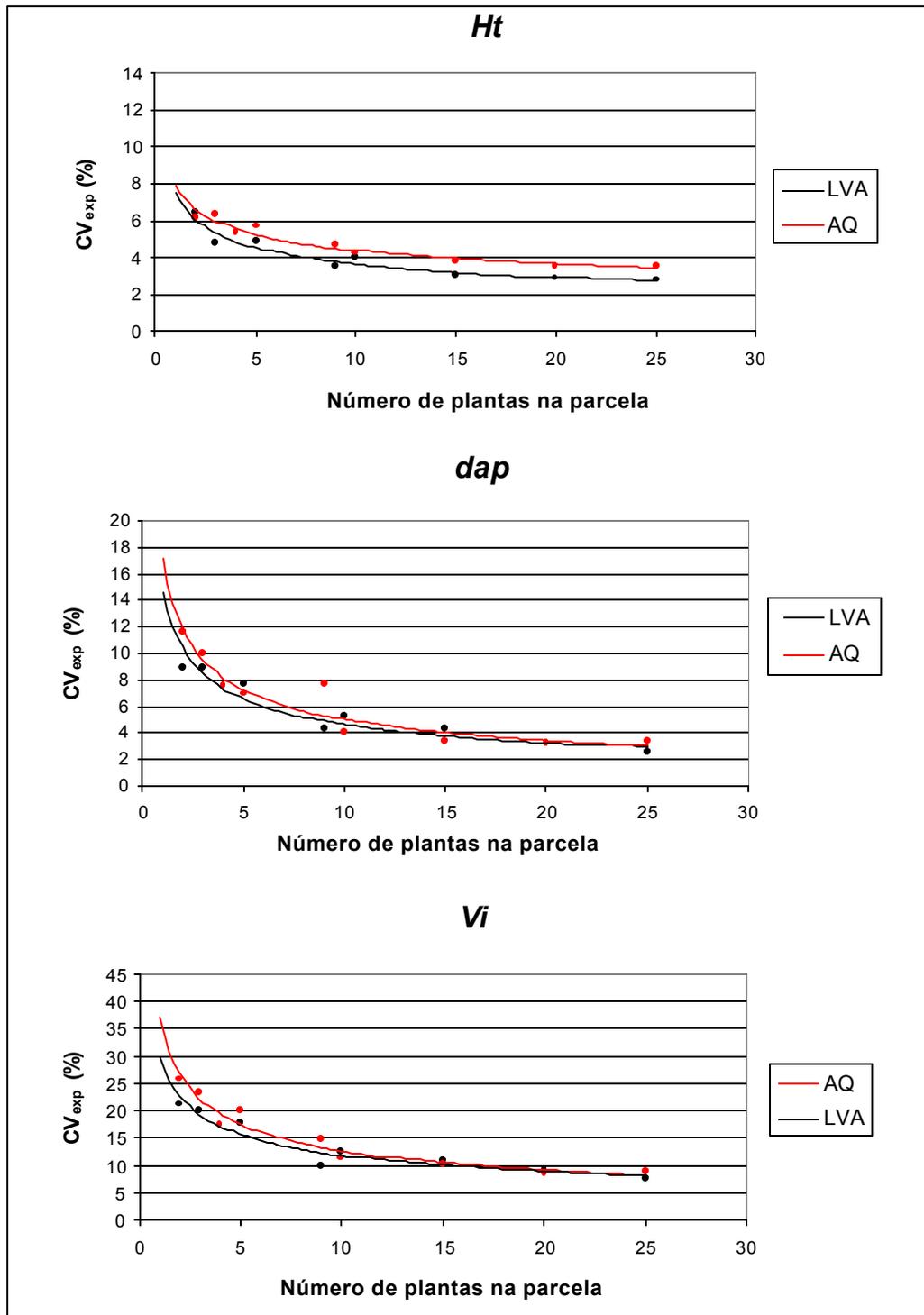


Figura 10– Coeficiente de variação experimental ( $CV_{exp}$ ), referente a altura total ( $H_t$ ), diâmetro à altura do peito ( $dap$ ) e volume individual ( $V_i$ ) de 5 clones de *Eucalyptus* spp., avaliados aos 4 anos de idade, obtidos nos diferentes tamanhos das unidades amostrais (parcela) instaladas no espaçamento 3 x 2,5 m, em Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA) e Areia Quartzosa (AQ).

As parcelas com menor número de plantas apresentaram os valores do coeficiente de variação fenotípica instáveis, ressaltando-se que os valores permaneceram constantes somente a partir das parcelas com 9 e 10 plantas. Esse fato pode ser atribuído à questão de amostragem, em que as menores parcelas não representaram adequadamente toda a variação fenotípica.

A altura total apresentou os menores valores do coeficiente de variação fenotípica, em relação ao *dap* e ao volume individual, indiferentemente do local de estabelecimento do teste. Tal fato pôde ser atribuído à menor influência do ambiente sobre a altura total, como discutido anteriormente.

Os testes clonais apresentaram uma mesma precisão experimental nos dois locais de avaliação. Entretanto, as plantas de uma mesma parcela em determinado ambiente tiveram variações fenotípicas diferentes em comparação com as plantas do mesmo clone estabelecido em outro ambiente. Assim, para a utilização de um mesmo número de plantas na parcela em locais distintos com capacidade produtiva, recomenda-se a realização de novos estudos, com maior número de clones avaliados em vários locais, para que se possa conhecer melhor os efeitos do ambiente no tamanho da parcela.

#### **4.3.3. Produtividade**

As médias do volume por hectare, obtidas nas diferentes unidades experimentais estabelecidas em dois locais (AQ e LVA), são apresentadas no Quadro 6. Observa-se, nesse quadro, uma grande diferença entre os dois locais de instalação dos testes, evidenciando o efeito da capacidade produtiva do ambiente no crescimento das plantas.

As unidades experimentais estabelecidas em ambos os locais de avaliação apresentaram diferença significativa a 1% de probabilidade, pelo teste de Tukey (Quadro 6). As unidades experimentais demonstraram comportamento semelhante, como discutido nos itens anteriores. Porém, o teste estabelecido em “AQ” apresentou maior heterogeneidade em relação ao teste estabelecido em “LVA”. De forma geral, a unidade experimental 5 (9 plantas) teve o menor crescimento volumétrico, provavelmente devido à maior competição interna, já que a bordadura, nesse caso específico, é formada por plantas do mesmo genótipo e, conseqüentemente, com o mesmo potencial competitivo.

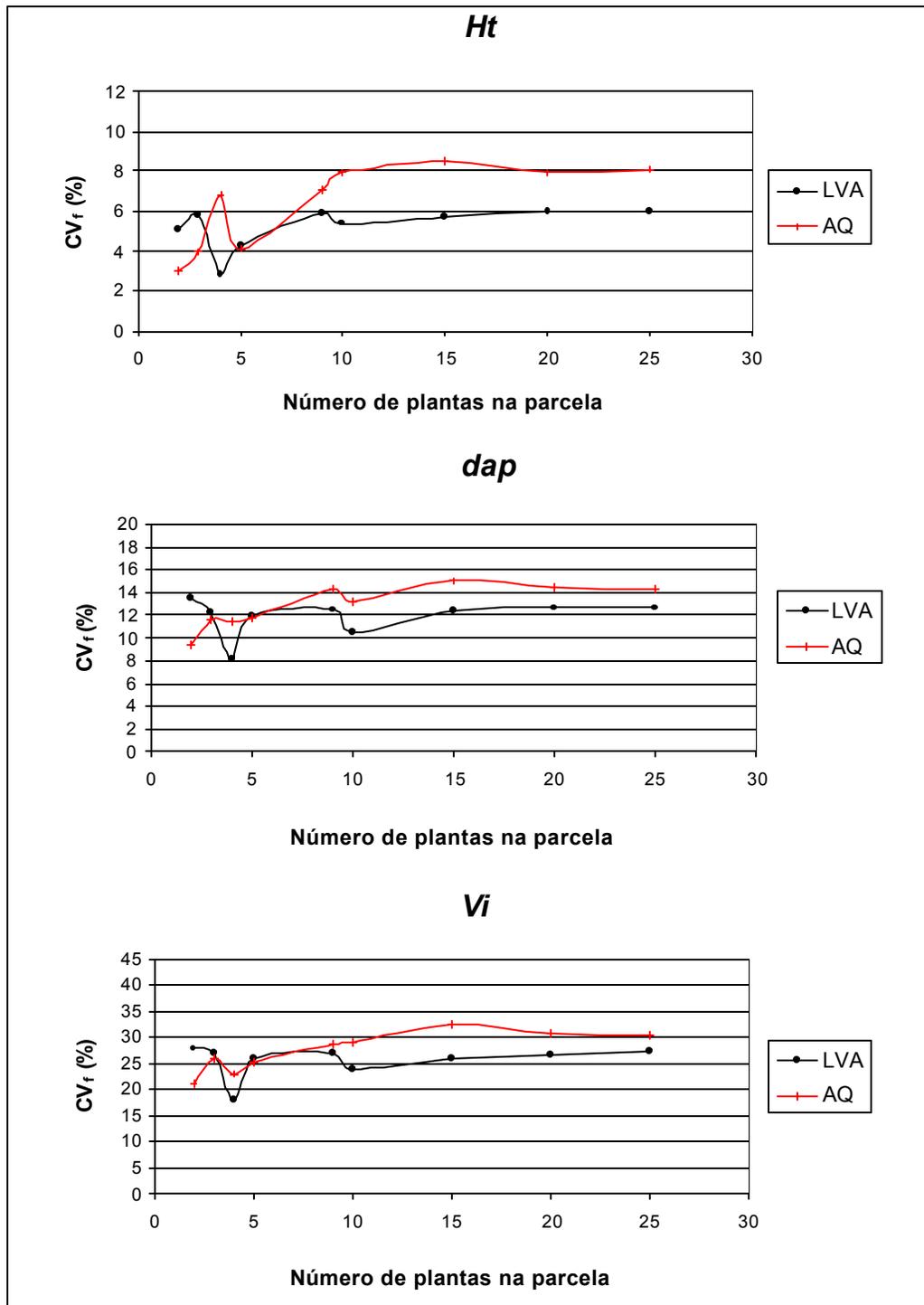


Figura 11– Coeficiente de variação fenotípica ( $CV_f$ ), referente a altura total ( $H_t$ ), diâmetro à altura do peito ( $dap$ ) e volume individual ( $V_i$ ) de 5 clones de *Eucalyptus* spp., avaliados aos 4 anos de idade, obtidos nos diferentes tamanhos das unidades amostrais (parcela) instaladas no espaçamento 3 x 2,5 m, em Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA) e Areia Quartzosa (AQ).

Quadro 6 – Resumo das comparações entre médias do volume por hectare (m<sup>3</sup>/ha) de 5 clones de *Eucalyptus*, avaliados aos 4 anos de idade, obtidas nas diferentes unidades experimentais (parcelas), estabelecidas no espaçamentos 3 x 2,5 m, em Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA) e Areia Quartzosa (AQ)

Unidades Experimentais	Locais de Plantio	
	“LVA”	“AQ”
UE1 (2 plantas)	216,5 a b	136,9 a b
UE2 (3 plantas)	206,7 a b	165,6 a
UE3 (4 plantas)	238,3 a	125,7 b
UE4 (5 plantas)	210,4 a b	144,9 a b
UE5 (9 plantas)	201,8 b	112,5 c
UE6 (10 plantas)	221,1 a b	136,4 a b
UE7 (15 plantas)	219,1 a b	126,9 b
UE8 (20 plantas)	216,5 a b	125,2 b
UE9 (25 plantas)	212,6 a b	126,2 b

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si, a 1% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

#### 4.4. Determinação do tamanho da parcela experimental

Utilizando os dados de todos os 4 testes clonais analisados nos itens anteriores, determinou-se o tamanho mínimo da parcela clonal, com base no Método da Máxima Curvatura Modificado, no Método da Correlação Intraclasse e na Análise Visual, conforme apresentado nos tópicos subseqüentes.

##### 4.4.1. Método da máxima curvatura modificado

Os resultados encontrados com base no método da máxima curvatura modificado são apresentados no Quadro 7. Observa-se, nesse quadro, que, dentre as características analisadas, o volume individual foi o que estimou o maior número de plantas por parcela (3,8 a 6,4). Esse resultado está de acordo com o de PATINÕ-VALERA (1996), que salientou que características compostas, como área basal e volume cilíndrico, geralmente apresentam os maiores valores de CV<sub>exp</sub>.

No geral, a característica *dap* exigiu número de árvores intermediário em relação às demais características. A altura total proporcionou boa precisão experimental com pequeno número de plantas na parcela, sendo esta, como discutido anteriormente, pouco influenciada por ambiente, competição, tratos silviculturais etc.

O número de plantas exigido na parcela experimental tendeu a aumentar de acordo com o incremento da idade de avaliação (Quadro 7), independentemente da característica analisada e da "performance" dos clones. Tal aumento pode ser atribuído ao incremento da interação dos clones com o ambiente com o passar do tempo, provocando, assim, essa maior variação entre as parcelas.

Comparando as estimativas obtidas na análise dos 27 clones com as estimativas encontradas na análise dos 5 clones superiores (Quadro 7), fica clara a menor exigência do número de plantas por parcela para os clones de crescimento superior, visto que estes apresentam maior uniformidade. Desse modo, a redução no tamanho da parcela não afetaria o diagnóstico dos melhores clones quando o interesse centrar nestes.

Observa-se no Quadro 7, com exceção da característica altura total, que o número de plantas determinado para a parcela experimental foi menor no espaçamento 3 x 3 m, seguido pelos espaçamentos 3 x 2,5 e 3 x 2 m. Tal fato indica que o aumento na área explorada por planta reduziu a competição entre árvores e diminuiu o número de plantas na parcela experimental.

Resultados semelhantes, encontrados nos diferentes locais, indicam a baixa interferência da capacidade produtiva do ambiente na determinação do número de plantas necessário para a parcela experimental do teste clonal, ou seja, no presente caso, os recursos naturais agiram de forma uniforme sobre as parcelas do mesmo teste, não comprometendo a homogeneidade do bloco, o que proporcionou a mesma precisão experimental nos dois casos.

Os valores expostos no Quadro 7 indicam uma média geral de 3,2 plantas por parcela, com alguns valores, entretanto, variando de 1,0 e 6,4. Desse modo, com base no método de máxima curvatura modificado, uma parcela de 5 plantas é capaz de fornecer valores confiáveis, visto atender à estimativa obtida para a característica com maior valor ( $V_i$ ). Assim, para qualquer teste clonal, deve-se respeitar um mínimo de plantas por parcela,

Quadro 7 – Estimativa do tamanho da parcela experimental ( $X_c$ ), pelo método da máxima curvatura modificado, em árvores úteis, referente às características altura total, dap e volume individual, analisadas nos diferentes testes clonais de *Eucalyptus* spp.

Teste Clonal Analisado	Ht			dap			Vi		
	Características	Regres são	$r^2$ (%)	$c$	Regres são	$r^2$ (%)	Regres são	$r^2$ (%)	$c$
27 clones aos 3 anos	$7,647 x^{-0,2496}$	97,3	1,4	$11,428 x^{-0,2771}$	96,6	2,1	$26,567 x^{-0,281}$	95,3	4,
27 clones aos 4 anos	$9,359 x^{-0,3115}$	93,9	1,9	$12,553 x^{-0,287}$	89,9	2,3	$27,804 x^{-0,2742}$	90,1	4,
27 clones aos 5 anos	$10,74 x^{-0,3585}$	94,8	2,4	$14,965 x^{-0,2955}$	86,4	2,7	$33,154 x^{-0,2803}$	84,5	4,
27 clones aos 6 anos	$10,834 x^{-0,3052}$	87,2	2,2	$16,109 x^{-0,3088}$	92,7	3,0	$35,182 x^{-0,2706}$	87,5	5,
27 clones aos 7 anos	$11,497 x^{-0,3036}$	95,4	2,3	$18,798 x^{-0,3289}$	89,9	3,5	$39,769 x^{-0,278}$	85,2	5,
5 melhores aos 3 anos	$5,966 x^{-0,2289}$	83,4	1,1	$10,854 x^{-0,3617}$	87,2	2,4	$24,205 x^{-0,3225}$	94,5	4,
5 melhores aos 4 anos	$8,366 x^{-0,3771}$	94,4	2,1	$11,261 x^{-0,4051}$	80,6	2,7	$23,36 x^{-0,3668}$	79,9	4,
5 melhores aos 5 anos	$7,583 x^{-0,4041}$	88,5	2,0	$12,042 x^{-0,3343}$	87,7	2,5	$25,315 x^{-0,2991}$	87,9	4,
5 melhores aos 6 anos	$6,49 x^{-0,1997}$	90,0	1,0	$13,498 x^{-0,3913}$	86,6	3,0	$26,086 x^{-0,2747}$	88,5	4,
5 melhores aos 7 anos	$7,998 x^{-0,414}$	94,3	2,1	$13,828 x^{-0,3293}$	96,7	2,8	$32,096 x^{-0,3268}$	86,5	5,
Espaçamento 3 x 2 m	$10,524 x^{-0,301}$	88,6	2,1	$14,619 x^{-0,4531}$	94,4	3,4	$31,997 x^{-0,3972}$	89,4	5,
<b>Espaçamento 3 x 2,5 m</b>	$13,41 x^{-0,4125}$	93,0	3,0	$12,936 x^{-0,3519}$	92,3	2,7	$30,798 x^{-0,3418}$	92,9	5,
<b>Espaçamento 3 x 3 m</b>	$6,569 x^{-0,1837}$	78,6	1,0	$10,05 x^{-0,4051}$	94,0	2,5	$21,381 x^{-0,3189}$	92,9	3,
<b>“LVA”</b>	$7,584 x^{-0,3167}$	94,1	1,7	$14,606 x^{-0,4982}$	91,6	3,5	$30,013 x^{-0,402}$	91,9	5,
<b>“AQ”</b>	$7,933 x^{-0,2566}$	95,1	1,5	$17,028 x^{-0,531}$	88,2	3,9	$37,146 x^{-0,4648}$	95,8	6,
Média (Xc)			1,9			2,9			4,

Ht = altura total, *dap* = diâmetro à altura do peito, V = volume individual,  $R^2$  = coeficiente de determinação e Xc = ponto na abscissa onde a curvatura é máxima.

para que se possa obter um grau de precisão experimental desejável para aquela característica de interesse. A utilização de 5 plantas por parcela, além de enquadrar a maioria dos testes analisados, permite redução significativa no número de plantas na parcela dos testes clonais, sem implicar redução na precisão dos resultados fornecidos.

#### 4.4.2. Método da correlação intraclasse

No Quadro 8 são apresentadas as estimativas do tamanho ótimo da parcela experimental, obtidas pelo método da correlação intraclasse, considerando-se as nove plantas centrais da parcela, conforme descrito por GOMES (1984).

Dentre as características analisadas, o *dap* apresentou as maiores estimativas do número de plantas por parcela. Esse fato pode ser atribuído à grande influência que o diâmetro sofre do ambiente, da competição e dos tratos silviculturais. Considerando o volume individual, o maior número determinado foi de 5,5 plantas por parcela e, para altura total, de 5,4 plantas por parcela. Como, geralmente, a altura total é menos influenciada pelo ambiente, ela apresentou a menor estimativa do número de plantas por parcela, ao passo que o volume individual adquiriu valores intermediários aos das duas características.

Observa-se no Quadro 8 que, nos 5 clones superiores, o número de plantas determinado foi menor do que quando foram considerados os 27 clones. Atribuiu-se esse resultado ao crescimento mais uniforme dos clones superiores. Em ambos os casos houve, com o aumento da idade, maior necessidade de plantas na parcela, provavelmente decorrente da maior competição na parcela pelos recursos naturais com o transcorrer do tempo.

Os resultados apresentados no Quadro 8, por meio dos testes pelos quais se analisou a influência do espaçamento, indicam valores discrepantes, principalmente considerando o *dap*. Para esta característica, obtiveram-se 5,3 e 8,6 plantas por parcela, nos espaçamentos 3 x 2 m e 3 x 3 m, respectivamente. O resultado encontrado no espaçamento 3 x 3 m, com menor competição, foi decorrente da baixa variação entre as parcelas ( $V_1$ ). Isso levou as estimativas dos coeficientes de correlação intraclasse ( $\hat{\rho}$ ) com valores

*Quadro 8 – Estimativa do número ótimo de árvores na parcela (K), pelo método da correlação intraclasse, referente às características crescimento em altura, dap e volume individual, considerando-se parcelas*

quadradas de 9 plantas úteis com bordadura em diferentes testes  
clonais de *Eucalyptus* spp.

e clonal analisado Características	Ht				dap				V <sub>i</sub>		
	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	ρ̂	K	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	ρ̂	K	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	ρ̂
7 clones aos 3 anos	3,822	1,530	0,1427	3,5	3,048	1,735	0,0776	4,9	0,00076	0,00042	0,0825
7 clones aos 4 anos	6,098	2,161	0,1683	3,1	3,577	2,537	0,0436	6,6	0,00188	0,00107	0,0776
7 clones aos 5 anos	6,430	3,581	0,0812	4,8	5,012	3,315	0,0538	5,9	0,00330	0,00199	0,0682
7 clones aos 6 anos	8,555	4,124	0,1067	4,1	6,611	4,212	0,0595	5,6	0,00529	0,00299	0,0787
7 clones aos 7 anos	11,793	5,232	0,1223	3,8	8,237	5,279	0,0586	5,7	0,00806	0,00466	0,0750
melhores aos 3 anos	3,663	0,590	0,3666	1,9	2,828	1,159	0,1379	3,5	0,00108	0,00036	0,1818
melhores aos 4 anos	5,401	1,486	0,2264	2,6	3,686	2,012	0,0846	4,7	0,00271	0,00110	0,1399
melhores aos 5 anos	5,340	2,198	0,1371	3,6	5,323	2,684	0,0985	4,3	0,00451	0,00200	0,1224
melhores aos 6 anos	7,127	2,912	0,1385	3,5	5,833	3,467	0,0705	5,1	0,00589	0,00313	0,0892
melhores aos 7 anos	8,312	3,859	0,1136	4,0	7,938	4,366	0,0833	4,7	0,00807	0,00487	0,0680
spaçamento 3 x 2 m	12,782	6,729	0,0909	4,5	5,622	3,422	0,0667	5,3	0,00528	0,00282	0,0884
spaçamento 3 x 2,5 m	9,066	5,611	0,0640	5,4	5,010	3,395	0,0502	6,2	0,00641	0,00376	0,0726
spaçamento 3 x 3 m	12,652	4,326	0,1762	3,1	3,712	2,988	0,0262	8,6	0,00549	0,00345	0,0617
“LVA”	4,965	1,560	0,1952	2,9	4,044	2,895	0,0422	6,7	0,00329	0,00172	0,0921
“AQ”	4,365	1,016	0,2681	2,3	6,749	2,573	0,1528	3,3	0,00138	0,00059	0,1295
<b>Média (K)</b>				3,5				5,4			

Ht = altura total, *dap* = diâmetro à altura do peito, V<sub>i</sub> = volume individual, V<sub>1</sub> = variância entre as parcelas, V<sub>2</sub> = variância dentro das parcelas, ρ̂ = estimativa do coeficiente da correlação intraclasse e K = número ótimo de plantas na parcela.

positivos e próximos de zero, contribuindo, assim, para a superestimação do número de plantas na parcela, como discutido por GOMES (1988). O efeito do espaçamento na estimativa da correlação intraclasse devido à competição foi relatado por XAVIER (1993).

O número de plantas determinado por parcela em locais diferentes também apresentou resultados contraditórios, principalmente de *dap*. Esse resultado também foi atribuído à ocorrência de pequena variação entre parcelas, principalmente no local com “LVA”, porque este solo apresenta características favoráveis ao crescimento das plantas, permitindo uniformidade no bloco, como discutido anteriormente.

Os valores do Quadro 8 apresentam média geral de 4,5 plantas por parcela, considerando-se todas as características e os testes analisados e apresentando alguns valores extremos de 1,9 e 8,6. Assim, a estimativa de 5 plantas úteis por parcela indica ser razoável para a presente situação, atendendo a critérios estatísticos e silviculturais envolvidos na seleção clonal.

#### 4.4.3. Análise visual

As estimativas do número de árvores úteis necessárias na parcela, a partir da análise visual, obtidos dos valores no ponto de estabilização da curva do coeficiente de variação experimental ( $CV_{exp}$ ), nos diferentes testes clonais. Analisados com base nas características crescimento em altura, *dap* e volume individual, conforme as Figuras 2, 3, 8 e 10, são apresentados no Quadro 9.

O gráfico com representação da curva do coeficiente da variação experimental para a característica altura total é apresentado na Figura 2, na qual se observa que o ponto de estabilização parece ocorrer a partir de 10 plantas na parcela, independentemente da idade de avaliação. Já os gráficos das características diâmetro à altura do peito (*dap*) e volume individual ( $V_i$ ) indicam uma estabilização das curvas das idades de 5, 6 e 7 anos, a partir de 15 plantas por parcela. Nas idades de 3 e 4 anos, o coeficiente de variação experimental parece estabilizar-se a partir de 10 plantas por parcela. O comportamento dessas características (*dap* e  $V_i$ ) provavelmente é devido a uma maior variação em idades mais avançadas.

*Quadro 9 – Estimativas do número de árvores úteis na parcela a partir da análise visual de altura total (Ht), dap e volume individual (Vi), analisadas nos diferentes testes clonais de Eucalyptus spp.*

Teste Clonal Analisado		NAUP			Média	
Nº	Características	Ht	dap	$V_i$		
I	27 clones aos 3 anos	10	10	10	10	
	27 clones aos 4 anos	10	10	10	10	
	27 clones aos 5 anos	10	15	15	13,7	
	27 clones aos 6 anos	10	15	15	13,7	
	27 clones aos 7 anos	10	15	15	13,7	
	5 melhores aos 3 anos	10	10	10	10	
	5 melhores aos 4 anos	10	10	10	10	
	5 melhores aos 5 anos	10	10	10	10	
	5 melhores aos 6 anos	10	10	10	10	
	5 melhores aos 7 anos	10	10	10	10	
	Espaçamento 3 x 2 m	10	10	10	10	
	Espaçamento 3 x 2,5 m	10	10	10	10	
	Espaçamento 3 x 3 m	5	10	10	8,4	
	II	“LVA”	10	10	10	10
	V	“AQ”	10	10	10	10
Média		9,7	11	11	10,7	

Na Figura 3, o ponto de estabilização da curva do coeficiente de variação experimental ocorre a partir de 10 plantas na parcela. Esse comportamento confirma uma menor heterogeneidade dos 5 melhores clones em relação à análise, considerando-se os 27 clones, principalmente, das características diâmetro à altura do peito (*dap*) e volume individual ( $V_i$ ).

O gráfico da característica altura total (Ht), apresentado na Figura 8, indica que a curva do coeficiente de variação experimental no espaçamento 3 x 3 m tende a estabilizar a partir de 5 plantas na parcela. Nos espaçamentos 2 x 2 e 3 x 2,5 m, o ponto de estabilização é a partir de 10 plantas úteis por parcela. Tal fato foi atribuído a uma menor competição pelos recursos naturais no espaçamento mais amplo, de 3 x 3 m. Nos gráficos das características *dap* e  $V_i$ , as curvas tendem a estabilizar-se somente a partir de 10 plantas na parcela, indiferentemente do espaçamento de plantio utilizado. Apesar de as curvas do coeficiente de variação experimental apresentarem um mesmo ponto de estabilização para essas características, existe grande variação nos diferentes

espaçamentos adotados, devido ao efeito da competição pelos recursos naturais entre as plantas da mesma parcela.

Na Figura 10, apresenta-se o coeficiente de variação experimental ( $CV_{exp}$ ), referente a altura total ( $Ht$ ), diâmetro à altura do peito ( $dap$ ) e volume individual ( $V_i$ ). O ponto de estabilização parece ocorrer a partir do uso de 10 plantas por parcela, independentemente da característica analisada. A estabilização a partir do mesmo ponto confirma a baixa influência entre os locais na determinação do número de plantas para a parcela experimental dos testes clonais. Assim, de modo geral, para definição do número de plantas na parcela, devem ser consideradas as características do teste clonal (idade e espaçamento), bem como os objetivos da avaliação, de modo a atender aos critérios estatísticos e silviculturais envolvidos na seleção clonal.

#### 4.4.4 Análise crítica

*O método da máxima curvatura modificado é dos mais utilizados para determinação do tamanho das unidades amostrais. Entretanto, da forma como foi concebido o método, ele pode apresentar um inconveniente que deve ser considerado na definição do número de plantas para a parcela experimental dos testes clonais, ou seja, a propriedade do método consiste em determinar o ponto de máxima curvatura de forma algébrica, considerando-se a máxima curvatura, o vértice da curva e não o ponto onde existe a estabilização dos valores do coeficiente de variação experimental. Desse modo, o aumento no número de plantas na parcela promove ganho significativo na precisão experimental, visto que o vértice da curva do coeficiente de variação experimental tende a ocorrer sempre na região das pequenas parcelas. Assim, este método tende a subestimar o número ótimo de plantas necessárias para a parcela experimental dos testes clonais, interferindo na análise do teste e, conseqüentemente, na predição do desempenho dos clones nos plantios clonais.*

*Na análise dos valores encontrados com a utilização do coeficiente da correlação intraclasse, observaram-se resultados inconsistentes, que podem ser atribuídos a dois fatores pertinentes ao método: o primeiro é a superestimação da parcela, ou seja, um aumento exagerado do número de plantas necessárias na parcela experimental. Segundo GOMES (1988), esse fato ocorre quando os valores dos coeficientes de correlação intraclasse ( $\rho$ ) são positivos e próximos de zero ( $\rho < 0,15$ ). O outro inconveniente na verificação da precisão das estimativas em diferentes tamanhos da parcela por meio da correlação intraclasse é a presença de um só coeficiente ( $\rho$ ), o da parcela efetivamente analisada (9 plantas), a partir do qual se inferem os demais. Essa estimativa confunde o coeficiente de correlação intraclasse esperado para um delineamento com menor número de árvores e com um nível possivelmente diferente de competição em relação à parcela com 9 plantas usadas inicialmente no cálculo do  $\rho$ , o que leva a uma possível subestimação do número ótimo de árvores na parcela.*

A determinação visual do ponto de estabilização da curva do coeficiente de variação experimental é uma avaliação subjetiva e, como tal, sujeita a variar com o

observador. De acordo com MARQUES (2000), este método fornece resultados precisos e com valores mais coerentes com o número de plantas necessárias para predizer o comportamento dos clones a partir dos testes clonais.

Os resultados encontrados para tamanho da parcela experimental determinado, através do método de máxima curvatura modificado, do método da correlação intraclasse e da análise visual, de forma geral, refletem os efeitos das diferentes fontes de variação na avaliação clonal. Assim, fica evidente que, na definição do número de plantas na parcela, devem ser utilizadas metodologias de determinação do tamanho da parcela experimental, considerando-se as características do teste clonal, os objetivos da avaliação e o bom senso, de modo a atender aos critérios estatísticos e silviculturais envolvidos na seleção e recomendação clonal.

#### **4.5. Considerações gerais**

Na determinação do tamanho ótimo da parcela experimental para teste clonal de *Eucalyptus*, é importante salientar que, para se ter uma boa precisão experimental, bem como a maximização das informações obtidas nos testes clonais, não é necessária a utilização de parcelas muito grandes, pois um número excessivamente elevado de plantas nem sempre propicia ganho na precisão do experimento.

No setor florestal, principalmente em testes clonais, têm-se utilizado parcelas experimentais de uma planta, parcelas lineares de 5 a 10 plantas e parcelas quadrangulares de 4 a 100 plantas, além de plantio-piloto. Entretanto, até o momento não se sabe ao certo qual a influência da forma da parcela sobre os resultados do experimento. ZHANG et al. (1994) citaram vários trabalhos sobre o controle da heterogeneidade do solo, utilizando as diferentes formas da parcela experimental. Embora existam muitas conclusões contraditórias, as parcelas quadrangulares, em muitos casos, parecem ser mais uniformes que as parcelas lineares.

Outro aspecto relacionado à precisão dos resultados de um experimento refere-se ao número de repetições. De modo geral, o aumento do número de repetições é mais eficiente que o do tamanho da parcela, para elevar a precisão experimental (HATHEWAY, 1961; STORCK e UITDEWILLIGEN, 1980; CHAVES, 1985; VALLEJO e MENDOZA, 1992). Assim, é necessário conjugar tamanho e forma de parcela como número de repetições para obter as melhores estimativas dos parâmetros dos genótipos.

Um dos fatores determinantes na escolha do delineamento experimental é quanto ao número de tratamentos (clones) a serem avaliados em um ensaio. Pois, para dado delineamento experimental, um tamanho menor de parcela pode ser usado à medida que se aumenta o número de clones a serem testados (CHAVES, 1985). Entretanto, segundo esse mesmo autor, em experimento com grande número de tratamentos há também aumento no tamanho do bloco, o que pode elevar a heterogeneidade de solo. Assim, testes clonais muito grandes geralmente apresentam problemas devido a heterogeneidade do solo, desuniformidade das mudas etc. Dessa maneira, torna-se indispensável a redução do número de plantas na parcela experimental.

O conhecimento do efeito do preparo do solo na linha de plantio dentro do teste clonal sobre as plantas é muito importante, pois é notório o crescimento desuniforme das árvores de linhas vizinhas, bem como o efeito de dominância entre linhas. STORCK e UITDEWILLIGEN (1980), trabalhando com milho, constataram que a variabilidade na fila foi menor que entre filas, resultando em parcelas com a maior dimensão contrária às filas do ensaio.

Neste estudo, observou-se que, devido à competição, o crescimento de um clone influencia o comportamento de outro. Assim, a adoção de bordaduras internas, visando reduzir a competição entre clones vizinhos dentro do teste, é uma medida que deve ser considerada, embora, segundo ANDRADE et al. (1997), o uso de bordadura em experimentos florestais não contribua para a melhoria da eficiência dos testes clonais. A não-utilização da bordadura possibilita redução no tamanho das parcelas, permitindo a avaliação de maior número de clones em uma mesma área.

Vários métodos têm sido desenvolvidos na propagação vegetativa de *Eucalyptus*. WEMDLING (1999) relatou que os principais métodos usados são a estaquia, microestaquia, miniestaquia e micropropagação. ASSIS (1997) citou que as microestacas são fisiologicamente muito mais semelhantes entre si do que as estacas, esperando, assim, que haja redução da variação intraclonal, que tem origem nas diferenças de ordens fisiológicas causadas pelas variações topofíticas. Desse modo, em testes clonais originados de plantas com menor variação intraclonal, espera-se maior uniformidade das plantas, o que permite redução no número de plantas utilizado na parcela.

Uma estratégia de seleção de árvores superiores eficiente, adaptada às condições da empresa, permite redução do número de clones a serem testados, além de reduzir a variação dentro do bloco, propiciando um teste clonal mais homogêneo e, conseqüentemente, fornecendo resultados mais precisos. Desse modo, nem sempre é

necessário reduzir o número de plantas da parcela para diminuir o tamanho do teste clonal.

Por fim, em razão da grande importância assumida pelos testes clonais dentro da pesquisa florestal, devem-se considerar as questões orçamentárias, disponibilidade de áreas e mudas, bem como as questões de planejamento específicas para cada empresa. Assim, é extremamente importante considerar todos os fatores que permitem reduzir o tamanho da parcela experimental sem afetar a precisão das informações obtidas nos testes clonais.

## 5. RESUMO E CONCLUSÕES

Os objetivos deste trabalho foram: a) avaliar a influência da idade, do espaçamento e do local sobre o tamanho da parcela experimental em testes clonais, considerando-se os coeficientes de variação experimental, os coeficientes de variação fenotípica e a produtividade, em volume; b) determinar o tamanho da parcela experimental para testes clonais, por meio do Método de Máxima Curvatura Modificado, do Coeficiente de Correlação Intraclasse e da Análise Visual. Analisaram-se as características crescimento em altura, *dap* e volume em quatro testes clonais, dispostos em um delineamento em blocos ao acaso, com 4 repetições e parcela experimental quadrada de 25 plantas (5 x 5). Após a simulação de diferentes tamanhos de parcela: 2, 3, 4, 5, 9, 10, 15, 20 e 25 plantas/parcela, procedeu-se às análises quanto aos efeitos do tamanho da parcela na produtividade, na precisão experimental e na variação do coeficiente fenotípico, bem como à determinação do tamanho da parcela pelos Métodos de Máxima Curvatura Modificado, do Coeficiente de Correlação Intraclasse e da Análise Visual.

Os resultados obtidos no presente estudo permitiram as seguintes conclusões:

- O tamanho da parcela experimental (linear ou quadrada) influencia diretamente a estimativa do crescimento e a avaliação de clones em teste clonal, subestimando ou superestimando os valores em função da "performance" do clone no teste clonal.
- Com o aumento da idade de avaliação dos testes clonais, há maior heterogeneidade entre as plantas da parcela, evidenciando a competição das árvores por um mesmo recurso natural. Assim, as avaliações realizadas em idade precoce permitem o uso de parcela menores em relação às avaliações em idade mais avançada.
- Embora exista muita controversa sobre o efeito do espaçamento de plantio, o número de árvores na parcela pode ser reduzido, utilizando-se

espaçamento maior, decorrente do fato de que em espaçamentos menores o efeito de competição é mais acentuado.

- Não foi observado diferença na precisão experimental entre locais, com relação ao tamanho da parcela experimental. Entretanto, verificaram-se diferenças significativas entre parcelas quanto ao coeficiente de variação fenotípica e entre médias de produtividade.
- Pelo Método de Máxima Curvatura Modificado, no presente estudo, 5 plantas por parcela mostraram-se de tamanho adequado, não implicando redução da precisão dos resultados fornecidos.
- O Método de Correlação Intraclasse também indicou que apenas 5 plantas úteis por parcela resultam em valores confiáveis, indicando ser esse um tamanho razoável para a presente situação.
- Com relação à determinação do tamanho da parcela com base na análise visual e considerando a representação gráfica do coeficiente de variação experimental, parcelas com 10 plantas indicam boa precisão experimental.
- Com base nas 3 metodologias de determinação do tamanho da parcela experimental apresentada neste trabalho e considerando a aplicação em programas iniciais para seleção de clones, parcelas de 5 a 10 plantas indicam boa precisão experimental, sendo recomendadas, principalmente, em situação com limitações de mudas, teste de grande número de clones, avaliações de cunho preliminar e em idade precoce. No entanto, vale ressaltar que, para um melhor conhecimento do clone para uso comercial, parcelas quadradas maiores e, ou, plantios-piloto são os mais indicados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARO, J. J. F. **Teste clonal**. Piracicaba, SP: ESALQ/USP, 1984. 14 p. (Monografia).

ANDRADE, H. B.; MARQUES, O. G. JR.; RAMALHO, M. A. P. Avaliação da eficiência da utilização de bordaduras internas em testes clonais. In: IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF *EUCALYPTUS*, Salvador, BA, 1997. **Anais...** Colombo, PR: EMBRAPA/CNPFlorestas, 1997. v.1, p. 91-94.

ASSIS, T.F. Propagação vegetativa de Eucalyptus por microestaquia. In: IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF *EUCALYPTUS*, Salvador, BA, 1997. **Anais...** Colombo, PR: EMBRAPA/CNPFlorestas, 1997. v.1, p. 300-304.

BALLONI, E. A.; SIMÕES, J. W. O espaçamento de plantio e suas implicações silviculturais. **IPEF**, Piracicaba, SP, n 1, p. 1-16, 1980. (Série técnica).

*BELL, D. T.; MOEZEL, P. G.; BENNETT, I. J.; MCCOMB, J. A.; WILKINS, C. F.; MARSHALL, S. C. B.; MORGAN, A. L. Comparisons of growth of Eucalyptus camaldulensis from seeds and tissue culture: root, shoot and leaf morphology of 9-month-old plants grown in deep sand and sand over day. **Forest Ecology and Management**, v. 57, p. 125-139, 1993.*

*BERGMANN, B. A. Propagation method influences first year field survival and growth of Paulownia. **New Forests**, v. 16, p. 251-264, 1998.*

BERTOLOTTI, G. **Comportamento de clones de Eucalyptus grandis W. Hill Ex. Maiden em solo podzólico vermelho escuro e areia quartzosa álica em Lençóis Paulista, SP**. Piracicaba, SP: ESALQ/USP, 1986. 80 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

*BERTOLUCCI, F. L. G.; PENCHEL, R. M. Clonagem do eucalipto: efeitos sobre a produtividade e qualidade da madeira. **Ciência Hoje Suplemento**, v. 16, n. 91, p. 16-21, 1993.*

*BOUVET, J. M. Effect of spacing on juvenile growth and variability of Eucalyptus clones. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 27, p. 174-179, 1997.*

CAMPINHOS, E. JR.; IKUMORI, J. K. Clonagem de *Eucalyptus* spp. na Aracruz Florestal S/A. SIMÕES, J.W. Problemática da Produção de Mudanças em Essências Florestais. **IPEF**, Piracicaba, SP, v. 4, n. 13, p. 6-11, 1987. (Série Técnica).

CAMPOS, J.C.C.; LEITE, H. G.; LELIS, V.S.L. Classificação da capacidade produtiva de *Eucalyptus camaldulensis* na região de João Pinheiro, em Minas Gerais. In: SIF. **Mensuração florestal**. Viçosa, MG: UFV, Impr. Univ., 1991. p. 1-7.

CHAVES, L.J. **Tamanho da parcela para seleção de progênies de milho (*Zea mays* L.)**. Piracicaba, SP: ESALQ/USP, 1985. 148 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

COUTO, L. **Influência do espaçamento no crescimento do *Eucalyptus urophylla* de origem híbrida, cultivado na região de Coronel Fabriciano, Minas Gerais**. Viçosa, MG: UFV, Impr. Univ., 1977. 54 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

CRUZ, C. D. **Programa GENES: aplicativo computacional em genética e estatística**. Viçosa, MG: UFV, 1997. 442 p.

DENISON, N. P.; KIETZKA, J. E. The development and utilisation of vegetative propagation in *mondi* for commercial afforestation programmes. Suid – Afrikaanse Bobouthkrif. **South African Forestry Journal**, n. 166, p. 53-60, 1993.

FERREIRA, M. **Terminologia de melhoramento genético florestal**. Brasília, DF: Embrapa/IPEF, Programa Nacional de Pesquisa Florestal, 1980. 87 p.

FERREIRA, M. **Melhoramento e a silvicultura intensiva clonal**. **IPEF**, Piracicaba, SP, v. 45, p. 22-30, 1992.

FLAMPTON, L. J. JR.; FOSTER, G. S. Field testing vegetative propagules. In: AHUJA, M. R.; LIBBY, W. J. **Clonal forestry I, genetics and biotechnology**. Springer: Verlag Berlin Heidelberg, 1993. p. 110-134.

GOMES, F.P. O problema do tamanho das parcelas em experimentos com plantas arbóreas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, DF, v. 19, n. 12, p. 1507-1512, 1984.

GOMES, F.P. Novos aspectos do problema do tamanho ótimo das parcelas experimentais com plantas arbóreas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 23, n. 1, p. 59-62, 1988.

GOMES, F. P.; COUTO, H. T. Z. O tamanho ótimo de parcela experimental para ensaio com eucalipto. **IPEF**, Piracicaba, SP, n. 31, p. 75-77, 1985.

GOMES, F. S. **Interação genótipo x ambiente e eficiência nutricional de clones de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake na bacia do rio Jari – Pará**. Viçosa, MG: UFV, Impr. Univ., 1996. 87 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

GREENWOODS, M. S.; HUTCHISON, K. W. Maturation as a developmental process. In: AHUJA, M. R.; LIBBY, W. J. **Clonal forestry I, genetics and biotechnology**. Springer: Verlag Berlin Heidelberg, 1993. p.14-33.

HATHEWAY, M. H. Convenient plot size. **Agronomy Journal**, v. 53, n. 4, p. 279-280, 1961.

HATHEWAY, M. H.; WILLIAMS, E. J. Efficient estimation of the relationship between plot size and the variability of crop yields. **Biometrics**, v. 14, p. 207-222, 1958.

HERNADEZ, J. V.; ADAMS, W. T. Age-age correlations and early selection for wood density in young coastal Douglas-fir. **Forest Science**, v. 38, n. 2, p. 467-468, 1992.

IKEMORI, Y. K. **Genetic variation in characteristics of *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden raised from micro-propagation, macro-propagation and seed**. Oxford: Oxford, 1990. 123 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

ISIK, K.; KLEINSCHMENT, J.; SVOLBA, J. Survival, growth trends and genetic gains in 17 – year old *Picea abies* clone at seven test sites. **Silvae Genetica**, v. 44, n. 23, p. 116-128, 1995.

KAGEYAMA, P. Y. **Seleção precoce a diferentes idades em progênies de *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden**. Piracicaba, SP: ESALQ/USP, 1983. 151 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

KELLER, K. R. Uniformity trial on *Homo humulus lupulus* L. for increasing the precision of yield experiments. **Agronomy Journal**, v. 41, p. 389-392, 1949.

KIKUTI, P. **Parâmetros genéticos em progênies de meio irmãos e clonais numa população de *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden na região de Telêmaco Borba - PR**. Piracicaba, SP: ESALQ/USP, 1988. 119 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

LAMBETH, C.; ENDO, M.; WRIGHT, J. Genetic analysis of 16 clonal trials of *Eucalyptus grandis* and comparisons with seedling checkes. **Forest Science**, v. 40, n. 3, p. 397-411, 1994.

LEITE, H.G.; OLIVEIRA, F.H.T. Statistical procedure to test the identity of analytical methods. **Informação pessoal**, 2000. 17 p. (Manuscrito).

LEITE, F. P. **Crescimento, relações hídricas, nutricionais e lumínicas em povoamentos de *Eucalyptus grandis* em diferentes densidade populacionais**. Viçosa, MG: UFV, Impr. Univ., 1996. 90 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

LELES, P. S. S.; REIS, G. G.; REIS, M. G. F.; MORAIS, E. J. Relações hídricas e crescimento de árvores de *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus pellita* sob diferentes espaçamentos na região do Cerrado. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 22, n. 1, p. 41-50, 1998.

LESSMAN, K. J.; AtKINS, R. E. Optimum plot size and relative efficiency of lattice designs for grain sorghum yield tests. **Crop. Sci.**, v. 3, n. 5, p. 477-481, 1963.

LINDGREN, D. *The population biology of clonal deployment*. In: AHUJA, M. R.; LIBBY, W. J. **Clonal forestry I, genetics and biotechnology**. Springer: Verlag Berlin Heidelberg, 1993. p. 34-49.

MARQUES, M. J. B. S. G. S. M. **Número mínimo de famílias de meios irmãos de milho de pipoca, critérios de seleção e predição de ganho por seleção**. Viçosa, MG: UFV, Impr. Univ., 2000. 236 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

MEIER, V. D.; LESSMAN, R.J. *Estimation of optimum field plot shape and size for testing yield in Crambe abyssinica Hochst*. **Crop. Sci.**, v. 11, n. 5, p. 648-645, 1971.

MORA, A. L. **Interação com espaçamento e locais em clones de *Eucalyptus* spp. no norte do Estado da Bahia**. Piracicaba, SP: ESALQ/USP, 1986. 101 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

MORI, E. S. **Efeitos da competição intra-específica na seleção de árvores superiores de *Eucalyptus saligna* Smith**. Piracicaba, SP: ESALQ/USP, 1987. 79 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

NOGUEIRA, G.S. **Determinação da idade técnica de desbaste em plantações de eucalipto**. Viçosa, MG: UFV, Impr. Univ., 1999. 63 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

OLIVEIRA, P.H.; ESTEFANEL, V. Tamanho e forma ótimos da parcela para avaliação do rendimento em experimentos com batata. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 25, n. 2, p. 205-208, 1995.

OLIVEIRA, R.A. **Classificação de sítios em plantações de eucalipto pelo método de índice de local e por classe de solos e de precipitação**. Viçosa, MG: UFV, Impr. Univ., 1998. 84 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

PABLO, J. L.; CASTILLO, A. **Determinación del tamaño de parcela experimental óptimo mediante la forma canónica**. Chapingo: Centro de Estadística y Cálculo, Colegio de Portgrado, 1966. 16 p.

PATINÕ - VALERA, F. **Variação genética em progênies de *Eucalyptus saligna* Smith e sua interação com o espaçamento**. Piracicaba, SP: ESALQ/USP, 1996. 192 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

PAPADAKIS, J. S. Méthode stastique pour desexperiences sur champ. **Bull. Inst. Amel. Plantes à Salonique**, v. 23, 1937.

REIS, M. G. F.; KIMMINS, J. P.; REZENDE, G. C.; BARROS, N. F. Acúmulo de biomassa em uma seqüência de idade de *Eucalyptus grandis* plantado no cerrado em duas áreas com diferentes produtividades. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 9, n. 2, p. 149-162, 1985.

REZENDE, G. D. S. P.; BERTOLUCCI, L. G.; RAMALHO, M. A. P. Eficiência da seleção precoce na recomendação de clones de eucaliptos avaliados no norte de Espírito Santo e sul da Bahia. **CERNE**, Lavras, MG, v. 1, n. 1. p. 45-50, 1994.

ROCKWOOD, D. L.; WARRAG, E. I. Field performance of micropropagated, macropropagated, and seed-derived propagules of three *Eucalyptus grandis* ortets. **Plant Cell Reports**, v. 13, p.628–631, 1994.

ROMANELLI, R.C. **Variabilidade genética para a produção de resina associada às características de crescimento de uma população de *Pinus elliottii* var. *elliottii* Englln, na região de Itapetininga–SP.** Piracicaba, SP: ESALQ/USP, 1988. 101 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

SCARASSATI, A. **Efeito “C”: clonagem ou competência.** Piracicaba, SP: ESALQ/USP, 1993. 19 p. (Monografia).

*SILVA, F.P. Comportamento de procedência de Acacia mangium Willd. no vale do Rio Doce – MG. Viçosa, MG: UFV, Impr. Univ., 1993. 58 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.*

*SILVA, J.F. Variabilidade genética em progênies de Eucalyptus camaldulensis Dehnh. e sua interação com espaçamentos. Viçosa, MG: UFV, Impr. Univ., 1990. 110 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.*

SILVA, R.L.; XAVIER, A.; PIRES, I. E.; SOARES, C.P.B.; CAMPINHOS, E.N. Influência do tamanho da parcela experimental na avaliação clones de *Eucalyptus* spp. em teste clonal. In: CONGRESSO E EXPOSIÇÃO INTERNACIONAL SOBRE FLORESTAS, 6, Porto Seguro, BA: 2000. **Anais...** Porto Seguro, BA: [s. n. t.], 2000. p. 314-315.

SIMPLÍCIO, E.; MUNIZ, J. A.; AQUIMO, L. H.; SOARES, A. R. Determinação do tamanho de parcelas experimentais em povoamentos de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. I – Parcelas retangulares. **Revista Cerne**, Lavras, MG, v. 2, n. 1, p. 53-65, 1996.

SOARES, V. P. **Eficiência relativa de tamanho e de formas de unidades de amostras em plantações de *Eucalyptus grandis* de origem híbrida, na Região de Bom Despacho, Minas Gerais.** Viçosa, MG: UFV, Impr. Univ., 1980. 80 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

SOUZA, R. N. **Efeito de dois espaçamentos na produção em peso e volume de *Eucalyptus grandis* (W. Hill Ex – Maiden).** Viçosa, MG: UFV, Impr. Univ., 1988. 88

f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H. **Principles and procedures of statistics; A biometrical approach**. 2. ed. New York: Mc Graw – Hill Book Company, 1980. 633 p.

STORCK, L.; UTDEWILLIGEN, W.P.M. Estimativa para tamanho e forma de parcela e número de repetições para experimentos com milho (*Zea mays* L.). **Agronomia Sulriograndense**, Porto Alegre, RS, v. 16, n. 2, p. 269-182, 1980.

VALLEJO, R.L.; MENDOZA, H.A. Plot technique studies on sweetpotato yield trials. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.**, v. 117, n. 3, p. 508-511, 1992.

VERGARA, P. R. **Plantios clonais e multiclonais em relação a outros materiais genéticos de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden na região de Lençóis Paulista - SP**. Piracicaba, SP: ESALQ/USP, 1989. 82 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

VETTORAZZO, S. C. **Efeito de fatores do solo e de genótipos no crescimento, nutrição e atividade da fosfatase ácida em clones de *Eucalyptus grandis* (Hill Ex Maiden)**. Piracicaba, SP: ESALQ/USP, 1989. 115 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

VIANA, A. E. S. **Estimativas do tamanho de parcela e característica do material de plantio em experimentos com (*Manihot esculenta* Crantz)**. Viçosa, MG: UFV, Impr. Univ., 1999. 132 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

VIEIRA, J. D. **O potencial da micropropagação de *Eucalyptus* spp. na implantação de florestas e no melhoramento genético**. Piracicaba, SP: ESALQ/USP, 1996. 150 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

VIVALDI, L. J. Comparação entre métodos de análise espacial de experimentos de campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 25, n. 1, p. 77-84, 1990.

XAVIER, A. **Variabilidade genética de óleo essencial e de crescimento em progênies de meios-irmãos de *Eucalyptus citriodora* Hook**. Viçosa, MG: UFV, Impr. Univ., 1993. 72 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

XAVIER, A.; COMÉRIO, J. Microestaquia: uma maximização da micropropagação de *Eucalyptus*. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 20, n. 1, p. 9-16, 1996.

WATT, M. P.; DUCAN, E. A.; BLAKEWAY, F.C.; HERMAN, B. Field performance of micropropagated *Eucalyptus* hybrids. **South African Forestry Journal**, v. 173, p. 17-21, 1995.

WEMDLING, I. **Propagação clonal de híbridos de *Eucalyptus* spp. por miniestaquia**. Viçosa, MG: UFV, Impr. Univ., 1999. 70 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

ZANON, M. L. B.; STORCK, L. Tamanho de parcelas experimentais para *Eucalyptus saligna* Smith. **Ciência Hoje**, v. 27, n. 4, p. 581-593, 1997.

ZHANG, R.; WARRICK, A.W.; MYERS, D.E. Heterogeneity, plot shape effect and optimum plot size. **Geoderma**, Amsterdam, Holanda, n. 62, p. 183-197, 1994.

ZOBEL, B. B. Vegetative propagation in production forestry: rooted cutting use has been very successful for some species. **Journal of Forestry**, v. 90, n. 4, p. 29-34, 1992.